

LAPORAN TEKNIS

REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

Ir. Sriyana, M.T.



**PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLIR
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TEKNIS

REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE)

Uraian	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
Disiapkan Oleh:	Ir. Sriyana, M.T.	Penanggungjawab Kegiatan	
Diperiksa Oleh:	Ir. Sriyana, M.T.	Kepala Bidang KDT	
Diverifikasi Oleh:	Dra. Heni Susiati, M.Si.	Ketua KPTF	
Disetujui dan Disahkan Oleh:	Ir. Yariantto Sugeng Budi Susilo, M.Si.	Kepala Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir	

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga dapat kami selesaikan Laporan Teknis berjudul “REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL”.

Laporan Teknis ini meliputi rangkuman kegiatan yang terkait dengan Kegiatan RDE tahun 2017. Beberapa dokumen yang dihasilkan dari kegiatan ini adalah antara lain Naskah Urgensi untuk rencana penyusunan Perpres RDE, Kerangka Acuan Kerja EPC RDE, Draft program konstruksi RDE, dan Laporan Analisis Penguatan Lerang Tapak RDE, serta dokumen lain yang dihasilkan pada kegiatan ini.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan Laporan Teknis ini, penulis dengan tangan terbuka menerima kritik dan saran yang membangun demi lebih baiknya laporan-laporan yang dibuat mendatang. Semoga Allah SWT senantiasa meridhoi segala usaha kita.

Jakarta, Desember 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR PERSONEL KEGIATAN	iv
ABSTRAK.....	v
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Ruang Lingkup.....	3
2. METODOLOGI.....	4
3. DATA DAN PENGOLAHAN.....	5
4. PENUTUP.....	8
5. DAFTAR PUSTAKA.....	9

DAFTAR PERSONEL KEGIATAN

1. Ir. Sriyana, M.T.
2. Dra. Erlan Dewita, M.Eng.
3. Eko Rudi, S.T., M.Eng.
4. Imam Hamzah
5. Elok Satiti Amitayani, S.T., M.T.
6. Kurnia Anzhar, M.Si
7. Mudjiono, S.Si.
8. Dedy Priambodo, S.T., M.T.
9. Yuliasuti, M.Si.

ABSTRAK

Undang-undang No.17 Tahun 2007 tentang RPJMN mengamanatkan untuk mulai memanfaatkan energi nuklir pada RPJM ke 3 (2015-2019) dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat. Selain itu, PP No. 2 Tahun 2014 (pasal 5) tentang Perizinan Instalasi Reaktor Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir dimana BATAN berkewenangan untuk membangun reaktor non komersial baik reaktor daya maupun atau reaktor non-daya. Guna memelihara dan meningkatkan kapasitas sumber daya manusia pada bidang pemanfaatan dan pengembangan energi nuklir, serta untuk meningkatkan penerimaan masyarakat, BATAN berencana untuk membangun Reaktor Daya Eksperimental (RDE) yang menghasilkan listrik dan sekaligus energi panas sebagai kogenerasi. Sesuai dengan tahapan yang direncanakan, telah diperoleh dokumen hasil kajian kelayakan dan pembuatan desain konsep RDE, evaluasi tapak telah dilakukan dan telah memperoleh izin tapak dari BAPETEN. Seiring dengan kegiatan ini dilaksanakan, penyusunan desain dasar RDE dilakukan oleh Tim Desain BATAN di bawah koordinasi PTKRN. Pembangunan RDE merupakan proyek yang membutuhkan data konstruksi skala besar, bahan, tenaga kerja, dan peralatan dalam jumlah cukup besar serta waktu yang cukup lama. Mengingat kompleksitas, dan kerumitan pekerjaan serta integrasi pekerjaan, maka perlu dilakukan pengendalian dan pengawasan yang cukup cermat, komprehensif dan profesional. Sebagai kelanjutan dari kegiatan pembuatan desain konsep RDE, pada tahun 2017 akan dilakukan kegiatan untuk mendukung operasional Tim Pelaksana Pembangunan dan Tim Desain RDE. Secara keseluruhan kegiatan ini adalah melanjutkan pekerjaan pra-proyek dan mempersiapkan untuk pembangunan seiring dengan usulan pengajuan pinjaman lunak luar negeri (softloan) untuk alokasi biasa pembangunan RDE yang disampaikan ke BAPPENAS. Kegiatan ini meliputi:

- ✓ Mendukung kegiatan penyusunan dokumen desain dasar (basic desain) RDE. Kegiatan ini merupakan tahapan lanjutan dari pekerjaan desain konsep yang akan dijadikan dasar untuk proses pengadaan dan pembuatan desain rinci nantinya. Basis perhitungan biaya bisa didasarkan pada desain tahap ini.

- ✓ Penyusunan dokumen program konstruksi Revisi 1.

Dokumen ini merupakan perbaikan dari dokumen yang telah disusun sebelumnya, dan merupakan salah satu dokumen untuk memenuhi persyaratan izin konstruksi.

- ✓ Menyiapkan dokumen pelelangan EPC untuk pembangunan RDE.

Dokumen ini merupakan draft dokumen yang menjadi dasar dilaksanakan proses lelang untuk pembangunan RDE jika memang proses pembangunan harus melalui proses lelang.

- ✓ Penyusunan draft dokumen kontrak EPC RDE.

Draft dokumen ini masih sangat general dan hanya memberikan gambaran secara umum. Sebelum proses pembangunan RDE dimulai oleh kontraktor pelaksana, maka kelak dokumen ini akan menjadi dasar pelaksanaan pembangunan baik oleh pihak pemilik maupun pihak kontraktor pelaksana.

- ✓ Penyusunan naskah urgensi dan naskah Perpres RDE.

Naskah urgensi Perpres RDE dimaksudkan untuk memberikan landasan atau payung hukum untuk pembangunan RDE. Oleh karena proyek pembangunan RDE nantinya merupakan proyek instalasi nuklir yang membangkitkan daya yang pertama di Indonesia dan jenis reaktornya spesifik, maka payung hukum diperlukan. Disamping itu payung hukum ini juga untuk mempertegas sekaligus sebagai “redudansi” dari pengajuan proposal untuk pengajuan dana pembangunan dengan pinjaman lunak luar negeri.

- ✓ Konsultasi ke BAPETEN terkait dengan proses izin konstruksi dan dokumen perizinan konstruksi.

- ✓ Analisis penguatan lereng pada tapak RDE untuk mendukung desain dasar RDE dari aspek tapak/sipil.

Kegiatan ini dilaksanakan bekerjasama dengan UGM. Hasil analisis ini diperlukan sebagai masukan untuk Tim Desain RDE dan sekaligus untuk memenuhi catatan BAPETEN terkait dengan izin tapak yang telah diterbitkan.

Disamping itu pada kegiatan ini juga dilaksanakan:

- ✓ Studi Pemanfaatan Thorium untuk Reaktor Daya. Untuk mendukung persiapan pengembangan pemanfaatan bahan bakar Thorium, serta untuk memberikan pemahaman tentang status teknologi dan pemanfaatannya, maka akan dilaksanakan:
 - Kajian Perkembangan Bahan Bakar Thorium dan Kelayakan Implementasinya pada RDE.
 - Seminar Teknologi Energi Nuklir tahun 2017 (SENTEN 2017).

Kata Kunci : RDE, desain, konstruksi, EPC, konsultan, manajemen, thorium

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk pemenuhan kebutuhan energi, Indonesia masih tergantung pada minyak bumi, sehingga terdapat kecenderungan cadangan minyak bumi menipis dan menurunnya produksi minyak mentah. Hal ini menyebabkan kondisi ketahanan energi minyak semakin rentan. Kerentanan atas produksi minyak juga terlihat dari terbatasnya kapasitas kilang minyak domestik dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri. Oleh karena itu, strategi pemerintah untuk menjamin keamanan pasokan energi nasional dituangkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Peraturan Pemerintah ini telah menetapkan sasaran bauran energi nasional pada tahun 2025 yakni dengan strategi mengurangi konsumsi energi fosil dan menggantinya dengan energi baru dan energi terbarukan. Bila dilihat lebih lanjut, arah kebijakan energi nasional yang tertuang dalam PP tersebut adalah untuk mengoptimalkan penggunaan energi primer yang memiliki cadangan potensial dan menurunkan ketergantungan terhadap BBM.

Upaya yang dilakukan pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan energi terbarukan dalam bauran energi nasional, dan seiring adanya Undang-undang No 17 Tahun 2007 tentang RPJMN yang mengamanatkan pemanfaatan energi nuklir pada RPJM ke-3 (2015-2019) dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat, maka BATAN sebagai lembaga penelitian dan pengembangan energi nuklir merencanakan untuk membangun dan mengoperasikan Reaktor Daya Eksperimental (RDE) yang bersifat non-komersial.

Pembangunan RDE merupakan proyek yang sangat strategis dan juga menjadi program nasional adalah sebagai jembatan menuju Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) komersial, sekaligus sebagai pendorong kemandirian energi nuklir, penguasaan teknologi dan manajemen proyek PLTN serta proliferasi budaya keselamatan nuklir dan peningkatan penerimaan masyarakat. Pembangunan RDE tergolong dalam proyek skala

besar, sehingga untuk menunjang keberhasilan pembangunan proyek konstruksi RDE secara efisien dan efektif, maka diperlukan penerapan manajemen konstruksi yang baik dan benar untuk mengelola dan mengatur serta mengawasi pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa hingga diperoleh hasil yang optimal sesuai rencana dan spesifikasi yang ditetapkan. Pekerjaan pengawasan ini pada saatnya nanti akan dilakukan oleh Konsultan Manajemen Kontruksi (MK) yang secara umum bertugas mengawasi dan mengevaluasi pekerjaan dari sisi biaya, kualitas, dan jadwal proyek. Perkiraan Konsultan MK melakukan persiapan awal di akhir 2017 tidak terlaksana oleh karena adanya perubahan anggaran dan belum diperoleh dana pinjaman untuk pelaksanaan pembangunannya (perlu diketahui bahwa rencana biaya pembangunan akan dibiayai dengan pinjaman lunak luar negeri). Proses pengajuan dana pinjaman luar negeri ini adalah dengan menyampaikan bluebook beserta persyaratannya, yakni dokumen Studi Kelayakan RDE. Dokumen dan permohonan ini sudah disampaikan ke Bappenas, namun hingga kini belum ada informasi persetujuan pinjaman tersebut.

Tim Pelaksana Pembangunan RDE yang merupakan cikal bakal organisasi manajemen proyek (Project Management Organization) telah dibentuk tahun 2016 dan telah melaksanakan kegiatan persiapan. Tim ini pada tahun 2017 dibentuk dan bersama Satker terkait akan melaksanakan kegiatan penyiapan pembangunan RDE. Tim ini mendukung pelaksanaan kegiatan ini.

1.2. Tujuan

Tujuan kegiatan kegiatan pada tahun ini adalah melanjutkan penyiapan pembangunan RDE yang diperlukan yaitu antara lain:

- ✓ Mendukung kegiatan penyusunan dokumen desain dasar (basic design) RDE.
 - Kegiatan ini merupakan tahapan lanjutan dari pekerjaan desain konsep yang akan dijadikan dasar untuk proses pengadaan dan pembuatan desain rinci nantinya.
- ✓ Penyusunan dokumen program konstruksi Revisi 1
- ✓ Menyiapkan dokumen pelelangan EPC untuk pembangunan RDE
- ✓ Penyusunan draft dokumen kontrak EPC RDE

- ✓ Penyusunan naskah urgensi dan naskah Perpres RDE
- ✓ Konsultasi ke BAPETEN terkait dengan proses izin konstruksi dan dokumen perizinan konstruksi.
- ✓ Analisis penguatan lereng pada tapak RDE untuk mendukung desain dasar RDE dari aspek tapak/sipil.
- ✓ Perhitungan nilai percepatan tanah puncak di level pondasi berdasarkan site specific response spectra sebagai tindak lanjut catatan izin tapak dari BAPETEN.

Disamping itu pada kegiatan ini juga dilaksanakan:

- ✓ Studi Pemanfaatan Thorium untuk Reaktor Daya. Untuk mendukung persiapan pengembangan pemanfaatan bahan bakar Thorium, serta untuk memberikan pemahaman tentang status teknologi dan pemanfaatannya, maka akan dilaksanakan “Kajian Perkembangan Bahan Bakar Thorium dan Kelayakan Implementasinya pada RDE”. Dokumen kajian ini akan memuat antara lain:
 - Status terkini teknologi reaktor dengan bahan baklar thorium
 - Jumlah sumberdaya thorium di Indonesia dan di dunia
 - Status penelitian dan pengembangan bahan bakar thorium di dunia
 - Analisis sifat fisika , kimia dan neurronik bahan bakar thorium serta analisis netronik penggunaan thorium untuk Reaktor Daya Eksperimental (RDE)
 - Analisis Ekonomi
- ✓ Seminar Teknologi Energi Nuklir tahun 2017 (SENTEN 2017). Sebagai ajang tukar menukar informasi dan sekaligus alat mengukur hasil yang diperoleh dari kegiatan kelitbangan terkait maka pada tahun 2017 akan diselenggarakan Seminar Tahunan, yakni Seminar Nasional Teknologi dan Energi Nuklir.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada kegiatan ini adalah penyiapan pembangunan RDE, yang pada tahun ini adalah melanjutkan kegiatan penyiapan pembangunan pada

tahun sebelumnya. Lingkup penyiapan ini lebih luas mulai dari mendukung penyiapan pengusulan dana pembangunan RDE yang berupa pinjaman lunak melalui buku biru yang disampaikan ke Bappenas, mendukung pelaksanaan penyusunan dokumen desain dasar (basic design) RDE, penyusunan naskah urgensi RDE dan lain sebagainya.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam kegiatan ini secara umum adalah studi referensi dan pengumpulan data, membentuk tim dan menunjuk penanggung jawab sub komponen kegiatan, melaksanakan desain (untuk desain dasar RDE), diskusi internal, dan melaksanakan FGD (focus group discussion) dengan pihak narasumber terkait, menyusun dokumen dan laporan.

Kegiatan analisis penguatan lereng dilakukan kerjasama dengan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Perangkat lunak yang digunakan dalam perhitungan dan analisis penguatan lereng adalah GEO5.

Untuk kegiatan penyusunan naskah urgensi dalam penyusunan Peraturan Presiden pada pelaksanaan pembangunan RDE, dibentuk Tim Kecil yang melibatkan BHHK (Biro Hukum, Humas dan Kerja sama). Pengumpulan referensi peraturan terkait, mengidentifikasi substansi yang ingin diusulkan, dan menyusun naskah urgensi sesuai format, FGD internal, FGD dengan narasumber dan FGD melibatkan pimpinan BATAN. Ide mengapa Naskah Urgensi ini perlu disusun adalah terkait dengan proyek pembangunan RDE yang bersifat khusus dan tingkat kerumitan yang tinggi, baik dari segi teknis maupun non-teknis. Diharapkan nantinya Perpres RDE ini akan menjadi landasan hukum pelaksanaan pembangunan RDE yang memperlancar proses pembangunannya.

Pada praktek pelaksanaannya, untuk dokumen yang dihasilkan dari kegiatan ini ditunjuk penanggungjawab sub-komponen yang sekaligus juga menjadi personel pelaksana dari kegiatan ini.

3. DATA DAN PENGOLAHAN

Data yang diperlukan dalam kegiatan ini sesuai sub-dokumen yang disusun.

- a. Kegiatan mendukung Tim Desain RDE untuk melakukan rancang bangun dan rekayasa (engineering design) ini sifatnya memberi dukungan fasilitas untuk melakukan diskusi terfokus (FGD, *Focused Group Discussion*), yakni untuk aspek mekanikal *engineering*, proses *engineering* dan elektrikal *engineering*. Pekerjaan desain dasar secara lebih rinci dilakukan oleh Tim Desain dan satminkal (satuan administrasi pangkal) berada di PTKRN (Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir).
- b. Penyusunan draft dokumen program konstruksi yang nantinya merupakan salah satu dokumen yang harus disampaikan ke BAPETEN untuk memenuhi persyaratan izin konstruksi RDE. Persyaratan dokumen untuk memperoleh izin konstruksi cukup banyak. Beberapa dokumen telah disiapkan sebelumnya oleh satuan kerja terkait di BATAN. Namun begitu untuk dokumen persyaratan izin konstruksi tersebut perlu dikonsultasikan terlebih dahulu ke BAPETEN guna mempercepat proses izin nantinya. Seperti diketahui bahwa sesuai Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir, tahap perizinan dan pembangunan RDE adalah izin tapak, persetujuan desain, izin konstruksi, pelaksanaan konstruksi, izin komisioning, pelaksanaan komisioning, izin operasi dan operasi RDE. Jadi sebelum mengajukan izin konstruksi, BATAN sebagai pemegang izin terlebih dahulu harus mengajukan ke BAPETEN permohonan Persetujuan Desain RDE yang persyaratannya adalah harus menyampaikan dokumen desain rinci RDE dan dokumen laporan analisis keselamatannya. Dokumen program konstruksi RDE telah disusun meskipun masih dalam status draft. Pada proses izin konstruksi nantinya akan direview oleh BAPETEN hingga dokumen tersebut disetujui. Seperti dalam proses izin tapak yang telah diterbitkan izinnya pada 23 Januari 2017 setelah seluruh dokumen persyaratan izin tapak dipenuhi, juga melalui tahap review. Pengalaman review ada yang hingga revisi 04. Mudah-mudahan kelak pada proses izin konstruksi dokumen ini direview dan disetujui dengan waktu yang lebih cepat.

- c. Penyiapan dokumen lelang pembangunan RDE dengan opsi pengadaan EPC (Engineering, Procurement and Construction). Dalam proses EPC ini, engineering (perencanaan), procurement dan sekaligus konstruksi dilakukan secara bersamaan dan tidak terpisah, atau menjadi satu kesatuan. Dokumen lelang EPC RDE ini nantinya akan menjadi salah satu kelengkapan dokumen lelang.
- d. Penyusunan draft dokumen kontrak EPC RDE. Draft dokumen kontrak ini disusun dengan tujuan memberikan gambaran awal landasan kontrak dengan vendor pembangunan RDE. Belajar dari pengalaman PLN dalam membangun pembangkit listrik, draft dokumen ini disusun. Pekerjaan pembangunan RDE merupakan proyek pekerjaan pembangunan yang lebih rumit dari pada pembangkit konvensional, oleh karenanya dokumen kontrak harus disiapkan sejak dini. Namun demikian pada tahap pelaksanaan penyusunan dokumen ini, anggaran yg semula dialokasikan dipotong oleh karena kebijakan pemerintah. Sehingga pekerjaan yang dilakukan seperti apa yang dikompilasi dalam hasil penyusunan draft dokumen ini, yang memberikan gambaran outline dari dokumen kontrak EPC.
- e. Penyusunan naskah Urgensi Perpres RDE. Latar belakang ide penyusunan naskah Urgensi Perpres RDE adalah ingin memberikan dukungan dan payung hukum terhadap proyek pembangunan RDE. Belajar dari berbagai proyek pembangunan strategis di Indonesia selalu memiliki landasan dan payung hukum berupa Perpres atau yang lebih tinggi. Payung hukum ini memberikan jaminan pelaksanaan proyek yang lebih pasti dari aspek pembiayaan, jadwal dan kualitas proyek yang dihasilkan. Inisiasi penyusunan naskah urgensi Perpres RDE ini disusun oleh Tim Kecil PKSEN dan kemudian didukung oleh Tim Hukum dari BHHK. Rapat koordinasi internal, FGD Tim BHHK – PKSEN, dan FGD dengan narasumber dilaksanakan. Setelah draft naskah urgensi dibawa ke forum FGD dengan narasumber, berbagai masukan diterima untuk memperbaiki dokumen dimaksud yang dilakukan oleh tim internal bersama tim hukum BHHK. Langkah akhir (internal) adalah dilakukan FGD yang melibatkan pimpinan BATAN. Sedianya setelah mendapat masukan dari pimpinan BATAN, maka dilakukan FGD yang melibatkan narasumber lebih luas untuk mendapatkan masukan dan dukungan secara institusional dan

kemudian dilanjutkan dengan penyusunan draft Perpres RDE nya. Namun demikian oleh karena adanya pemotongan anggaran, maka yang dilakukan adalah sampai dengan penyusunan draft Naskah Urgensi Perpres RDE terlebih dahulu. Penyusunan draft Perpres RDE akan dilakukan selanjutnya sesuai perkembangan anggaran dan kebijakan pimpinan.

- f. Konsultasi dengan BAPETEN terkait dengan perizinan RDE. Sebagaimana telah dilaksanakan pada proses permohonan izin tapak, baik pada tahap permohonan persetujuan evaluasi tapak maupun pada proses permohonan izin tapak RDE, maka perlu dilakukan konsultasi informal dengan BAPETEN dengan maksud bahwa semua kegiatan persiapan proyek RDE dapat diketahui oleh BAPETEN. Pada tahun ini kegiatan RDE yang prioritas adalah kegiatan penyusunan dokumen desain dasar (Basic Design) yang satminkalnya (satuan administrasi pangkanya) adalah di PTKRN (Pusat Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir). Kegiatan konsultasi perizinan ini dilakukan oleh Tim Desain dan Keselamatan RDE (PTKRN). Target konsultasi ini adalah untuk menginformasikan kegiatan yang dilakukan oleh Tim Desain BATAN kepada BAPETEN terkait dengan proses persetujuan desain yang merupakan prasyarat dilakukannya permohonan izin konstruksi pembangunan RDE.
- g. Analisis penguatan lereng pada tapak RDE untuk mendukung desain dasar RDE dari aspek tapak/sipil. Analisis penguatan lereng pada Tapak RDE ini dilakukan untuk memenuhi keperluan desain dasar dan sekaligus memenuhi catatan BAPETEN untuk dilakukan rekayasa penguatan lereng, yakni catatan nomor 1 (*melakukan solusi rekayasa untuk menghindari pengikisan yang kuat pada dinding dan dasar Kali Salak*). Data yang dipergunakan untuk melakukan analisis penguatan lereng ini adalah data yang diperoleh saat melakukan evaluasi tapak RDE khususnya pada aspek geoteknik dan pondasi. Pada pelaksanaannya, sub-penanggungjawab pekerjaan ini bekerjasama dengan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan UGM dan menggunakan perangkat lunak GEO5. Hasil kerjasama ini adalah berupa dokumen analisis penguatan lereng dan sekaligus KAK pekerjaan implementasi penguatan lereng.
- h. Perhitungan nilai percepatan tanah puncak di level pondasi berdasarkan site specific response spectra sebagai tindak lanjut catatan izin tapak dari BAPETEN. Meskipun pekerjaan ini direncanakan dilakukan untuk

memenuhi catatan BAPETEN, oleh karena keterbatasan dana akibat pemotongan anggaran, maka pekerjaan ini tidak dilaksanakan. Semula direncanakan bekerja sama dengan Fakultas MIPA, Jurusan GeoFisika, ITB. Pertemuan dan diskusi awal sudah dilaksanakan, namun ditunda dibatalkan karena keterbatasan dana tersebut.

- i. Studi Pemanfaatan Thorium untuk Reaktor Daya. Untuk mendukung persiapan pengembangan pemanfaatan bahan bakar Thorium, serta untuk memberikan pemahaman tentang status teknologi dan pemanfaatannya, maka akan dilaksanakan “Kajian Perkembangan Bahan Bakar Thorium dan Kelayakan Implementasinya pada RDE”. Studi ini dilakukan dengan kajian data sekunder. Tujuan dilaksanakan pekerjaan ini adalah mengetahui status pemanfaatan bahan bakar thorium saat ini. Kematangan teknologinya serta dokumen kajian yang dihasilkan akan menjadi dasar awal sebagai penguat BATAN sebagai Clearing House Teknologi Nuklir (CHTN) khususnya untuk kajian implementasi thorium di Indonesia.
- j. Seminar Teknologi Energi Nuklir tahun 2017 (SENTEN 2017). Seminar ini dilaksanakan bekerja sama dengan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makasar. Seminar kali ini mengambil tema “Pendekatan Realistik Keamanan, Keselamatan dan Keberlanjutan Jangka Panjang ENERGI NUKLIR”, dilaksanakan pada tanggal 12 - 13 Oktober, 2017. SENTEN 2017 ini dilaksanakan bersamaan dengan penyelenggaraan ICONET 2017. Dokumen yang dihasilkan dari seminar ini adalah berupa Prosiding SENTEN 2017.

4. PENUTUP

Pelaksanaan kegiatan Reaktor Daya Eksperimental tahun 2017 ini adalah bersifat melanjutkan pekerjaan persiapan proyek pembangunannya. Dokumen yang dihasilkan dari kegiatan ini telah diuraikan di atas dan hasilnya terlampir menjadi satu kesatuan dari laporan teknis ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Undang Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran
- [2]. Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir, 2014.
- [3]. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, 2014.
- [4]. Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional, 2017.
- [5]. Perpres No. 116 Tahun 2015 tentang Percepatan Penyelenggaraan Kereta Api Ringan/Light Rail Transit Di Provinsi Sumatera Selatan, 2015.
- [6]. KEMENRISTEKDIKTI, Permenristekdikti No. 53 Tahun 2016 tentang Tata Cara Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan Di Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi, 2016.
- [7]. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) tahun 2005~2025.
- [8]. Peraturan Pemerintah (PP) No. 5 tahun 2010 tentang RPJM 2010–2014.
- [9]. IAEA, Project Management in Nuclear Power Plant Construction: Guidelines and Experience, IAEA Nuclear Energy Series NP-T-2.7, Vienna, 2012.

LAMPIRAN-LAMPIRAN:

1. DRAFT NASKAH URGENSI PERPRES RDE
2. HASIL ANALISIS PENGUATAN LERENG TAPAK RDE
3. DRAFT DOKUMEN PROGRAM KONSTRUKSI RDE
4. DRAFT DOKUMEN KAK EPC RDE
5. DRAFT DOKUMEN KONTRAK EPC RDE
6. DOKUMEN KAJIAN BAHAN BAKAR THORIUM
7. PROSIDING SENTEN 2017 (TERPISAH)

LAMPIRAN 1:

**DRAFT NASKAH URGENSI PERATURAN PRESIDEN
TENTANG
PEMBANGUNAN REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**



NASKAH URGENSI

RANCANGAN

PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

TENTANG

PEMBANGUNAN

REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

2017

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

1. Kondisi Energi Saat Ini

Kondisi energi Indonesia saat ini masih sangat tergantung pada energi fosil yaitu minyak, gas dan batubara. Faktanya, produksi minyak dan gas Indonesia saat ini tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sedangkan energi baru dan terbarukan, Indonesia memiliki potensi yang beragam, namun pengelolaan dan penggunaannya belum optimal. Berbagai potensi energi tersebut antara lain: energi nabati, gas, panas bumi, nuklir, surya, angin dan laut. Di sisi lain, Indonesia yang dulu merupakan negara pengekspor minyak kini telah berubah menjadi negara pengimpor minyak.

Merujuk pada Rencana Umum Energi Nasional saat ini potensi sumber daya energi nasional dapat dilihat seperti tabel di bawah ini.

Potensi Sumber Daya Energi Nasional*

No.	Jenis	Cadangan Terbukti	Produksi (per-tahun)	Umur pemakaian (tahun)
1	Minyak Bumi	3,6 milyar barel	288 juta barel	13
2	Gas	100,3 TSCF	2,97 TSCF	34
3	Batubara	31,35 Milyar ton	435 juta ton	72

*RUEN

Indonesia juga memiliki potensi Uranium (74.000 ton) dan Thorium (133.000 ton) yang terdistribusi/terindikasi di daerah Kalimantan, dan Bangka-Belitung, sementara itu cadangan di daerah lain seperti Sulawesi dan Papua belum terdata.

Energi nuklir adalah energi yang memanfaatkan teknologi ramah lingkungan dan tidak menimbulkan emisi gas rumah kaca. Apabila

energi nuklir dimanfaatkan, maka akan menghemat sumber daya fosil yang bisa dimanfaatkan untuk generasi di masa depan. Kunci dari pemanfaatan energi nuklir adalah penguasaan teknologi.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, energi nuklir dapat menjadi andalan untuk bauran energi di Indonesia.

Semangat ingin menguasai dan memanfaatkan energi nuklir sudah dicanangkan oleh Presiden pertama Republik Indonesia, Ir. Soekarno dalam pidato sambutan peletakan batu pertama pembangunan reaktor riset Bandung pada tanggal 9 April 1961, menyampaikan bahwa saat sekarang kita pasti masuk pada “the era of atomic energy”. Namun demikian, visi Bapak Pendiri Bangsa ini belum secara konsisten dilaksanakan oleh Pemimpin Nasional selanjutnya, khususnya dalam menetapkan keputusan penggunaan nuklir untuk listrik. Keputusan go nuclear saat ini akan sangat mendukung pembangunan infrastruktur yang sangat masif.

Sebagai pembanding, pada tahun 1958, pemerintah Korea Selatan sudah menetapkan visi yang sama mengenai pemanfaatan energi nuklir dan sudah dilaksanakan secara konsisten dengan memanfaatkan energi nuklir dalam bentuk PLTN yang secara nyata telah memajukan industri dan ekonomi Korea Selatan.

2. Implementasi Amanat Presiden

Sejalan dengan program NAWA CITA Presiden RI tahun 2014-2019, salah satu Sub Agenda Prioritas adalah Kedaulatan Energi. Energi nuklir dapat berperan di dalam mewujudkan program NAWA CITA.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Pemerintah telah menargetkan proyeksi listrik dan kontribusi EBT sebagaimana pada tabel di bawah ini. Sesuai dengan Undang Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, energi nuklir dikategorikan sebagai energi baru.

Kebijakan Energi Nasional tentang Proyeksi Listrik

No	Tahun Proyeksi	Proyeksi Listrik (GWe)	Target Kontribusi EBT (%)
1	2017	55 (terpasang)	5*
2	2025	115	23
3	2050	430	31

Untuk memenuhi target Peraturan Pemerintah tersebut, maka diperlukan pembangunan pembangkit listrik yang masif dari EBT, termasuk nuklir.

Presiden Republik Indonesia pada Sidang Paripurna III Dewan Energi Nasional (DEN) tanggal 22 Juni 2016 mengamanatkan:

“pembangunan reaktor riset daya dan laboratorium reaktor sebagai tempat ahli nuklir berekspresi, berinteraksi, dan berkarya serta memberikan dukungan untuk dilaksanakannya riset-riset terkait nuklir supaya apa yang sudah dikuasai tidak hilang dan dapat dipertahankan; dan mendorong kerjasama internasional agar selalu termutakhirkan dengan kemajuan teknologi”.

Dengan mempertimbangkan berbagai hal tersebut di atas dan melaksanakan amanat presiden, maka perlu segera dilaksanakan pembangunan reaktor riset daya dan laboratorium reaktor dalam bentuk Reaktor Daya Eksperimental (RDE).

3. Reaktor Daya Eksperimental (RDE)

RDE adalah reaktor daya non komersial yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan teknologi energi nuklir. RDE berbeda dengan tiga reaktor nuklir riset yang sudah beroperasi di Indonesia. Reaktor riset yang sudah beroperasi didedikasikan untuk penelitian dan

produksi radioisotop, sedangkan RDE didedikasikan untuk menghasilkan listrik dan panas. Panas yang dihasilkan dari RDE akan digunakan untuk penelitian Energi Baru dan Energi Terbarukan (EBT) seperti gasifikasi dan pencairan batubara, produksi hidrogen serta untuk desalinasi (proses pembuatan air bersih). Selain itu RDE dapat dimanfaatkan untuk penelitian di bidang pengembangan bahan bakar thorium dan enhanced oil recovery (EOR).

RDE menggunakan teknologi Reaktor Gas Bertemperatur Tinggi (High Temperature Gas Cooled Reactor, HTGR) yang merupakan generasi mutakhir dengan jaminan keselamatan tinggi. RDE berkapasitas sebesar 10 MWth dan menghasilkan listrik sebesar 3 MWe.

4. Manfaat RDE

Pembangunan RDE merupakan sasaran antara yang sangat strategis untuk ketahanan energi, kedaulatan bangsa dan eksistensi negara Indonesia di masa depan, lebih mandiri dalam pemenuhan energi, meningkatkan kemampuan industri nasional, meningkatkan daya saing dalam tatanan ekonomi regional dan global, serta meningkatkan diplomasi energi dan politik.

Pembangunan RDE dimaksudkan untuk membawa Indonesia menjadi penyedia teknologi (*technology provider*) terkait penyediaan energi listrik dan panas tinggi guna menopang kebutuhan industri nasional, serta menjadi unggul di regional.

Secara terinci manfaat pembangunan RDE diuraikan sebagai berikut:

- a. Penguasaan teknologi dalam rangka peningkatan kemampuan Sumber Daya Manusia (SDM) nasional dalam perancangan/desain, pembangunan, pengoperasian serta perawatan reaktor daya.
- b. Sebagai pusat unggulan riset dan teknologi nuklir di kawasan regional

- c. Peningkatan kemampuan industri nasional.
- d. Peningkatan jejaring internasional.
- e. Penelitian pemanfaatan panas proses seperti desalinasi, likuifaksi dan gasifikasi batubara, EOR dan proses pembuatan hidrogen.
- f. Sebagai sarana dalam penelitian dan pengembangan thorium sebagai sumber energi masa depan.
- g. Edukasi dan informasi masyarakat untuk meningkatkan penerimaan terhadap teknologi energi nuklir

5. Pengalaman Pembangunan Reaktor Nuklir

BATAN telah berhasil membangun dan mengoperasikan tiga reaktor riset yaitu reaktor Triga Bandung, reaktor Kartini Yogyakarta dan reaktor Serbaguna di Serpong dengan aman dan selamat. Ketiga reaktor tersebut merupakan reaktor riset yang tidak menghasilkan listrik. Berikut adalah uraian singkat dari ke tiga reaktor tersebut. Selama pengoperasian ketiga reaktor tersebut, BATAN telah berhasil antara lain:

- a. Mengembangkan dan memproduksi radioisotop untuk kesehatan;
- b. Mengembangkan sistem keselamatan reaktor;
- c. Mengembangkan dan memfabrikasi bahan bakar nuklir secara mandiri;
- d. Mengembangkan material maju untuk industri;
- e. Mengembangkan uji material.

6. Persiapan Pembangunan RDE

Dalam rangka mempersiapkan pembangunan RDE, BATAN telah melaksanakan kegiatan pra-proyek dengan hasil, berupa:

- a. Dokumen Cetak Biru
- b. Dokumen Pemilihan Teknologi
- c. Dokumen Studi Kelayakan
- d. Dokumen Desain Konsep

- e. Izin tapak dari BAPETEN tanggal 23 Januari 2017
- f. Peningkatan kompetensi Sumber Daya Manusia, dan
- g. Terbentuknya Tim Penyiapan Pembangunan

7. Lokasi Pembangunan RDE

Lokasi pembangunan RDE terletak di Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan. Lahan yang disediakan seluas 8,674 ha, dengan status izin pinjam pakai dari Kemenristekdikti (Surat Nomor 1402/A/PL/2015 tanggal 21 Agustus 2015) dan DJKN Kementerian Keuangan (Surat Nomor S-26/MK.6/ 2016 tanggal 14 Maret 2016). Lokasi RDE berjarak sekitar 700 meter dari Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG GAS).

8. Pengembangan RDE di masa mendatang

RDE dapat menjadi instalasi acuan (*reference plant*) reaktor berdaya kecil dan menengah (50 s/d 600 MWe per unit) untuk memenuhi kebutuhan listrik dan/atau panas industri di wilayah yang memerlukan listrik kecil/ menengah, atau yang memiliki kapasitas jaringan listrik kecil, yang sangat cocok dengan kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan.

Melalui penguasaan teknologi RDE yang termasuk teknologi generasi mutakhir, maka diharapkan Indonesia akan menjadi rujukan internasional dan berpotensi besar mengembangkan PLTN komersial ke depan (sebagai penyedia teknologi PLTN), dengan pangsa pasar dalam dan luar negeri yang sangat potensial.

B. Tujuan

Ditetapkannya Peraturan Presiden bertujuan untuk :

1. Menyediakan payung hukum untuk pelaksanaan program pembangunan RDE.
2. Memastikan program pembangunan RDE dapat dilaksanakan sesuai dengan perencanaan.

3. Mendapatkan dukungan penuh pemangku kepentingan dalam pembangunan RDE (pendanaan, perizinan, pengadaan, perpajakan).

C. Sasaran yang ingin diwujudkan

Sasaran yang ingin diwujudkan dengan terbitnya Peraturan Presiden ini adalah:

1. Terbangunnya RDE sebagai sarana ahli nuklir berekspresi, berinteraksi, berkarya dalam rangka penguasaan teknologi nuklir, serta mempertahankan kompetensi di bidang energi nuklir.
2. Terwujudnya keyakinan masyarakat bahwa teknologi nuklir aman.
3. Tersedianya SDM Indonesia yang mampu merencanakan, membangun, mengoperasikan dan merawat reaktor nuklir untuk pembangkit listrik.
4. Terjalinnnya kerjasama internasional dalam bidang teknologi energi nuklir.

D. Permasalahan dan Solusi Pembangunan RDE

BATAN sudah melaksanakan persiapan pembangunan RDE secara maksimal, namun masih ada beberapa masalah yang sangat urgen:

1. RDE adalah proyek pertama di Indonesia dengan menggunakan teknologi tinggi dan kompleks, yang memerlukan persyaratan keselamatan, keamanan dan pengelolaan bahan nuklir, sehingga perlu komitmen yang kuat dari pemerintah.
2. Memerlukan biaya yang cukup besar dan waktu yang cukup panjang (tahun jamak) dan sampai saat ini belum ada kepastian pendanaan.
3. Kesiapan infrastruktur perizinan keselamatan nuklir.

Berdasarkan hal-hal tersebut pembangunan RDE perlu diatur dengan Peraturan Presiden.

BAB II

LANDASAN FILOSOFIS, SOSIOLOGIS, DAN YURIDIS

A. Landasan Filosofis

Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 mengamatkan Pemerintah untuk memajukan kesejahteraan umum dan mencerdaskan kehidupan bangsa. Cita-cita hukum yang terkandung dalam UUD tersebut, diimplementasikan dalam kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir untuk kesejahteraan dan kecerdasana bangsa melalui penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir. Cita-cita para pendiri bangsa tersebut oleh BATAN diimplementasikan melalui kegiatan penelitian, pengembangan dan penerapan iptek nuklir sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran dan Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional. Salah satu wujud nyata untuk mewujudkan tujuan negara tersebut, BATAN menginisiasi pembangunan Reaktor Daya Non Komersial dalam bentuk Reaktor Daya Eksperimental (RDE).

Untuk mewujudkan pembangunan RDE tersebut dalam rangka mewujudkan tujuan negara dalam memajukan kesejahteraan umum dan mencerdaskan kehidupan bangsa, perlu payung hukum dari pemerintah berupa Peraturan Presiden. Pertimbangan filosofis yang melandasi perlunya pembentukan Peraturan Presiden dalam pembangunan RDE ini sebagai berikut:

- 1) Pembangunan RDE diharapkan mampu berkontribusi terhadap kedaulatan energi nasional di masa yang akan datang guna membantu mengatasi kelangkaan cadangan energi;
- 2) Mampu mengurangi eksploitasi mineral dan batu bara, guna kepentingan rakyat Indonesia di masa yang akan datang;

- 3) Memperoleh kemampuan dalam manajemen pembangunan PLTN, dalam hal membangun, mengoperasikan dan memelihara PLTN dengan baik serta penguasaan teknologi;
- 4) Mampu memberikan sumbangsih dalam penyediaan tenaga listrik dan kogenerasi di masa yang akan datang.

B. Landasan Sosiologis

Tujuan dari suatu kegiatan pembangunan memiliki nilai manfaat bagi bangsa dan negara, utamanya bagi masyarakat luas. Pembangunan RDE di Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan secara khusus bertujuan untuk meningkatkan penguasaan teknologi Bangsa Indonesia dalam merencanakan, mendesain, membangun, mengoperasikan dan merawat reaktor nuklir untuk pembangkit listrik. Dengan penguasaan teknologi PLTN diharapkan pemerintah dapat memenuhi kebutuhan listrik dengan harga yang murah untuk masyarakatnya. Tujuan akhir dalam pembangunan RDE adalah dalam rangka penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir untuk kesejahteraan masyarakat.

Untuk itu, dalam melaksanakan pembangunan RDE dilandasi pertimbangan sosiologis sebagai berikut:

- 1) Pembangunan dan pengoperasian RDE mampu memberikan rasa aman, meningkatkan kesejahteraan, kemakmuran dan meningkatkan capaian budaya Iptek Nuklir;
- 2) Pembangunan RDE dapat meyakinkan kepada pemerintah, DPR, penentu kebijakan energi dan pemangku kepentingan lainnya bahwa RDE dapat dioperasikan secara aman dan tidak menimbulkan resiko negatif sebagaimana banyak ditakutkan kebanyakan masyarakat, sehingga persepsi dan penerimaan publik terhadap pemanfaatan tenaga nuklir untuk energi (PLTN) semakin meningkat;
- 3) Pembangunan RDE mampu menyerap tenaga kerja yang cukup besar, dan dapat menggerakkan roda perekonomian serta meningkatkan

kemampuan SDM dalam mendesain, membangun, mengoperasikan, dan merawat reaktor daya, sekaligus sebagai pembuktian penguasaan teknologi nuklir oleh putra putri bangsa Indonesia;

- 4) Pembangunan RDE aman dan tidak memberikan dampak yang buruk terhadap keberlangsungan ekosistem yang telah ada, sehingga nantinya dapat memberikan keyakinan kepada masyarakat bahwa apabila PLTN dibangun di Indonesia tidak akan merusak bagi keberlangsungan ekosistem di wilayah atau lokasi pembangunan;
- 5) Pembangunan RDE akan mendorong kontribusi industri domestik melalui penggunaan komponen produksi dalam negeri;
- 6) Pengembangan RDE kedepan diharapkan menjadi master PLTN Indonesia yang dapat memberikan dampak yang lebih luas dan merata untuk mengurangi kesenjangan antar daerah, kelayakan harga (*affordability*) bagi semua warga negara, ketersediaan listrik baik generasi saat ini maupun yang akan datang, dan perlindungan terhadap keselamatan lingkungan;
- 7) Unjuk kerja SDM Indonesia dalam mendesain, membangun dan mengoperasikan RDE akan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap kemampuan bangsa sendiri dalam mengelola teknologi canggih;
- 8) Kemampuan dalam menguasai teknologi canggih yang digunakan RDE akan mendatangkan rasa bangga sebagai bangsa Indonesia yang bisa bersaing dengan negara lain;
- 9) Keberadaan RDE akan dapat memotivasi generasi muda untuk mengambil bagian dalam pengembangan dirinya di dalam bidang keilmuan nuklir.

C. Landasan Yuridis

Berkenaan dengan kegiatan pembangunan RDE, terdapat beberapa peraturan yang digunakan sebagai landasan yuridis, sebagai berikut:

1. Ketentuan Pasal 28C, Pasal 31 ayat (5) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, yang menyatakan bahwa setiap orang berhak memperoleh manfaat dari ilmu pengetahuan dan teknologi, demi meningkatkan kualitas hidupnya dan demi kesejahteraan umat manusia. Untuk mewujudkan hak warga negara tersebut, Pemerintah memiliki kewajiban memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu perwujudan dalam memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi, dilakukan melalui pembangunan RDE dalam rangka penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi oleh anak bangsa guna memajukan kesejahteraan kecerdasan bangsa.
2. Ketentuan Pasal 13 ayat (1) Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Undang-Undang ini mengamanatkan pembangunan dan pengoperasian RDE menjadi kewenangan BATAN sebagai Badan Pelaksana. BATAN sebagai Badan Pelaksana merupakan satu-satunya lembaga pemerintah yang diberi kewenangan oleh Undang-Undang untuk melaksanakan pembangunan dan pengoperasian RDE.
3. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005-2025. Undang-undang ini mengamanatkan pembangunan PLTN beroperasi 2015-2019 dengan persyaratan keselamatan secara ketat. Pembangunan RDE sebagai jembatan dalam pembangunan PLTN dalam skala komersial.
- 4) Ketentuan Pasal 5 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir. Peraturan ini melandasi BATAN dalam melakukan pembangunan dan pengoperasian reaktor daya non komersial dalam bentuk RDE.

BAB III
SASARAN, JANGKAUAN, ARAH PENGATURAN,
DAN RUANG LINGKUP MATERI MUATAN PERATURAN PRESIDEN

A. Sasaran

Rancangan Peraturan Presiden Republik Indonesia tentang Pembangunan RDE merupakan landasan hukum untuk mewujudkan koordinasi, sinkronisasi, dan harmonisasi program pembangunan RDE di Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, agar pelaksanaannya dapat dilakukan secara efisien, efektif, terpadu, terorganisasikan dengan baik, yang pada akhirnya RDE dapat terbangun dan beroperasi.

B. Jangkauan dan Arah Pengaturan

(1) Jangkauan

Jangkauan pengaturan Rancangan Peraturan Presiden tentang Pembangunan RDE, meliputi arah kebijakan dan strategi pembangunan, tujuan dan manfaat, prinsip-prinsip utama, penguatan fungsi, pengelolaan serta pengaturan-pengaturan strategis lainnya.

(2) Arah Pengaturan

Pengaturan dalam Rancangan Peraturan Presiden ini diarahkan untuk memberikan landasan hukum bagi pembangunan RDE, baik dari aspek kelembagaan, sumberdaya, pemangku kepentingan serta aktivitas dan target luaran.

C. Ruang Lingkup Materi Muatan

(1) Ketentuan Umum

Dalam ketentuan umum ini dimuat pengertian-pengertian berupa penggantian atau penambahan peristilahan tertentu yang digunakan dalam naskah urgensi Peraturan Presiden tentang Pembangunan RDE.

(2) Materi yang Akan Diatur

a) Tujuan, Sasaran, dan Fungsi

Tujuan dari pembangunan RDE adalah:

1. Menyediakan tempat/sarana ahli nuklir berekspressi, berinteraksi, berkarya dalam rangka penguasaan teknologi nuklir, serta mempertahankan kompetensi di bidang energi nuklir.
2. Memberikan keyakinan kepada masyarakat bahwa teknologi nuklir aman.
3. Menyediakan dan meningkatkan kemampuan SDM Indonesia dalam merencanakan, membangun, mengoperasikan dan merawat reaktor nuklir untuk pembangkit listrik.
4. Mendorong kerjasama internasional dalam bidang teknologi energi nuklir.

RDE secara umum mempunyai fungsi sebagai:

1. Wahana rujukan reaktor temperatur tinggi di tingkat regional dan internasional.
2. Wahana untuk penelitian dan pengembangan teknologi energi nuklir secara berkelanjutan melalui kerja sama dengan perguruan tinggi, lembaga penelitian dan pengembangan, serta industri;

3. Wahana penelitian dan pengembangan energi baru dan energi terbarukan dan aplikasi panas proses.
4. Wahana edukasi dan informasi untuk meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap energi nuklir.

RDE memberikan fungsi layanan:

1. Pelatihan dan pemagangan,
2. *Advisory*, informasi dan edukasi.
3. Pengembangan teknologi meliputi desain, purwarupa/prototipe PLTN jenis reaktor bertemperatur tinggi.

b) Pengelolaan pembangunan RDE

Penyelenggara pembangunan RDE adalah Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang melibatkan instansi pengawasan dan pembinaan. Organisasi pengelola akan dibentuk oleh BATAN.

c) Penjaminan Mutu dan Keselamatan Nuklir

Setiap tahapan pembangunan RDE penjaminan mutu dilaksanakan dengan mengikuti ketentuan dan standar yang berlaku baik nasional maupun internasional atau negara penyedia teknologi, untuk menjamin keselamatan nuklir.

d) Pendanaan

Pendanaan merupakan salah satu prasyarat utama dalam pembangunan RDE. Segala biaya yang timbul untuk pembangunan RDE bersumber dari (1) Pinjaman Lunak Luar Negeri, (2) Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara, dan (3) sumber lain yang sah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, yang merupakan anggaran on-top.

e) Pengadaan

Mengingat kompleksitas dan kebutuhan komponen yang spesifik dengan syarat yang tinggi diperlukan pengadaan yang khusus, termasuk insentif perpajakan.

f) Perizinan

Mengingat proses perizinan yang kompleks dan mengandung ketidakpastian yang sangat tinggi maka diperlukan kebijakan percepatan layanan perizinan sehingga tidak mengganggu pelaksanaan proyek.

g) Komponen Dalam Negeri

Pembangunan RDE mengutamakan penggunaan komponen dalam negeri.

h) Ketentuan Penutup

Pada saat Peraturan Presiden ini mulai berlaku, pembangunan RDE tetap dapat dilaksanakan dan menyesuaikan dengan ketentuan dalam Peraturan Presiden ini.

BAB IV

PENUTUP

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan, bahwa:

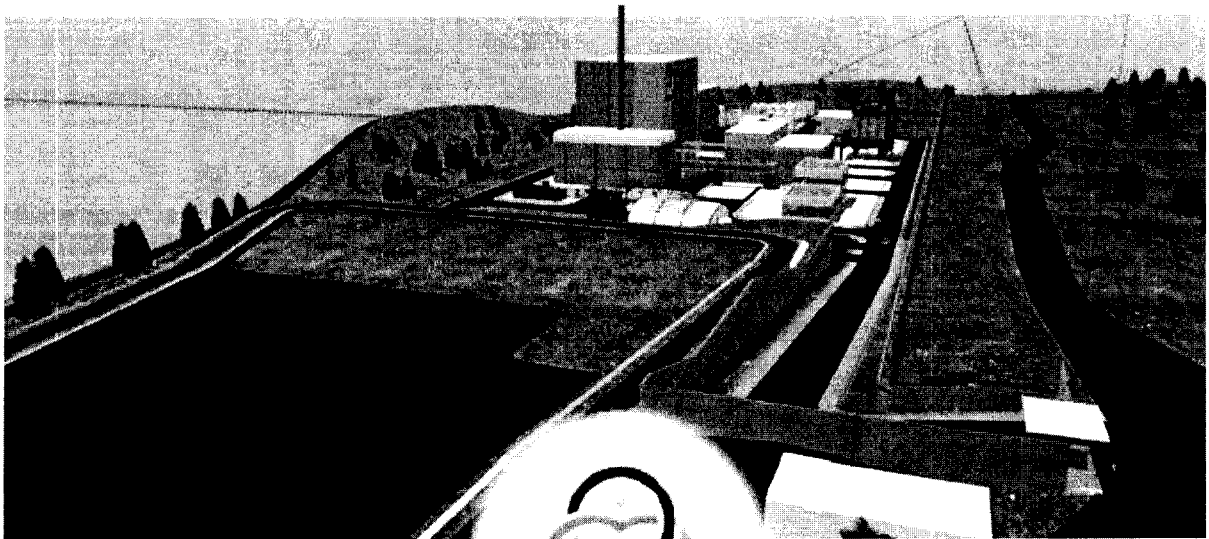
- 1) RDE sangat urgen untuk dibangun sebagai jembatan penguasaan teknologi energi nuklir dalam mencapai ketahanan energi nasional
- 2) Perpres Pelaksanaan Pembangunan RDE sangat diperlukan untuk menjamin pendanaan, tepat waktu, dan sesuai standar nasional serta internasional.
- 3) Posisi pengaturan Peraturan Presiden Tentang Pembangunan Reaktor Daya Eksperimental tidak tumpang tindih dengan Undang-Undang dan Peraturan lain terkait, tetapi cenderung mengisi kekosongan pengaturan yang diperlukan untuk mengkoordinasikan pembangunan RDE.
- 4) Sasaran Peraturan Presiden Tentang Pembangunan Reaktor Daya Eksperimental ini adalah sebagai landasan hukum untuk mewujudkan koordinasi, sinkronisasi, dan harmonisasi pembangunan RDE di Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, agar pelaksanaannya dapat dilakukan secara efisien, efektif, terpadu, terorganisasikan dengan baik.
- 5) Jangkauan dan arah pengaturan Peraturan Presiden Tentang Pembangunan Reaktor Daya Eksperimental, meliputi: (i) Ketentuan Umum; (ii) Tujuan, Sasaran dan Fungsi; (iii) Pengelolaan Pembangunan RDE; (iv) Penjaminan Mutu dan Keselamatan Nuklir; (v) Pendanaan; (vi) Pengadaan; (vii) Perizinan; (viii) Komponen Dalam Negeri; dan (ix) Ketentuan Penutup.

LAMPIRAN 2:

HASIL ANALISIS PENGUATAN LERENG TAPAK REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

Desain Dinding Penahan Tanah dan Hasil Analisis Geo 5

Reaktor Daya Eksperimental Kawasan PUSPIPTEK Serpong



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

I. Pendahuluan

Dalam rencana fasilitas BATAN Serpong salah satu fasilitas infrastruktur pendukung yaitu adanya dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah berfungsi menstabilkan lereng tanah dari bahaya kelongsoran. Kelongsoran dapat terjadi pada lereng dengan kemiringan lereng yang cenderung tegak. Gambar 1 menunjukkan letak dinding penahan tanah yang direncanakan, terlihat bahwa beda tinggi antara fasilitas utama dengan parit disekitar site hingga mencapai 5 meter.

Konstruksi dinding penahan tanah dapat terdiri dari beberapa macam. Berdasarkan pertimbangan bahwa pekerjaan dinding penahan tanah dan perataan merupakan paket pekerjaan yang berbeda. Dengan pertimbangan bahwa DPT harus mampu berdiri sendiri sebelum/sesudah pekerjaan perataan, maka digunakan konstruksi DPT berupa Gravitywall atau Cantileverwall. Perencanaan DPT diperhitungkan mempertimbangkan beban kendaraan atau alat berat saat pekerjaan dan saat operasional.

II. Maksud dan Tujuan

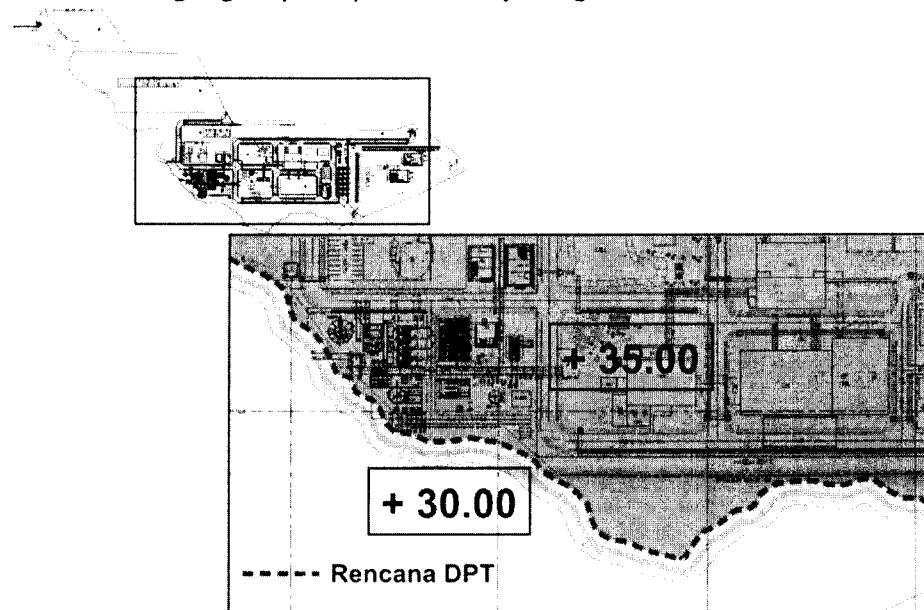
Pada laporan ini bertujuan sebagai acuan dasar dari desain dinding penahan tanah pada beberapa sisi dalam fasilitas BATAN Serpong. Dinding penahan tanah didesain untuk beda tinggi lereng tanah setinggi 5 meter. Pada laporan ini dilakukan desain dinding penahan tanah berupa:

- a. Konstruksi Gravitywall
- b. Konstruksi Cantileverwall

III. Desain

- a. Denah rencana Struktur DPT typical 5 meter.

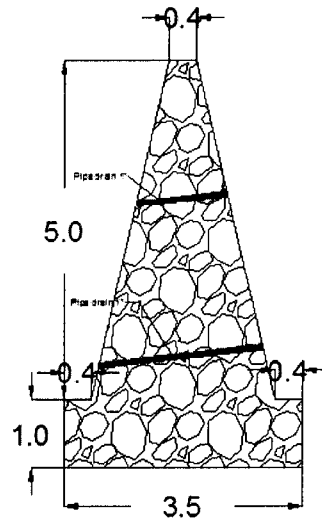
Pada Gambar 1 dengan garis putus putus menunjukkan garis rencana DPT.



Gambar 1. Garis Rencana DPT BATAN Serpong

b. Rencana Gravitywall

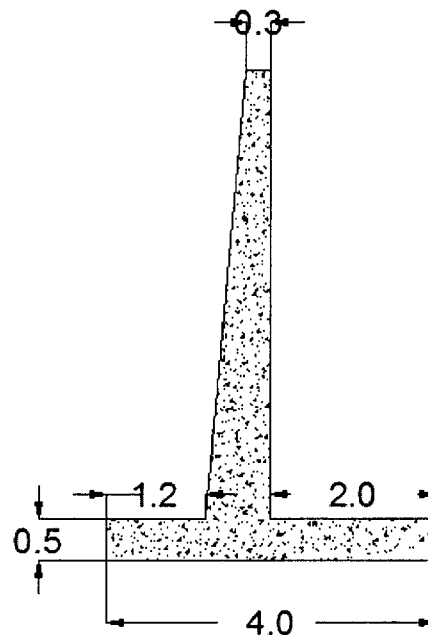
Sebagai konstruksi gravitywall digunakan pasangan batu. Lebar dasar 3,45 meter dengan desain potongan seperti ditunjukkan dalam gambar 2. Secara lebih detail desain gravitywall terdapat pada lampiran pada laporan ini.



Gambar 2. Desain Konstruksi Gravitywall

c. Rencana Cantileverwall

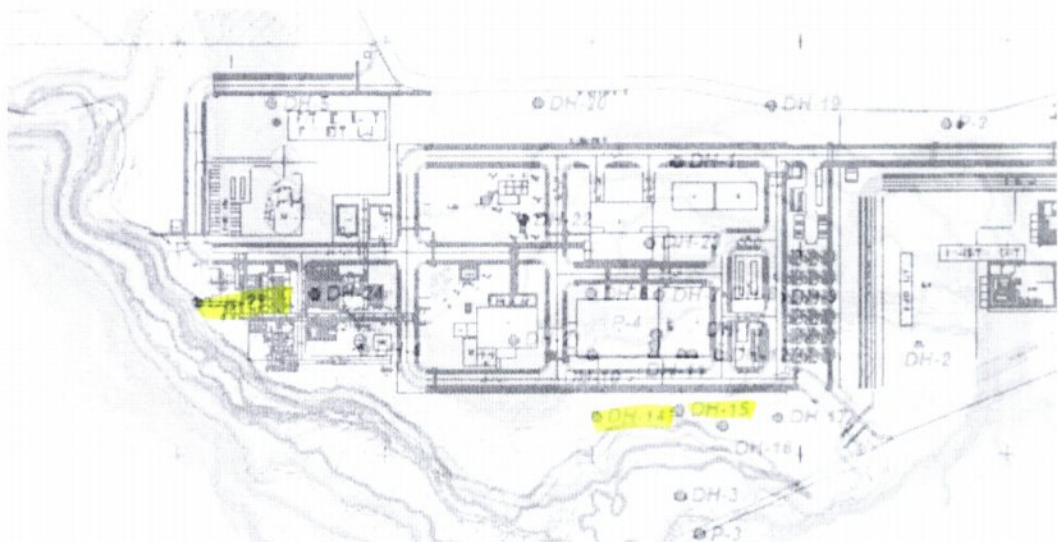
Konstruksi gravitywall terbuat dari beton bertulang dengan desain potongan seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3. Secara lebih detail desain cantileverwall terdapat pada lampiran pada laporan ini.



Gambar 3. Desain Konstruksi Cantileverwall

IV. Parameter Tanah

Sebagai dasar perancangan dinding penahan tanah digunakan hasil penyelidikan tanah pada beberapa titik seperti yang ditampilkan pada gambar 4. Dari hasil penyelidikan tanah pada beberapa titik, dipergunakan titik **DH-14, DH-15 dan DH-25.**



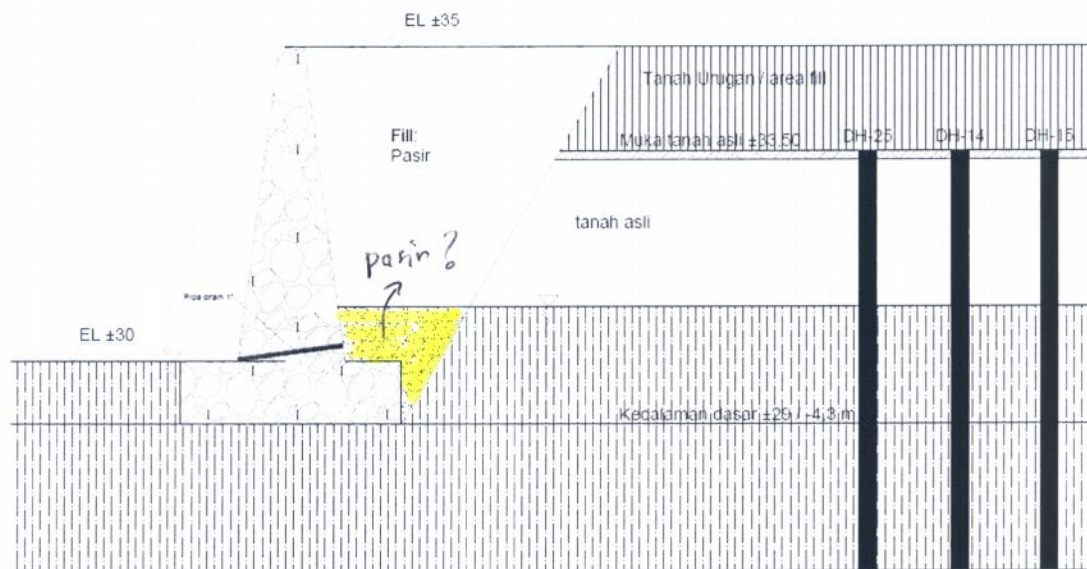
Gambar 4. Lokasi titik bor

Secara lebih lanjut dari penentuan titik bor sebagai interpretasi tanah dasar dilakukan cross check antar beberapa titik seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5.

DH-14 elv +33.70		DH-15 elv +33.87		DH-25 elv +33.06	
1	0.00 - 1.10 m Top Soil, dark reddish brown, soft, moist, high plasticity, fine sand, root fragment.	1	0.00 - 1.00 m Organic Soil, dark reddish brown, soft, wet, high plasticity, sand, fine coarse sand, gravel, fine gravel, subangular subrounded, root fragment.	1	0.00 - 0.60 m Organic Soil, dark reddish brown, firmest, moist, high plasticity, some root fragment.
2	1.10 - 2.00 m Silty CLAY, dark reddish brown, soft, moist, high plasticity.	2	1.00 - 1.60 m Organic Soil, dark reddish brown, soft, wet, high plasticity, root fragment.	2	
3	2.00 - 4.00 m Gravelly sand, light reddish brown, soft, moist, fine medium sand, minor fine gravel, subangular subrounded of pumice and quartz.	3	1.60 - 2.00 m Sand With gravel, dark reddish brown, firm, wet, high plasticity, sand, fine coarse sand, gravel, fine gravel, pumice, silt, subangular subrounded, minor clay.	3	0.60 - 5.00 m Silty CLAY, light brownish, soft, weak, wet, fine sand, subangular subrounded.
4		4	2.00 - 4.00 m Moderately weathering, light brown, Silty CLAY, soft, wet, high plasticity.	4	
5	4.00 - 6.95 m Gravelly sand, light brown, soft, moist, fine medium sand, fine gravel, subangular subrounded of pumice and quartz.	5	4.00 - 4.50 m Moderately weathering, light brownish grey, Silty CLAY, weak, wet, high plasticity.	5	
6		6	4.50 - 6.63 m Moderately weathering, dark greyish black, Silty CLAY, weak, wet, high plasticity.	6	5.00 - 7.65 m Sandy CLAY, dark greenish grey, very weak, wet, fine sand.
7	6.95 - 7.12 m Gravelly sand, light grey, soft, wet, fine sand, fine gravel, subangular subrounded of pumice and quartz.	7	6.63 - 7.00 m Moderately weathering, dark grey, Silty CLAY, weak, wet, high plasticity.	7	
8	7.12 - 7.85 m Gravelly sand, light brown, soft, wet, fine coarse sand, fine gravel, subangular subrounded of pumice and quartz.	8	7.00 - 7.63 m Moderately weathering, dark brown, Silty CLAY, extremely weak, saturated, high plasticity.	8	
9	7.85 - 8.70 m Gravelly sand, light yellowish brown, wet,	9	7.63 - 10.00 m Moderately weathering, dark brown, Silty CLAY, weak, saturated, high plasticity.	9	7.65 - 11.90 m Silty CLAY, light blackish grey, very weak, wet.

Gambar 5. Stratifikasi Tanah Pada Titik Bor Acuan

Dengan menggunakan data N-SPT dan penjabara stratifikasi tanahh pada DH-14, DH-15 dan DH-25 dapat dilakukan interpretasi tanah dasar berupa:



Gambar 6. Lapisan Tanah Pada Konstruksi DPT

Secara lebih lebih lengkap, data dari hasil pengujian lapangan dan laboratorium tertampil pada tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Lapangan Dan Laboratorium

Properties	satuan	DH-14	DH-15	DH-25
elevasi titik	mdpl	± 33.7	± 33.87	± 33.06
muka air tanah	mdpl	± 30.86	± 30.45	± 27.73
kedalaman tinjauan	m	2.5 - 4.5	2.5 - 4.5	2.5 - 4.5
NSPT		12	14	11
jenis tanah		gravely-sand	silty clay	weak silty clay
kadar air	%	32.45	61.36	47.5
spesific gravity		2.48	2.32	2.69
berat jenis basah	kN/m ³	17.2	15.14	15.6
berat jenis kering	kN/m ³	12.99	9.39	10.6
Sr	%	88.47	96.61	82
cohesi lab	kPa	86.3	11.77	2.94
φ lab	°	14.64	14.49	10.4

Hasil uji lab dan lapangan menunjukkan kurang sesuai angka angka yang didapat pada beberapa pengujian. Dengan menggunakan *engineering judgement* sebagai perancangan analisis dengan software Geo5 digunakan data tanah berupa:

Tabel 2. Input Parameter Tanah Pada Software Geo5

Parameter	Satuan	Tanah asli	Material Fill (Tanah pasir)
Unit weight	kN/m ³	9.39	17
Internal skin friction	°	29	30
Cohesion	kPA	17	0
Soil-structure skin friction	°	8	5
Poisson ratio	-	0.30	-
Saturated weight	kN/m ³	15.14	23

V. **Beban External**

Sebagai antisipasi terhadap adanya keruntuhan DPT akibat dari beban yang bekerja pada satruktur dipergunakan beban merata sebesar 10 kN/m². Beban tersebut dapat mewakili beban akibat kendaraan ataupun beban akibat proses konstruksi pada DPT.

VI. **Hasil Analisis Geo5**

Sebagai software yang digunakan untuk analisis DPT pada Kawasan Reaktor Daya Eksperimantal BATAN Serpong, Geo5 dapat menyajikan laporan hasil analisis yang terdapat pada lampiran pada laporan ini. Secara rekapitulasi hasil analisis tersaji dalam tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Analisis Gravitywall

Verivication	Angka	Ket
Check for slip	SF = 1,80	Aman
Check for overtuning	SF = 2,45	Aman
Bearing capacity	SF = 2,17	Aman
Settlement	3,3 mm	Aman
Dimensioning		
Wall stem check	Shear and Flexure+Preasure	Aman
Construction joint check	Shear and Flexure	Aman
Wall Jump check	Shear and Flexure	Aman
Global Stability	Spencer SF = 2,21	Aman

Tabel 4. Hasil Analisis Cantileverwall

Verivication	Angka	Ket
Check for slip	SF = 1,72	Aman
Check for overtuning	SF = 2,88	Aman
Bearing capacity	SF = 2,70	Aman
Settlement	3 mm	Aman
Dimensioning		
Wall stem check	Shear and Flexure	Aman
Wall joint check	Shear and Flexure	Aman
Wall heel verivication	Shear and Flexure	Aman
Global Stability	Spencer SF = 2,1	Aman

Secara lebih lengkap hasil analisis DPT tersaji dalam lampiran pada laporan ini.



LAMPIRAN

HARGA SATUAN BAHAN

WILAYAH BONTANG

ini data Banten bukan Bontang, namun harus diupdate agar mencermintakan data terkini

No	Tenaga Kerja	Harga	Satuan
1	Pembantu Tukang	Rp 110,000.00	OH
2	Mandor	Rp 150,000.00	OH
3	Tukang Gali	Rp 120,000.00	OH
4	Tukang Kayu	Rp 130,000.00	OH
5	Tukang Batu	Rp 130,000.00	OH
6	Pekerja	Rp 120,000.00	OH
7	Kepala tukang	Rp 140,000.00	OH
8	Tukang besi	Rp 130,000.00	OH

No	Bahan	Harga	Satuan
1	Kayu kaso 5/7 borneo	Rp 5,432,350.00	m3
2	Paku 5 - 10 cm	Rp 18,625.00	kg
3	Papan Papan kayu terentang 2/20	Rp 3,300,000.00	m3
4	Pasir Urug	Rp 261,270.00	m3
5	Semen PC (abu-abu)	Rp 80,000.00	sak
6	Pasir Beton	Rp 318,000.00	m3
7	Splitz (batu pecah)	Rp 383,627.00	m3
8	Kayu kelas II balok	Rp 6,710,245.00	m3
9	Minyak begesting	Rp 7,000.00	liter
10	Plywood 9 mm	Rp 214,189.00	lembar
11	Besi ulir dan polos	Rp 23,540.00	kg
12	Kawat beton	Rp 16,000.00	kg
13	Pasir beton	Rp 318,000.00	kg
14	Kapur (maksimum 30 mm)	Rp 4,486.00	kg
15	Air	Rp 500.00	liter
16	Kayu kelas III	Rp 1,650,000.00	m3
17	Dolken kayu galam	Rp 24,200.00	batang
18	formite/ penjaga jarak	Rp 31,042.00	buah
19	pipa pvc 1 1/2"	Rp 53,547.00	batang
20	Batu belah 15cm / 20 cm	Rp 238,697.00	m3

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

1 1 m2 membersihkan lokasi proyek

a	Pembantu Tukang	0.1	OH	Rp 110,000.00	Rp 11,000.00
b	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 18,500.00
Dibulatkan					Rp 18,500.00

2 1 m2 membersihkan puing puing

a	Pembantu Tukang	0.2	OH	Rp 110,000.00	Rp 22,000.00
b	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 29,500.00
Dibulatkan					Rp 29,500.00

3 1 m3 pekerjaan galian tebing

a	Pembantu Tukang	0.4	OH	Rp 110,000.00	Rp 44,000.00
b	Tukang Gali	0.02	OH	Rp 120,000.00	Rp 2,400.00
c	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 53,900.00
Dibulatkan					Rp 53,900.00

4 1m 2 Pekerjan striping tebing

a	Mandor	0.005	OH	Rp 150,000.00	Rp 750.00
b	Tukang gali	0.05	OH	Rp 120,000.00	Rp 6,000.00
Jumlah					Rp 6,750.00
Dibulatkan					Rp 6,750.00

5 1 m3 galian tanah dasar

a	Pembantu Tukang	0.4	OH	Rp 110,000.00	Rp 44,000.00
b	Tukang Gali	0.02	OH	Rp 120,000.00	Rp 2,400.00
c	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 53,900.00
Dibulatkan					Rp 53,900.00

6 1 m2 pekerjaan pengukuran dan bowplank

a	Kayu kaso 5/7 borneo	0.02	m3	Rp 5,432,350.00	Rp 108,647.00
b	Paku 5 - 10 cm	0.02	kg	Rp 18,625.00	Rp 372.50
c	Papan Papan kayu terentang 2/20	0.003	m3	Rp 3,300,000.00	Rp 9,900.00
d	Tukang Kayu	0.1	OH	Rp 130,000.00	Rp 13,000.00
e	Pembantu Tukang	0.1	OH	Rp 110,000.00	Rp 11,000.00
f	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 150,419.50
Dibulatkan					Rp 150,410.00

7 1m3 pekerjaan hamparan pasir

a	Pasir Urug	1.2	m3	Rp 261,270.00	Rp 313,524.00
b	Pembantu Tukang	0.3	OH	Rp 110,000.00	Rp 33,000.00
c	Tukang Gali	0.02	OH	Rp 120,000.00	Rp 2,400.00
Jumlah					Rp 348,924.00
Dibulatkan					Rp 348,920.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

8 1 m3 beton lantai kerja, 1 Pc : 3 Ps : 5 Splt

a	Semen PC (abu-abu)	4.36	sak	Rp 80,000.00	Rp 348,800.00
b	Pasir Beton	0.52	m3	Rp 318,000.00	Rp 165,360.00
c	Splitz (batu pecah)	0.87	m3	Rp 383,627.00	Rp 333,755.49
d	Pembantu Tukang	2	OH	Rp 110,000.00	Rp 220,000.00
e	Tukang Batu	0.35	OH	Rp 130,000.00	Rp 45,500.00
f	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 1,120,915.49
Dibulatkan					Rp 1,120,910.00

9 1 m2 pekerjaan begesting plat

a	Kayu kelas III	0.04	m3	Rp 1,650,000.00	Rp 66,000.00
b	Paku 5 cm - 12 cm	0.3	kg	Rp 18,625.00	Rp 5,587.50
c	Minyak begesting	0.1	liter	Rp 7,000.00	Rp 700.00
d	Kayu kelas II balok	0.12	m3	Rp 6,710,245.00	Rp 805,229.40
e	Plywood 9 mm	2.8	lembar	Rp 214,189.00	Rp 599,729.20
f	Pekerja	0.54	OH	Rp 120,000.00	Rp 64,800.00
g	tukang kayu	0.26	OH	Rp 130,000.00	Rp 33,800.00
h	Kepala tukang	0.026	OH	Rp 140,000.00	Rp 3,640.00
i	Mandor	0.026	OH	Rp 150,000.00	Rp 3,900.00
Jumlah					Rp 1,583,386.10
Dibulatkan					Rp 1,583,380.00

10 10 kg pekerjaan pembesian pondasi

a	Besi ulir dan polos	10.5	kg	Rp 23,540.00	Rp 247,170.00
b	Kawat beton	0.15	kg	Rp 16,000.00	Rp 2,400.00
c	Pekerja	0.07	OH	Rp 120,000.00	Rp 8,400.00
d	Tukang besi	0.07	OH	Rp 130,000.00	Rp 9,100.00
e	Kepala tukang	0.007	OH	Rp 140,000.00	Rp 980.00
f	Mandor	0.01	OH	Rp 150,000.00	Rp 1,500.00
Jumlah					Rp 269,550.00
Dibulatkan					Rp 269,550.00

11 1m 3 beton mutu 20 Mpa pondasi

a	PC	10	sak	Rp 80,000.00	Rp 800,000.00
b	Pasir beton	0.32571	m3	Rp 318,000.00	Rp 103,577.14
c	Kapur (maksimum 30 mm)	10	kg	Rp 4,486.00	Rp 44,860.00
d	Air	215	liter	Rp 500.00	Rp 107,500.00
e	Pekerja	1.65	OH	Rp 120,000.00	Rp 198,000.00
f	Tukang batu	0.275	OH	Rp 130,000.00	Rp 35,750.00
g	Kepala tukang	0.028	OH	Rp 140,000.00	Rp 3,920.00
h	Mandor	0.083	OH	Rp 150,000.00	Rp 12,450.00
Jumlah					Rp 1,306,057.14
Dibulatkan					Rp 1,306,050.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

12 1 m2 pekerjaan begesting dinding

a	Kayu kelas III	0.03	m3	Rp 1,650,000.00	Rp 49,500.00
b	paku 5 cm - 12 cm	0.4	kg	Rp 18,625.00	Rp 7,450.00
c	Minyak begesting	0.2	liter	Rp 7,000.00	Rp 1,400.00
d	Kayu kelas II balok	0.02	m3	Rp 6,710,245.00	Rp 134,204.90
e	plywood 9 mm	0.35	lembar	Rp 214,189.00	Rp 74,966.15
f	Dolken kayu galam	3	batang	Rp 24,200.00	Rp 72,600.00
g	formite/ penjaga jarak	4	buah	Rp 31,042.00	Rp 124,168.00
h	pipa pvc 3/4"	0.2	batang	Rp 53,547.00	Rp 10,709.40
i	Pekerja	0.66	OH	Rp 120,000.00	Rp 79,200.00
j	Tukang kayu	0.33	OH	Rp 130,000.00	Rp 42,900.00
k	Kepala tukang	0.033	OH	Rp 140,000.00	Rp 4,620.00
l	mandor	0.033	OH	Rp 150,000.00	Rp 4,950.00
Jumlah					Rp 606,668.45
Dibulatkan					Rp 606,660.00

13 10 kg pekerjaan pembesian dinding

a	Besi ulir dan polos	10.5	kg	Rp 23,540.00	Rp 247,170.00
b	Kawat beton	0.15	kg	Rp 16,000.00	Rp 2,400.00
c	Pekerja	0.08	OH	Rp 120,000.00	Rp 9,600.00
d	Tukang besi	0.08	OH	Rp 130,000.00	Rp 10,400.00
e	Kepala tukang	0.05	OH	Rp 140,000.00	Rp 7,000.00
f	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 284,070.00
Dibulatkan					Rp 284,070.00

14 1m 3 beton mutu 20 Mpa dinding

a	PC	10	sak	Rp 80,000.00	Rp 800,000.00
b	Pasir beton	0.32571	m3	Rp 318,000.00	Rp 103,577.14
c	Kapur (maksimum 30 mm)	10	kg	Rp 4,486.00	Rp 44,860.00
d	Air	215	liter	Rp 500.00	Rp 107,500.00
e	Pekerja	1.75	OH	Rp 120,000.00	Rp 210,000.00
f	Tukang batu	0.3	OH	Rp 130,000.00	Rp 39,000.00
g	Kepala tukang	0.03	OH	Rp 140,000.00	Rp 4,200.00
h	Mandor	0.083	OH	Rp 150,000.00	Rp 12,450.00
Jumlah					Rp 1,321,587.14
Dibulatkan					Rp 1,321,580.00

15 1 m3 pasangan batu kali

a	Batu belah 15cm / 20 cm	1.2	m3	Rp 238,697.00	Rp 286,436.40
b	PC	5.5	sak	Rp 80,000.00	Rp 440,000.00
c	Pasir beton	0.485	m3	Rp 318,000.00	Rp 154,230.00
d	Pekerja	1.5	OH	Rp 120,000.00	Rp 180,000.00
e	Tukang batu	0.75	OH	Rp 130,000.00	Rp 97,500.00
f	Kepala tukang	0.075	OH	Rp 140,000.00	Rp 10,500.00
g	Mandor	0.075	OH	Rp 150,000.00	Rp 11,250.00
Jumlah					Rp 1,179,916.40
Dibulatkan					Rp 1,179,910.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

16 1 m3 urugan tanah kembali

a	Pembantu Tukang	0.13333	OH	Rp 110,000.00	Rp 14,666.67
b	Tukang Gali	0.00667	OH	Rp 120,000.00	Rp 800.00
c	Mandor	0.01667	OH	Rp 150,000.00	Rp 2,500.00
Jumlah					Rp 17,966.67
Dibulatkan					Rp 17,960.00

17 1m3 pemadatan tanah (tiap 20 cm)

a	Pekerja	0.5	OH	Rp 120,000.00	Rp 60,000.00
c	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 67,500.00
Dibulatkan					Rp 67,500.00

18 1 m3 pengisian backfill

a	Pasir urug	1.2	m3	Rp 261,270.00	Rp 313,524.00
b	Pekerja	0.3	OH	Rp 120,000.00	Rp 36,000.00
c	Mandor	0.01	OH	Rp 150,000.00	Rp 1,500.00
Jumlah					Rp 351,024.00
Dibulatkan					Rp 351,020.00

19 1m3 pemadatan backfill (tiap 20 cm)

a	Pekerja	0.5	OH	Rp 120,000.00	Rp 60,000.00
c	Mandor	0.05	OH	Rp 150,000.00	Rp 7,500.00
Jumlah					Rp 67,500.00
Dibulatkan					Rp 67,500.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN RETAININGWALL

1 m3 MEMBUAT BETON STRUKTUR DENGAN MUTU K 225

a	Semen PC (7.76 sak	48000	372480
b	Pasir Betor	0.65 m3	180000	117000
c	Splitz (batu	0.65 m3	178000	115700
d	Pembantu	2 org	35000	70000
e	Tukang Bat	0.35 org	45000	15750
	Jumlah			690930
	Dibulatkan			690900

RENCANA ANGGARAN BIAYA

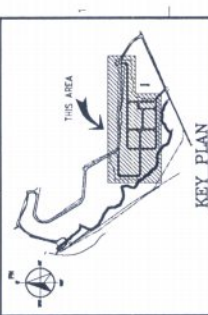
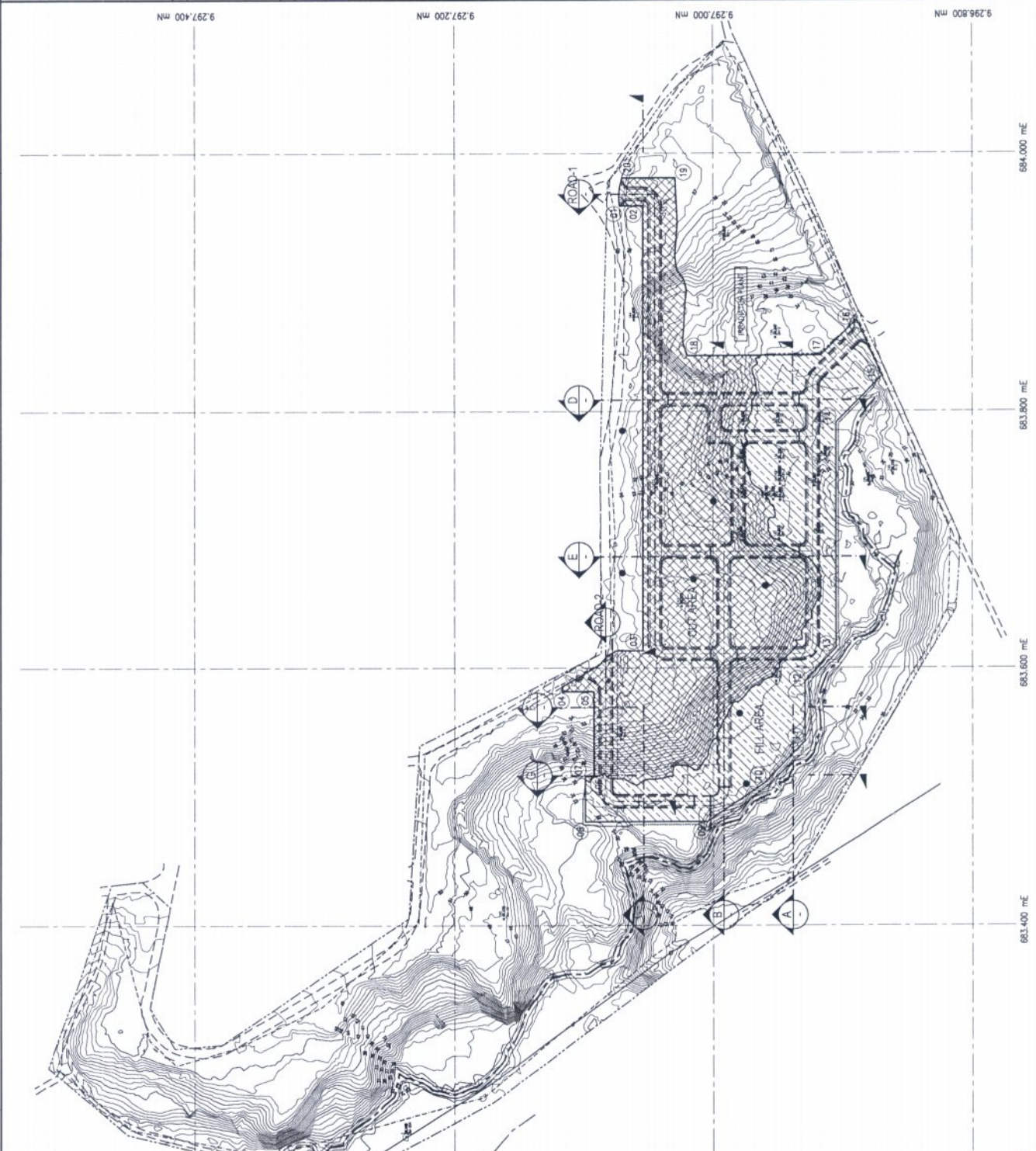
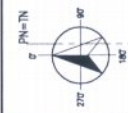
Harga Konstruksi Gravitywall 5 meter / m'

No	Pekerjaan	Harga satuan pekerjaan	Volume	Satuan	Harga
1	1 m2 membersihkan lokasi proyek	Rp 18,500	6	m2	Rp 111,000
2	1 m2 membersihkan puing puing	Rp 29,500	6	m2	Rp 177,000
3	1 m3 pekerjaan galian tebing	Rp 53,900	21	m3	Rp 1,131,900
4	1m 2 Pekerjan striping tebing	Rp 6,750	10.5	m2	Rp 70,875
5	1 m3 galian tanah dasar	Rp 53,900	7.2	m3	Rp 388,080
6	1 m2 pekerjaan pengukuran dan bowplank	Rp 150,410	4	m2	Rp 601,640
7	1m3 pekerjaan hamparan pasir	Rp 348,920	0.525	m3	Rp 183,183
8	1 m3 beton lantai kerja, 1 Pc : 3 Ps : 5 Splt	Rp 1,120,910	0.175	m3	Rp 196,159
9	1 m3 pasangan batu kali	Rp 1,179,910	10	m3	Rp 11,799,100
10	pasangan pvd drain	Rp 53,547	0.5	batang	Rp 26,774
11	1 m3 urugan pasir	Rp 348,920	15.5	m3	Rp 5,408,260
12	1m3 pemadatan tanah (tiap 20 cm)	Rp 67,500	15.5	m3	Rp 1,046,250
Total					Rp 21,140,221

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Harga Konstruksi Kombinasi Cantileverwall 5 meter / m'

No	Pekerjaan	Harga satuan pekerjaan	Volume	Satuan	Harga
1	1 m2 membersihkan lokasi proyek	Rp 18,500	6.75	m2	Rp 124,875
2	1 m2 membersihkan puing puing	Rp 29,500	6.75	m2	Rp 199,125
3	1 m3 pekerjaan galian tebing	Rp 53,900	21	m3	Rp 1,131,900
4	1m 2 Pekerjan striping tebing	Rp 6,750	10.5	m2	Rp 70,875
5	1 m3 galian tanah dasar	Rp 53,900	6.48	m3	Rp 349,272
6	1 m2 pekerjaan pengukuran dan bowplank	Rp 150,410	4.5	m2	Rp 676,845
7	1m3 pekerjaan hamparan pasir	Rp 348,920	0.4	m3	Rp 139,568
8	1 m3 beton lantai kerja, 1 Pc : 3 Ps : 5 Splt	Rp 1,120,910	0.2	m3	Rp 224,182
9	1 m2 pekerjaan begesting plat	Rp 1,583,380	1	m2	Rp 1,583,380
10	10 kg pekerjaan pembesian pondasi	Rp 269,550	23.058	kg	Rp 6,215,284
11	1m 3 beton mutu 20 Mpa pondasi	Rp 1,306,050	2	m3	Rp 2,612,100
12	1 m2 pekerjaan begesting dinding	Rp 606,660	11	m2	Rp 6,673,260
13	10 kg pekerjaan pembesian dinding	Rp 284,070	11.723	kg	Rp 3,330,153
14	1m 3 beton mutu 20 Mpa dinding	Rp 1,321,580	3.02	m3	Rp 3,991,172
15	1 m3 urugan pasir	Rp 348,920	21.3	m3	Rp 7,431,996
16	1m3 pemadatan tanah (tiap 20 cm)	Rp 67,500	21.3	m3	Rp 1,437,750
17	pemasangan pipa drain	Rp 53,547	0.5	batang	Rp 26,774
Total					Rp 36,218,510



NOTES

1. ALL DIMENSIONS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE NOTED

LEGENDS

	CUT WORK	AREA = 38.857 M ²
		VOLUME = 54.307 M ³
	FILL WORK	AREA = 11.628 M ²
		VOLUME = 33.852 M ³
	PROPERTY BOUNDARY LINE	
	EXISTING ROAD	
	CONTOUR LINE	
	ROAD LINE	

ALL INFORMATION PRESENTED IN THIS DRAWING
SUBJECT TO DETAIL DESIGN

REVISIONS

NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHKD.	APP'D.
01	FINAL DESIGN	16/11/21	SM	AFSD	SM
02	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
03	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
04	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
05	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
06	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
07	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
08	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
09	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
10	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
11	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
12	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
13	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
14	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
15	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
16	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
17	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
18	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
19	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM
20	REVISIONS	16/11/21	SM	AFSD	SM

PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLEAR
BADAN TENAGA NUKLEAR NASIONAL

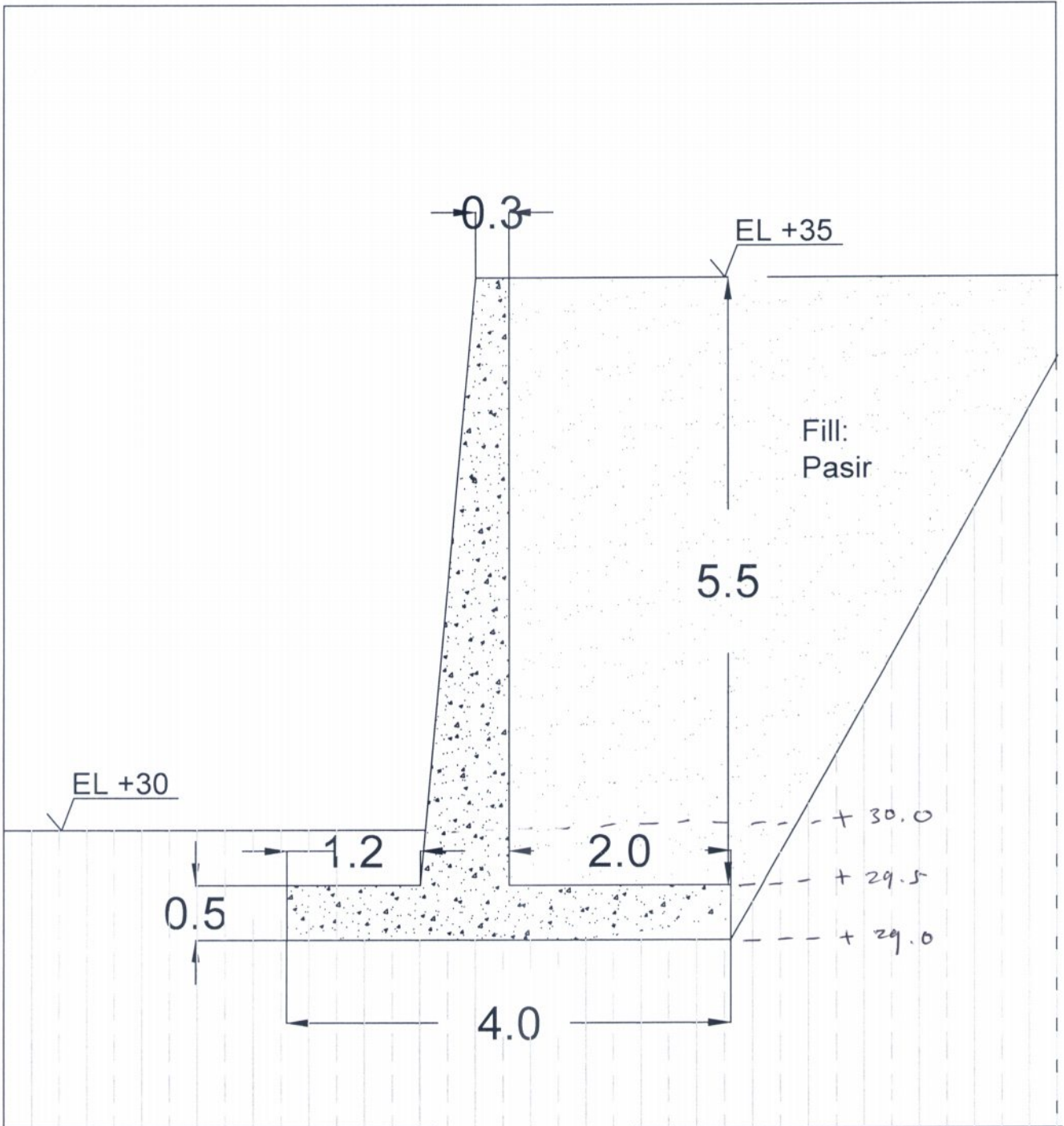


PREPARATION OF
PRELIMINARY ENGINEERING DESIGN DOCUMENT
FOR EXPERIMENTAL POWER REACTOR (RDE)

SDP PACKAGE
CUT AND FILL WORK
LAY OUT

RDE/DS-WBS01-105-001

1:500



Cantileverwall $\Delta H: 5m$
 skala 1:50

→ diuraikan saja "Dinding Penahan Tanah"

NOTE : Spesifikasi beton $f_c' 20 \text{ Mpa}$ Spesifikasi baja $f_y 500 \text{ Mpa}$	PROJECT : Dinding Penahan Tanah RDE BATAN Serpong DPT REAKTOR DAYA BATAN SERPONG	OWNER : batan	DRAWN BY: Nur Alfian S <small>AKJ-2017</small>	DESIGNER BY: Nur Alfian S <small>AKJ-2017</small>	CHECKED BY: Fikri Faris <small>AKJ-2017</small>	APPROVED BY: Agus Darmawan Adh <small>AKJ-2017</small>	
	TITLE: Rencana Cantileverwall $\Delta H: 5m$	PERENCANA : LEMBAGA KERJASAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA Gedung RPTU FT UGM Lantai-3 Jl. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta	SCALE 1:50	PAGE 1			

$f_y 500 \text{ MPa}$ atau $f_y 250 \text{ MPa}$?

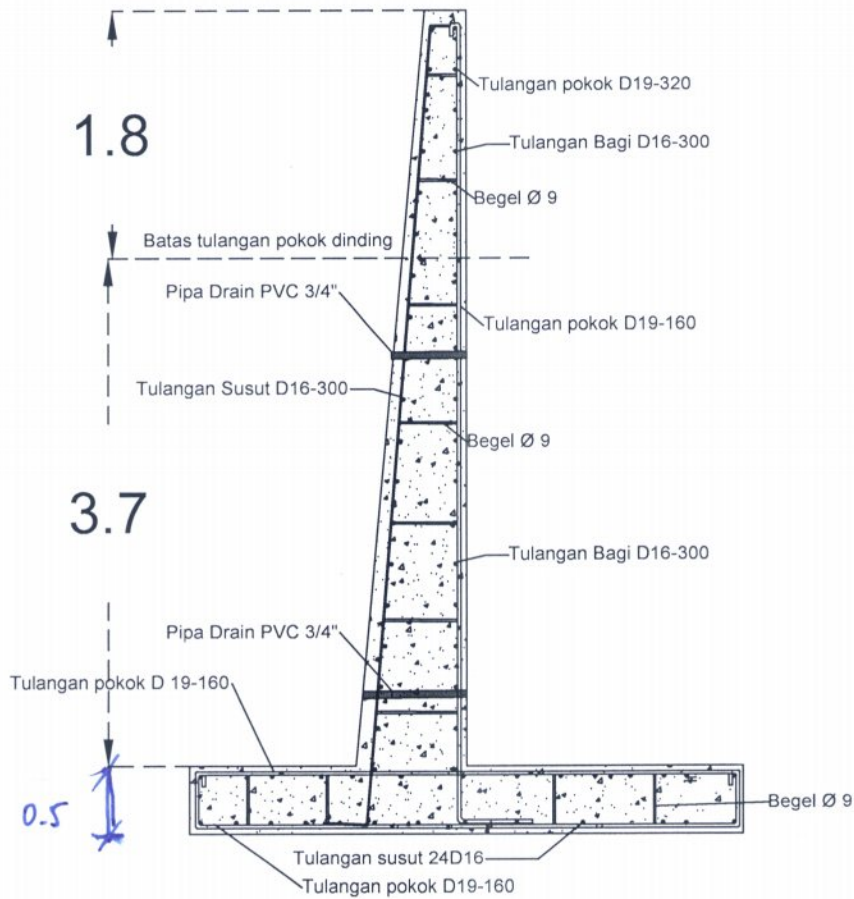
+6.00

1.8


+4.20

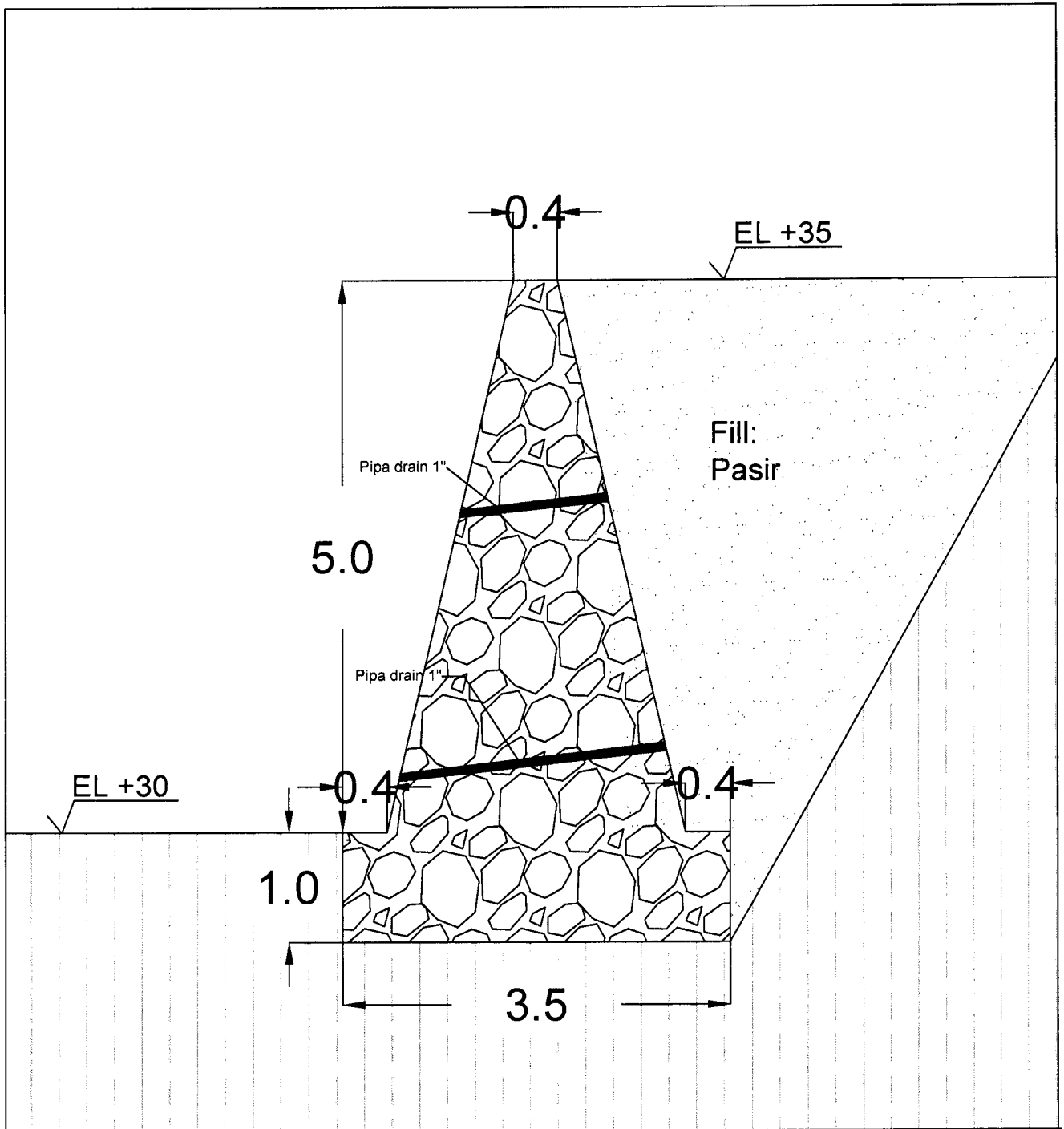
3.7

+0.00



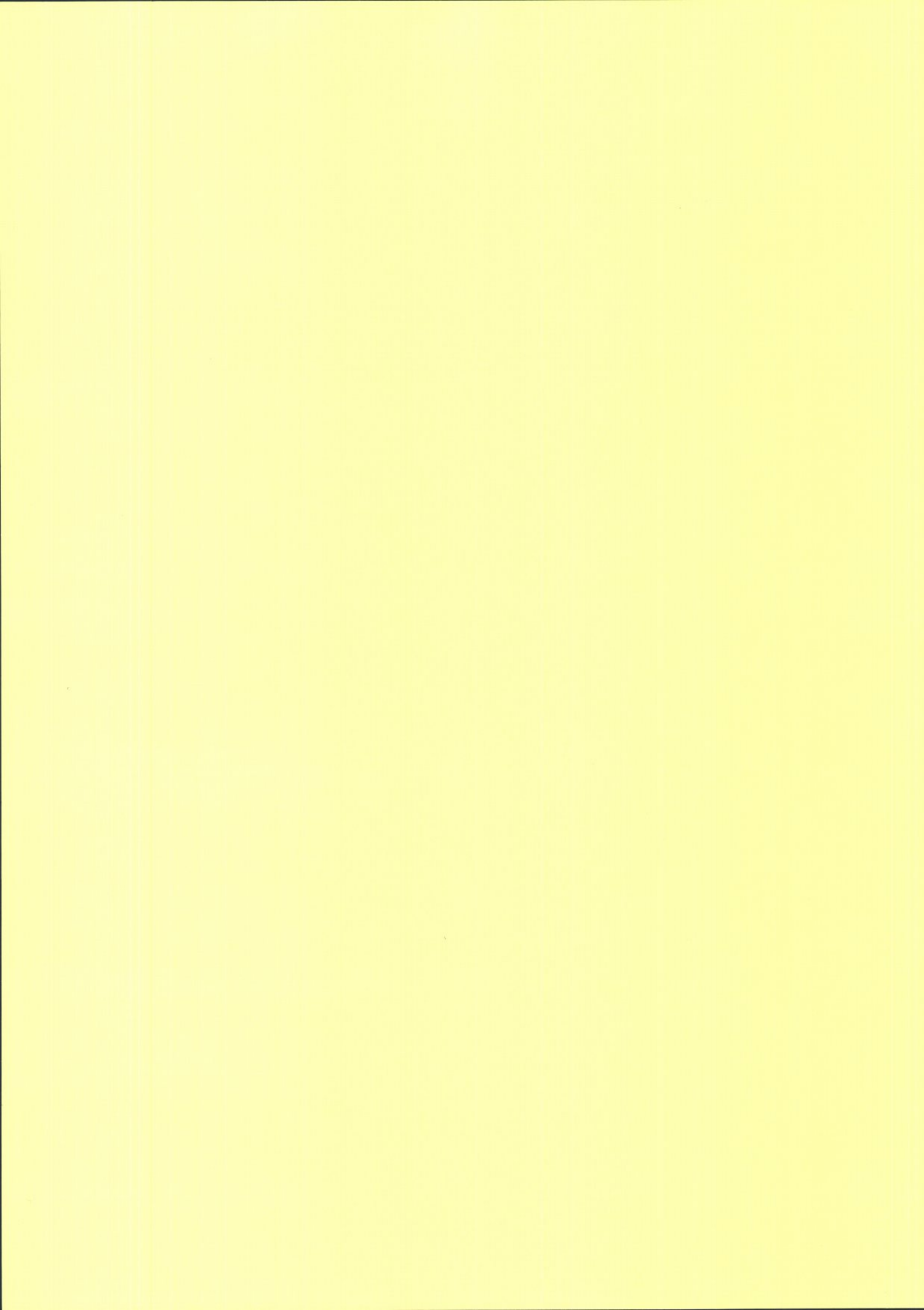
Detail Penulangan Cantileverwall
skala 1:50

NOTE : Spesifikasi beton $f_c' 20 \text{ Mpa}$ Spesifikasi baja $f_y 290 \text{ Mpa}$ Selimut beton 40 mm	PROJECT : DPT REAKTOR DAYA BATAN SERPONG	OWNER : batan	DRAWN BY: Nur Afian S <small>AKJ-2017</small>	DESIGNER BY: Nur Afian S <small>AKJ-2017</small>	CHECKED BY: Fikri Faris <small>AKJ-2017</small>	APPROVED BY: Agus Darmawan Ad <small>AKJ-2017</small>
	TITLE: Detail Penulangan Cantileverwall		 			
	PERENCANA :  LEMBAGA KERJASAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA Gedung KPTU FT UGM Lantai-3 Jl. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta		SCALE 1:50	PAGE 2		



Gravitywall $\Delta H: 5m$
 skala 1:50

NOTE : Spesifikasi beton fc' 20 Mpa	PROJECT : DPT REAKTOR DAYA BATAN SERPONG	OWNER : batan	DRAWN BY: Nur Afian S <small>202-0017</small>	DESIGNER BY: Nur Afian S <small>202-0017</small>	CHECKED BY: Fikri Faris <small>202-0017</small>	APPROVED BY: Agus Darmawan Ad <small>202-0017</small>
	TITLE: Rencana Gravitywall $\Delta H: 5m$					
			PERENCANA : LEMBAGA KERJASAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA Gedung KP-TU FT UGM Lantai-3 Jl. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta	SCALE 1:50	PAGE 3	

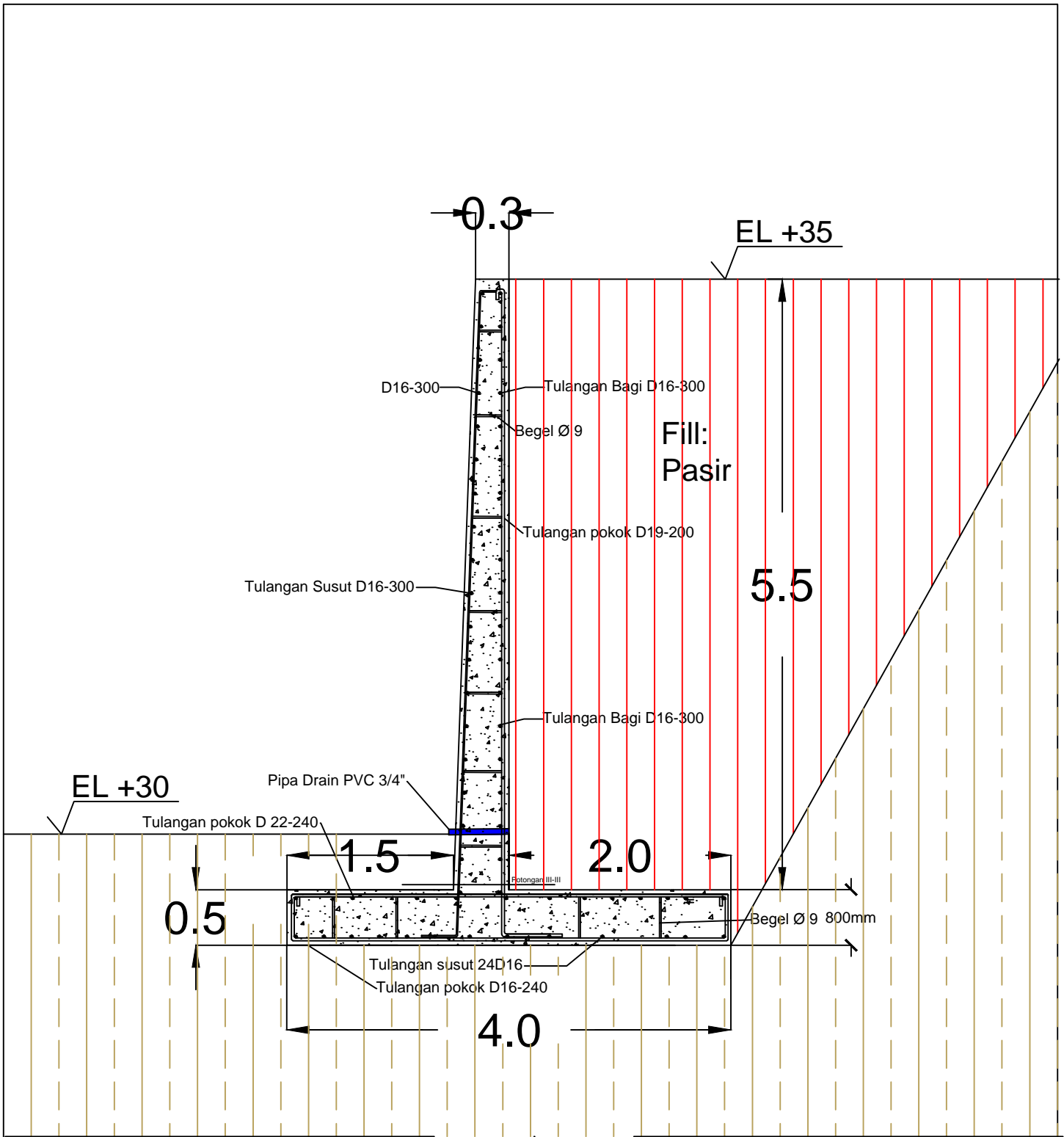


Desain Dinding Penahan Tanah dan Hasil Analisis Geo 5

Reaktor Daya Eksperimental Kawasan PUSPIPTEK Serpong

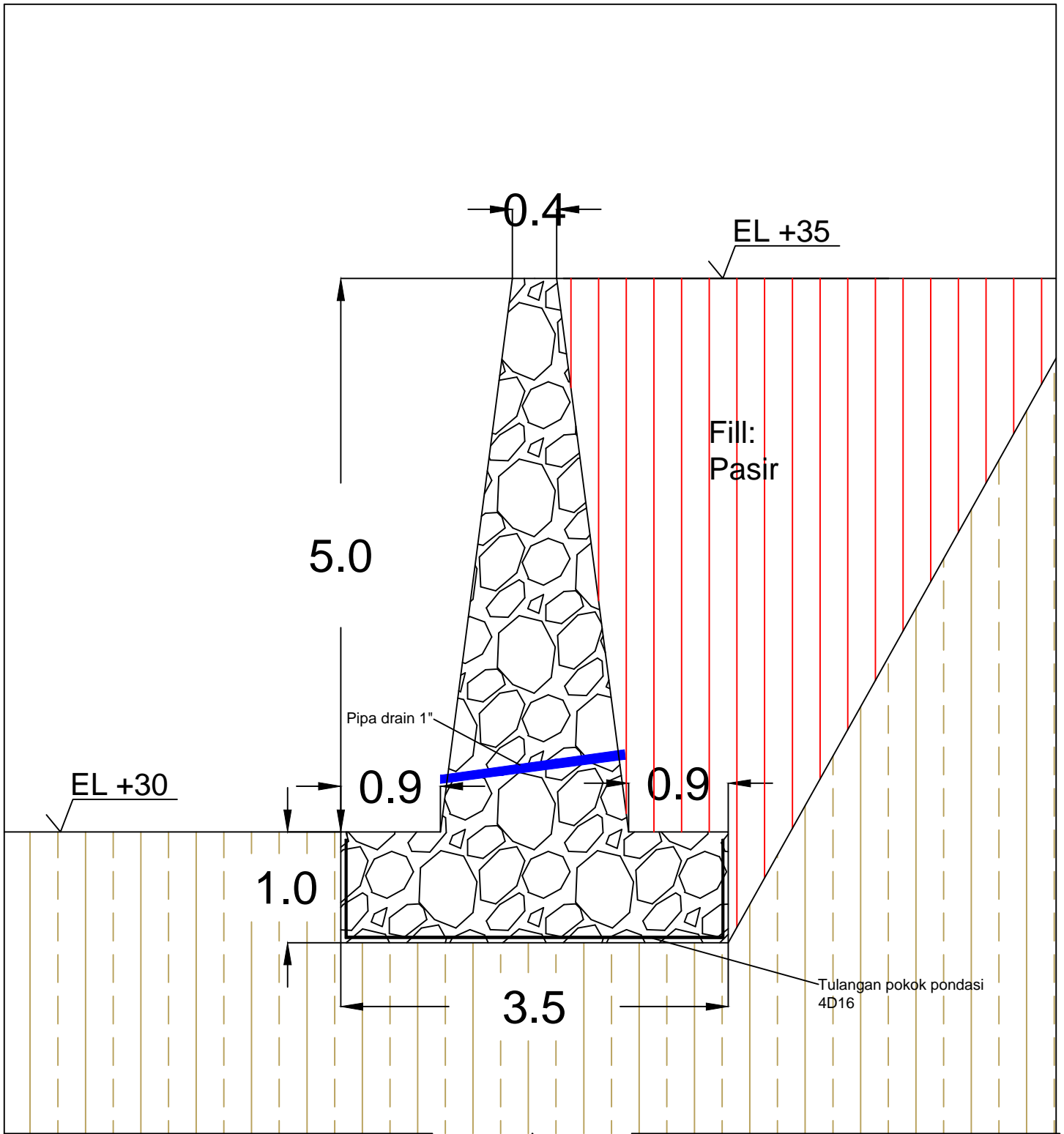


BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL



Cantileverwall $\Delta H:5m$
 skala 1:50

NOTE : Spesifikasi beton $f_c' 20 \text{ Mpa}$ Spesifikasi baja $f_y 500 \text{ Mpa}$	PROJECT : DPT REAKTOR DAYA BATAN SERPONG	OWNER : PERENCANA : LEMBAGA KERJASAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA Gedung KPTU FT UGM Lantai-3 Jl. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta	DRAWN BY: Nur Alfian S <small>JULY-2017</small>	DESIGNER BY: Nur Alfian S <small>JULY-2017</small>	CHECKED BY: Fikri Faris <small>JULY-2017</small>	APPROVED BY: Agus Darmawan Adi <small>JULY-2017</small>
	TITLE : Rencana Cantileverwall $\Delta H:5 \text{ m}$				SCALE NTS	PAGE 1



Gravitywall $\Delta H:5m$
 skala 1:50

NOTE : Spesifikasi beton $f_c' 20 \text{ Mpa}$ Spesifikasi baja $f_y 500 \text{ Mpa}$	PROJECT : DPT REAKTOR DAYA BATAN SERPONG	OWNER : PERENCANA : LEMBAGA KERJASAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA Gedung KPTU FT UGM Lantai-3 Jl. Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta	DRAWN BY: Nur Alfian S <small>JULY-2017</small>	DESIGNER BY: Nur Alfian S <small>JULY-2017</small>	CHECKED BY: Fikri Faris <small>JULY-2017</small>	APPROVED BY: Agus Darmawan Adi <small>JULY-2017</small>
	TITLE : Rencana Gravitywall $\Delta H:5 \text{ m}$					

GEO 5

HASIL ANALISIS CANTILEVERWALL 5 METER



Cantilever wall analysis

Input data

Project

Task : NPK Chemicals Plant
 Part : 1
 Description : 5 m retwall
 Customer : PT KAN
 Date : 6/2/2017

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
 Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Wall analysis

Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Caquot-Kerisel
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Base key : The base key is considered as inclined footing bottom
 Allowable eccentricity : 0.333
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	$SF_o =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_s =$	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	$SF_b =$	1.50	[-]

Material of structure

Unit weight $\gamma = 24.00$ kN/m³

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25

Cylinder compressive strength $f_{ck} = 20.00$ MPa
 Tensile strength $f_{ctm} = 2.20$ MPa

Longitudinal steel : B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00$ MPa

Geometry of structure

No.	Coordinate X [m]	Depth Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	5.50
3	2.00	5.50
4	2.00	6.00
5	2.00	6.30
6	1.50	6.30



For non-commercial purposes only



No.	Coordinate X [m]	Depth Z [m]
7	1.50	6.00
8	-2.00	6.00
9	-2.00	5.50
10	-0.50	5.50
11	-0.30	0.00

The origin [0,0] is located at the most upper right point of the wall.
Wall section area = 4.36 m².

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	clay lokasi		5.00	30.00	16.00	10.00	4.50
2	lempung lanau		10.00	25.00	17.00	8.00	4.50
3	tanah fill		10.00	30.00	17.00	13.00	4.50

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	clay lokasi		cohesive	-	0.30	-	-
2	lempung lanau		cohesive	-	0.30	-	-
3	tanah fill		cohesive	-	0.25	-	-

Soil parameters

clay lokasi

Unit weight : $\gamma = 16.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 5.00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30.00$ kPa
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 4.50$ °
 Soil : cohesive
 Poisson's ratio : $\nu = 0.30$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00$ kN/m³

lempung lanau

Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 10.00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 25.00$ kPa



For non-commercial purposes only



Angle of friction struc.-soil : $\delta = 4.50^\circ$
 Soil : cohesive
 Poisson's ratio : $\nu = 0.30$
 Saturated unit weight : $\gamma_{\text{sat}} = 18.00 \text{ kN/m}^3$



tanah fill

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{\text{ef}} = 10.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{\text{ef}} = 30.00 \text{ kPa}$
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 4.50^\circ$
 Soil : cohesive
 Poisson's ratio : $\nu = 0.25$
 Saturated unit weight : $\gamma_{\text{sat}} = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Soil on front face of the structure - tanah fill

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	8.00	clay lokasi	
2	-	lempung lanau	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 5.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 5.00 m
 Subgrade at the heel is permeable.
 Hydraulic gradient = 0.00

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m ²]	Mag.2 [kN/m ²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	9.60		3.00	9.00	on terrain

No.	Name
1	Beban jalan

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - clay lokasi
 Soil thickness in front of structure $h = 1.00 \text{ m}$

! For non-commercial purposes only **!**

Terrain in front of structure is flat.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

The wall is free to move. Active earth pressure is therefore assumed.

No. 1 (Stage of construction 1)

Pressure at rest on front face of the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	0.50	2.12	5.00	30.00	10.00	0.429	
2	0.00	89.95(80.00)	5.00	30.00	10.00	0.429	MODIFIED
3	0.50	0.00	5.00	30.00	10.00	0.429	

Pressure at rest distribution on front face of the structure

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	5.00	0.00	2.15	2.14	0.19
2	0.50	5.00	0.00	4.94	0.37	4.92
	0.50	5.01	0.00	4.95	0.37	4.94
3	0.50	5.01	0.00	2.15	2.15	0.00
	1.00	10.00	0.00	4.29	4.29	0.00

Active pressure behind the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	δ_d [°]	K_a	Comment
1	3.12	0.00	10.00	30.00	17.00	4.50	0.666	
2	1.88	40.00	10.00	30.00	17.00	10.00	1.095	
3	0.50	40.00	10.00	30.00	13.00	10.00	1.095	
4	0.50	0.00	10.00	30.00	13.00	4.50	0.666	
5	0.30	0.00	10.00	30.00	13.00	4.50	0.666	

Active pressure distribution behind the structure (without surcharge)

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.12	52.98	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.12	52.98	0.00	26.36	16.95	20.19
	5.00	85.00	0.00	61.44	39.49	47.06
3	5.00	85.00	0.00	61.44	39.49	47.06
	5.50	91.50	0.00	68.55	44.07	52.51
4	5.50	91.50	0.00	13.66	13.62	1.07
	6.00	98.00	0.00	17.99	17.93	1.41



For non-commercial purposes only



Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
5	6.00	98.00	0.00	17.99	17.93	1.41
	6.30	101.90	0.00	20.58	20.52	1.61

Water pressure distribution

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	3.12	0.00	0.00
3	5.00	0.00	0.00
4	5.50	0.00	0.00
5	6.00	0.00	0.00
6	6.30	0.00	0.00

Pressure profile due to surcharge - Beban jalan

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.53	0.00	0.00
4	0.53	6.18	0.49
5	3.12	5.71	0.45
6	3.12	3.07	3.66
7	5.00	2.96	3.53
8	5.00	2.95	3.51
9	5.50	2.92	3.48
10	5.50	5.46	0.43
11	6.00	5.37	0.42
12	6.30	5.31	0.42

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.04	80.70	1.92	1.000
FF resistance	-2.14	-0.33	0.05	1.41	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.35	36.94	2.65	1.000
Active pressure	87.70	-1.29	89.31	3.16	1.000
Water pressure	0.00	-6.00	0.00	2.00	1.000
Beban jalan	11.45	-1.10	10.06	2.91	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 564.69$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 125.00$ kNm/m



For non-commercial purposes only



Safety factor = 4.52 > 1.50

Wall for overturning is **SATISFACTORY**

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 137.50$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 80.52$ kN/m

Safety factor = 1.71 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation soil (Stage of construction 1)

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	9.38	223.71	80.02	0.010	56.91

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	9.38	223.71	80.02

No. 1 (Stage of construction 1)

Pressure at rest on front face of the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	0.50	2.12	5.00	30.00	10.00	0.429	

Pressure at rest distribution on front face of the structure

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	4.99	0.00	2.14	2.14	0.18

Pressure at rest behind the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	5.00	0.00	10.00	30.00	17.00	0.333	
2	0.50	0.00	10.00	30.00	13.00	0.333	

Pressure at rest distribution behind the structure (without surcharge)

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	85.00	0.00	28.33	28.33	0.00



For non-commercial purposes only



Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
2	5.00	85.00	0.00	28.33	28.33	0.00
	5.50	91.48	0.00	30.49	30.49	0.00

Water pressure distribution

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	5.00	0.00	0.00
3	5.50	0.00	0.00

Pressure profile due to surcharge - Beban jalan

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.20	0.60	0.00
3	0.39	1.18	0.00
4	0.59	1.74	0.00
5	0.79	2.26	0.00
6	0.98	2.74	0.00
7	1.18	3.17	0.00
8	1.37	3.20	0.00
9	1.57	3.20	0.00
10	1.77	3.20	0.00
11	1.96	3.20	0.00
12	2.16	3.20	0.00
13	2.36	3.20	0.00
14	2.55	3.20	0.00
15	2.75	3.20	0.00
16	2.95	3.20	0.00
17	3.14	3.20	0.00
18	3.34	3.20	0.00
19	3.53	3.20	0.00
20	3.73	3.20	0.00
21	3.93	3.20	0.00
22	4.12	3.20	0.00
23	4.32	3.20	0.00
24	4.52	3.20	0.00
25	4.71	3.20	0.00
26	4.91	3.20	0.00
27	5.00	3.20	0.00
28	5.11	3.20	0.00
29	5.30	3.20	0.00
30	5.50	3.20	0.00



For non-commercial purposes only



Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.63	50.56	0.30	1.000
FF resistance	-0.53	-0.17	0.05	0.01	1.000
Pressure at rest	85.50	-1.84	0.00	0.50	1.000
Water pressure	0.00	-5.50	0.00	0.50	1.000
Beban jalan	15.81	-2.48	0.00	0.50	1.000

Wall stem check

Reinforcement and dimensions of the cross-section

8 prof. 19.0 mm, cover 30.0 mm

Cross-section width = 1.00 m

Cross-section depth = 0.50 m

Reinforcement ratio $\rho = 0.49\% > 0.13\% = \rho_{min}$

Position of neutral axis $x = 0.09\text{ m} < 0.29\text{ m} = x_{max}$

Ultimate shear force $V_{Rd} = 197.26\text{ kN} > 100.78\text{ kN} = V_{Ed}$

Ultimate moment $M_{Rd} = 421.28\text{ kNm} > 193.70\text{ kNm} = M_{Ed}$

Cross-section is SATISFACTORY.

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

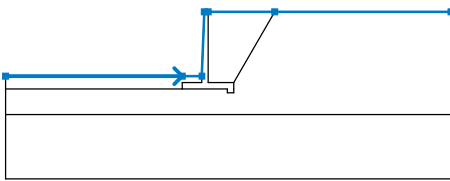
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors	
Permanent design situation	
Safety factor :	$SF_s = 1.50 [-]$

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.75	-5.00	-2.00	-5.00	-0.48	-5.00
		-0.30	0.00	0.00	0.00	5.18	0.00
		18.90	0.00				



For non-commercial purposes only



No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
2		0.00	0.00	0.00	-5.50	2.00	-5.50
3		-2.00	-6.00	1.50	-6.00	1.50	-6.30
		2.00	-6.30	2.00	-6.00	2.00	-5.50
		5.18	0.00				
4		-15.75	-6.00	-2.00	-6.00	-2.00	-5.50
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00		
5		-15.75	-8.00	18.90	-8.00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	clay lokasi		5.00	30.00	16.00
2	lempung lanau		10.00	25.00	17.00
3	tanah fill		10.00	30.00	17.00



Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	clay lokasi		20.00		



For non-commercial purposes only



No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	lempung lanau		18.00		
3	tanah fill		23.00		

Soil parameters

clay lokasi

Unit weight : $\gamma = 16.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 5.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00$ kN/m³

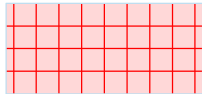
lempung lanau

Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 10.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 25.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.00$ kN/m³

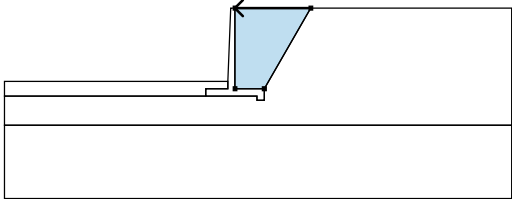

tanah fill

Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 10.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 23.00$ kN/m³

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		24.00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		5.18	0.00	0.00	0.00	tanah fill
		0.00	-5.50	2.00	-5.50	
						



For non-commercial purposes only



No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
2		-2.00	-6.00	-2.00	-5.50	clay lokasi
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00	
		-2.00	-5.00	-15.75	-5.00	
		-15.75	-6.00			
3		-0.50	-5.50	-2.00	-5.50	Wall material
		-2.00	-6.00	1.50	-6.00	
		1.50	-6.30	2.00	-6.30	
		2.00	-6.00	2.00	-5.50	
		0.00	-5.50	0.00	0.00	
		-0.30	0.00	-0.48	-5.00	
4		18.90	-8.00	18.90	0.00	clay lokasi
		5.18	0.00	2.00	-5.50	
		2.00	-6.00	2.00	-6.30	
		1.50	-6.30	1.50	-6.00	
		-2.00	-6.00	-15.75	-6.00	
		-15.75	-8.00			
5		-15.75	-8.00	-15.75	-13.00	lempung lanau
		18.90	-13.00	18.90	-8.00	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ unit
1	strip	permanent	on terrain	x = 3.00	l = 9.00		0.00	9.60	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	Beban jalan

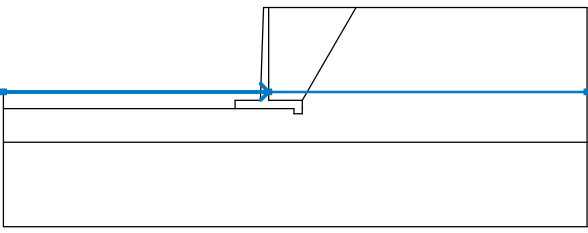
Water

Water type : GWT



For non-commercial purposes only



No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.75	-5.00	0.00	-5.00	18.90	-5.00

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	-0.67 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-36.76 [°]
	z =	1.93 [m]		$\alpha_2 =$	77.11 [°]
Radius :	R =	8.65 [m]			
The slip surface after optimization.					



Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.06 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	8.00	clay lokasi	
2	-	lempung lanau	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 5.00 m

! For non-commercial purposes only !

GWT in front of the structure lies at a depth of 5.00 m
Subgrade at the heel is permeable.
Hydraulic gradient = 0.00

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m ²]	Mag.2 [kN/m ²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	No	No	permanent	9.60		3.00	9.00	on terrain
2	Yes		variable	9.30		3.00	9.00	on terrain

No.	Name
1	Beban jalan
2	Beban kendaraan 2 truck

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
Soil on front face of the structure - clay lokasi
Soil thickness in front of structure $h = 1.00$ m
Terrain in front of structure is flat.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent
The wall is free to move. Active earth pressure is therefore assumed.

No. 1 (Stage of construction 2)

Pressure at rest on front face of the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	0.50	2.12	5.00	30.00	10.00	0.429	
2	0.00	89.95(80.00)	5.00	30.00	10.00	0.429	MODIFIED
3	0.50	0.00	5.00	30.00	10.00	0.429	

Pressure at rest distribution on front face of the structure

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	5.00	0.00	2.15	2.14	0.19
2	0.50	5.00	0.00	4.94	0.37	4.92
	0.50	5.01	0.00	4.95	0.37	4.94
3	0.50	5.01	0.00	2.15	2.15	0.00
	1.00	10.00	0.00	4.29	4.29	0.00

Active pressure behind the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	δ_d [°]	K_a	Comment
1	3.12	0.00	10.00	30.00	17.00	4.50	0.666	
2	1.88	40.00	10.00	30.00	17.00	10.00	1.095	



For non-commercial purposes only



Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	δ_d [°]	K_a	Comment
3	0.50	40.00	10.00	30.00	13.00	10.00	1.095	
4	0.50	0.00	10.00	30.00	13.00	4.50	0.666	
5	0.30	0.00	10.00	30.00	13.00	4.50	0.666	

Active pressure distribution behind the structure (without surcharge)

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.12	52.98	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.12	52.98	0.00	26.36	16.95	20.19
	5.00	85.00	0.00	61.44	39.49	47.06
3	5.00	85.00	0.00	61.44	39.49	47.06
	5.50	91.50	0.00	68.55	44.07	52.51
4	5.50	91.50	0.00	13.66	13.62	1.07
	6.00	98.00	0.00	17.99	17.93	1.41
5	6.00	98.00	0.00	17.99	17.93	1.41
	6.30	101.90	0.00	20.58	20.52	1.61

Water pressure distribution

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	3.12	0.00	0.00
3	5.00	0.00	0.00
4	5.50	0.00	0.00
5	6.00	0.00	0.00
6	6.30	0.00	0.00

Pressure profile due to surcharge - Beban jalan

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.53	0.00	0.00
4	0.53	6.18	0.49
5	3.12	5.71	0.45
6	3.12	3.07	3.66
7	5.00	2.96	3.53
8	5.00	2.95	3.51
9	5.50	2.92	3.48
10	5.50	5.46	0.43
11	6.00	5.37	0.42
12	6.30	5.31	0.42



For non-commercial purposes only



Pressure profile due to surcharge - Beban kendaraan 2 truck

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.53	0.00	0.00
4	0.53	5.98	0.47
5	3.12	5.53	0.44
6	3.12	2.97	3.54
7	5.00	2.87	3.42
8	5.00	2.85	3.40
9	5.50	2.83	3.37
10	5.50	5.29	0.42
11	6.00	5.20	0.41
12	6.30	5.15	0.41

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.04	80.70	1.92	1.000
FF resistance	-2.14	-0.33	0.05	1.41	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.35	36.94	2.65	1.000
Active pressure	87.70	-1.29	89.31	3.16	1.000
Water pressure	0.00	-6.00	0.00	2.00	1.000
Beban jalan	11.45	-1.10	10.06	2.91	1.000
Beban kendaraan 2 truck	11.09	-1.10	9.75	2.91	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 593.06$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 137.20$ kNm/m

Safety factor = 4.32 > 1.50

Wall for overturning is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 137.25$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 90.85$ kN/m

Safety factor = 1.51 > 1.50

Wall for slip is SATISFACTORY

Overall check - WALL is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation soil (Stage of construction 2)

Design load acting at the center of footing bottom



For non-commercial purposes only



No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	14.40	234.25	90.30	0.015	60.19

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	14.40	234.25	90.30

Spread footing verification

Input data

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Settlement

Analysis method : Analysis using oedometric modulus

Restriction of influence zone : by percentage of Sigma, Or

Coeff. of restriction of influence zone : 10.0 [%]

Spread Footing

Analysis for drained conditions : Standard approach




Analysis of uplift : Standard

Allowable eccentricity : 0.333


Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for vertical bearing capacity :	$SF_v =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_h =$	1.50	[-]

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	clay lokasi		5.00	30.00	16.00	10.00	4.50
2	lempung lanau		10.00	25.00	17.00	8.00	4.50
3	tanah fill		10.00	30.00	17.00	13.00	4.50



Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	clay lokasi		cohesive	-	0.30	-	-



For non-commercial purposes only



No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
2	lempung lanau		cohesive	-	0.30	-	-
3	tanah fill		cohesive	-	0.25	-	-

Soil parameters

clay lokasi

Unit weight :	γ	=	16.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	ϕ_{ef}	=	5.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	30.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	67.50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20.00 kN/m ³

lempung lanau

Unit weight :	γ	=	17.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	ϕ_{ef}	=	10.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	25.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	13.50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	18.00 kN/m ³

tanah fill

Unit weight :	γ	=	17.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	ϕ_{ef}	=	10.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	30.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	5.00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	23.00 kN/m ³

Foundation

Foundation type: strip footing

Depth from original ground surface	h_z	=	6.30 m
Depth of footing bottom	d	=	1.00 m
Foundation thickness	t	=	0.50 m
Incl. of finished grade	s_1	=	0.00 °
Incl. of footing bottom	s_2	=	4.29 °

Unit weight of soil above foundation = 16.00 kN/m³

Geometry of structure

Foundation type: strip footing

Overall strip footing length	=	10.00 m
Strip footing width (x)	=	4.00 m
Column width in the direction of x	=	0.10 m
Volume of strip footing	=	2.00 m ³ /m

Inserted loading is considered per unit length of continuous footing span.



For non-commercial purposes only



Material of structure

Unit weight $\gamma = 24.00 \text{ kN/m}^3$

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25

Cylinder compressive strength $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$

Tensile strength $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$

Elasticity modulus $E_{cm} = 30000.00 \text{ MPa}$



Longitudinal steel : B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Transverse steel: B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	8.00	clay lokasi	
2	-	lempung lanau	

Load

No.	Load		Name	Type	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	new	change					
1	Yes		LC 1	Design	194.52	-30.75	-90.30
2	Yes		LC 2	Service	194.52	-30.75	-90.30

Ground water table

The ground water table is at a depth of 5.00 m from the original terrain.

Global settings

Type of analysis : analysis for drained conditions

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1

Load case verification

Name	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Utilization [%]	Is satisfied
LC 1	-0.06	0.00	60.36	94.25	96.07	Yes

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Computed self weight of strip foundation $G = 28.03 \text{ kN/m}$

Computed weight of overburden $Z = 11.71 \text{ kN/m}$



For non-commercial purposes only



Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle
Most severe load case No. 1. (LC 1)

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface $z_{sp} = 3.39$ m

Length of slip surface $l_{sp} = 7.70$ m

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 94.25$ kPa

Extreme contact stress $\sigma = 60.36$ kPa

Factor of safety = 1.56 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.015 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.015 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Earth resistance: not considered

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 136.92$ kN

Extreme horizontal force $H = 90.30$ kN

Factor of safety = 1.52 > 1.50

Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY

No. 1

Settlement and rotation of foundation - input data

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Analysis carried out with accounting for coefficient κ_1 (influence of foundation depth).

Stress at the footing bottom considered from the finished grade.

Computed self weight of strip foundation $G = 28.03$ kN/m

Computed weight of overburden $Z = 11.71$ kN/m

Settlement of mid point of longitudinal edge = 2.7 mm

Settlement of mid point of transverse edge 1 = 5.3 mm

Settlement of mid point of transverse edge 2 = 4.8 mm

(1-max.compressed edge; 2-min.compressed edge)

Settlement and rotation of foundation - results

Foundation stiffness:



For non-commercial purposes only



Computed weighted average modulus of deformation $E_{def} = 28.06$ MPa
 Foundation in the longitudinal direction is rigid ($k=2.08$)
 Foundation in the direction of width is rigid ($k=133.62$)

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.015 < 0.333$
 Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$
 Max. overall eccentricity $e_t = 0.015 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 4.4 mm
 Depth of influence zone = 4.39 m
 Rotation in direction of width = 0.121 (\tan^*1000); ($6.9E-03$ °)

No. 1

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Verification of longitudinal reinforcement of foundation in the direction of x

4 prof. 19.0 mm, cover 40.0 mm
 Cross-section width = 1.00 m
 Cross-section depth = 0.50 m
 Reinforcement ratio $\rho = 0.25\% > 0.13\% = \rho_{min}$
 Position of neutral axis $x = 0.05\text{ m} < 0.28\text{ m} = x_{max}$
 Ultimate moment $M_{Rd} = 213.02\text{ kNm} > 104.22\text{ kNm} = M_{Ed}$

Cross-section is SATISFACTORY.

Spread footing for punching shear failure check

Column normal force = 194.52 kN

Maximum resistance at the column perimeter

Force transmitted into found. soil = 4.86 kN
 Force transmitted by shear strength of SRC = 189.66 kN
 Considered column perimeter $u_0 = 2.00$ m
 Shear resistance at the column perimeter $v_{Ed,max} =$ MPa
 Resistance at the column perimeter $v_{Rd,max} = 2.94$ MPa

$v_{Ed,max} > v_{Rd,max} \Rightarrow$ It is necessary to increase the thickness of the footing

Spread footing for punching shear is NOT SATISFACTORY

No. 1 (Stage of construction 2)

Pressure at rest on front face of the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	0.50	2.12	5.00	30.00	10.00	0.429	



For non-commercial purposes only



Pressure at rest distribution on front face of the structure

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	4.99	0.00	2.14	2.14	0.18

Pressure at rest behind the structure - partial results

Layer No.	Thickness [m]	α [°]	φ_d [°]	c_d [kPa]	γ [kN/m ³]	K_r	Comment
1	5.00	0.00	10.00	30.00	17.00	0.333	
2	0.50	0.00	10.00	30.00	13.00	0.333	

Pressure at rest distribution behind the structure (without surcharge)

Layer No.	Start [m] End [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Pressure [kPa]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	85.00	0.00	28.33	28.33	0.00
2	5.00	85.00	0.00	28.33	28.33	0.00
	5.50	91.48	0.00	30.49	30.49	0.00

Water pressure distribution

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	5.00	0.00	0.00
3	5.50	0.00	0.00

Pressure profile due to surcharge - Beban jalan

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.20	0.60	0.00
3	0.39	1.18	0.00
4	0.59	1.74	0.00
5	0.79	2.26	0.00
6	0.98	2.74	0.00
7	1.18	3.17	0.00
8	1.37	3.20	0.00
9	1.57	3.20	0.00
10	1.77	3.20	0.00
11	1.96	3.20	0.00
12	2.16	3.20	0.00
13	2.36	3.20	0.00
14	2.55	3.20	0.00
15	2.75	3.20	0.00
16	2.95	3.20	0.00

! For non-commercial purposes only !

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
17	3.14	3.20	0.00
18	3.34	3.20	0.00
19	3.53	3.20	0.00
20	3.73	3.20	0.00
21	3.93	3.20	0.00
22	4.12	3.20	0.00
23	4.32	3.20	0.00
24	4.52	3.20	0.00
25	4.71	3.20	0.00
26	4.91	3.20	0.00
27	5.00	3.20	0.00
28	5.11	3.20	0.00
29	5.30	3.20	0.00
30	5.50	3.20	0.00

Pressure profile due to surcharge - Beban kendaraan 2 truck

Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.20	0.58	0.00
3	0.39	1.15	0.00
4	0.59	1.69	0.00
5	0.79	2.19	0.00
6	0.98	2.66	0.00
7	1.18	3.08	0.00
8	1.37	3.10	0.00
9	1.57	3.10	0.00
10	1.77	3.10	0.00
11	1.96	3.10	0.00
12	2.16	3.10	0.00
13	2.36	3.10	0.00
14	2.55	3.10	0.00
15	2.75	3.10	0.00
16	2.95	3.10	0.00
17	3.14	3.10	0.00
18	3.34	3.10	0.00
19	3.53	3.10	0.00
20	3.73	3.10	0.00
21	3.93	3.10	0.00
22	4.12	3.10	0.00
23	4.32	3.10	0.00
24	4.52	3.10	0.00
25	4.71	3.10	0.00



For non-commercial purposes only



Point No.	Depth [m]	Hor. comp. [kPa]	Vert. comp. [kPa]
26	4.91	3.10	0.00
27	5.00	3.10	0.00
28	5.11	3.10	0.00
29	5.30	3.10	0.00
30	5.50	3.10	0.00

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.63	50.56	0.30	1.000
FF resistance	-0.53	-0.17	0.05	0.01	1.000
Pressure at rest	85.50	-1.84	0.00	0.50	1.000
Water pressure	0.00	-5.50	0.00	0.50	1.000
Beban jalan	15.81	-2.48	0.00	0.50	1.000
Beban kendaraan 2 truck	15.32	-2.48	0.00	0.50	1.000

Wall stem check

Reinforcement and dimensions of the cross-section

8 prof. 19.0 mm, cover 30.0 mm

Cross-section width = 1.00 m

Cross-section depth = 0.50 m

Reinforcement ratio $\rho = 0.49\% > 0.13\% = \rho_{min}$

Position of neutral axis $x = 0.09\text{ m} < 0.29\text{ m} = x_{max}$

Ultimate shear force $V_{Rd} = 197.26\text{ kN} > 116.10\text{ kN} = V_{Ed}$

Ultimate moment $M_{Rd} = 421.28\text{ kNm} > 231.72\text{ kNm} = M_{Ed}$

Cross-section is SATISFACTORY.

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors	
Permanent design situation	
Safety factor :	SF _s = 1.50 [-]



For non-commercial purposes only



Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.75	-5.00	-2.00	-5.00	-0.48	-5.00
		-0.30	0.00	0.00	0.00	5.18	0.00
		18.90	0.00				
2		0.00	0.00	0.00	-5.50	2.00	-5.50
3		-2.00	-6.00	1.50	-6.00	1.50	-6.30
		2.00	-6.30	2.00	-6.00	2.00	-5.50
		5.18	0.00				
4		-15.75	-6.00	-2.00	-6.00	-2.00	-5.50
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00		
5		-15.75	-8.00	18.90	-8.00		

Soil parameters - effective stress state

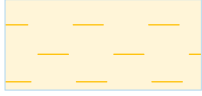


No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	clay lokasi		5.00	30.00	16.00
2	lempung lanau		10.00	25.00	17.00
3	tanah fill		10.00	30.00	17.00



For non-commercial purposes only



Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	clay lokasi		20.00		
2	lempung lanau		18.00		
3	tanah fill		23.00		

Soil parameters

clay lokasi

Unit weight : $\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 5.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30.00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

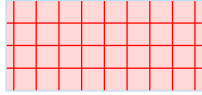
lempung lanau

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 10.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 25.00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

tanah fill

Unit weight : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 10.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 30.00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Rigid bodies

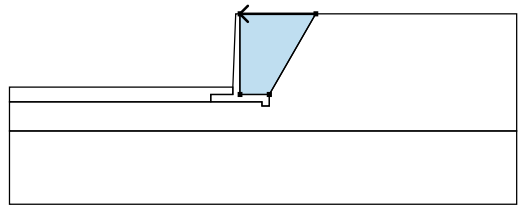

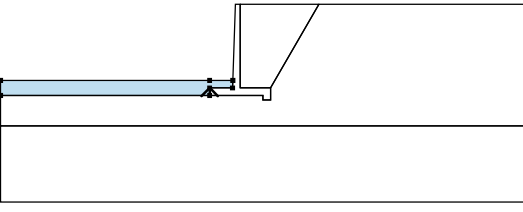
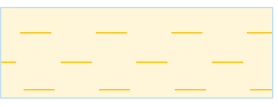
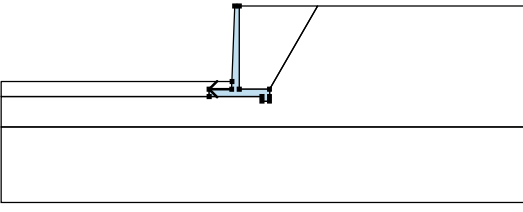
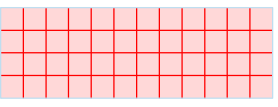
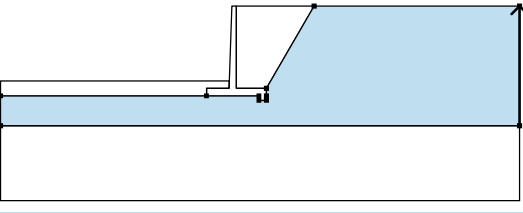
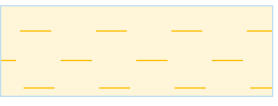
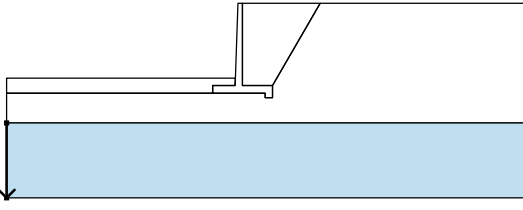

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		24.00



For non-commercial purposes only



Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		5.18	0.00	0.00	0.00	tanah fill 
		0.00	-5.50	2.00	-5.50	
2		-2.00	-6.00	-2.00	-5.50	clay lokasi 
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00	
		-2.00	-5.00	-15.75	-5.00	
		-15.75	-6.00			
3		-0.50	-5.50	-2.00	-5.50	Wall material 
		-2.00	-6.00	1.50	-6.00	
		1.50	-6.30	2.00	-6.30	
		2.00	-6.00	2.00	-5.50	
		0.00	-5.50	0.00	0.00	
		-0.30	0.00	-0.48	-5.00	
4		18.90	-8.00	18.90	0.00	clay lokasi 
		5.18	0.00	2.00	-5.50	
		2.00	-6.00	2.00	-6.30	
		1.50	-6.30	1.50	-6.00	
		-2.00	-6.00	-15.75	-6.00	
		-15.75	-8.00			
5		-15.75	-8.00	-15.75	-13.00	lempung lanau 
		18.90	-13.00	18.90	-8.00	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ unit
1	strip	permanent	on terrain	x = 3.00	l = 9.00		0.00	9.60	kN/m ²
2	strip	variable	on terrain	x = 3.00	l = 9.00		0.00	9.30	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	Beban jalan
2	Beban kendaraan 2 truck

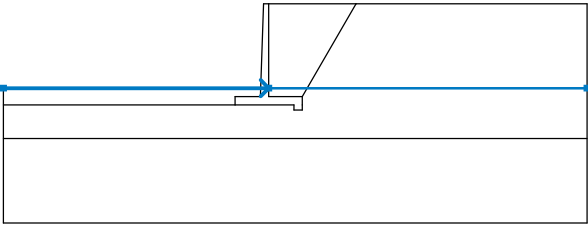


For non-commercial purposes only



Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.75	-5.00	0.00	-5.00	18.90	-5.00

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	-0.63	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-36.15	[°]
	z =	2.17	[m]		$\alpha_2 =$	75.86	[°]
Radius :	R =	8.88	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 1.86 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE

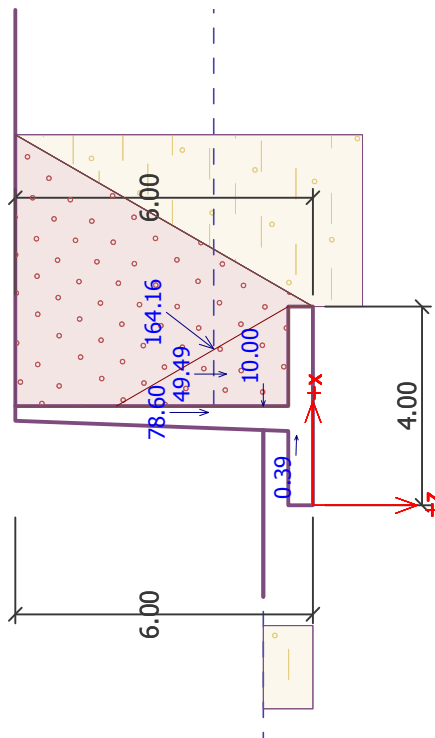


For non-commercial purposes only



Name :

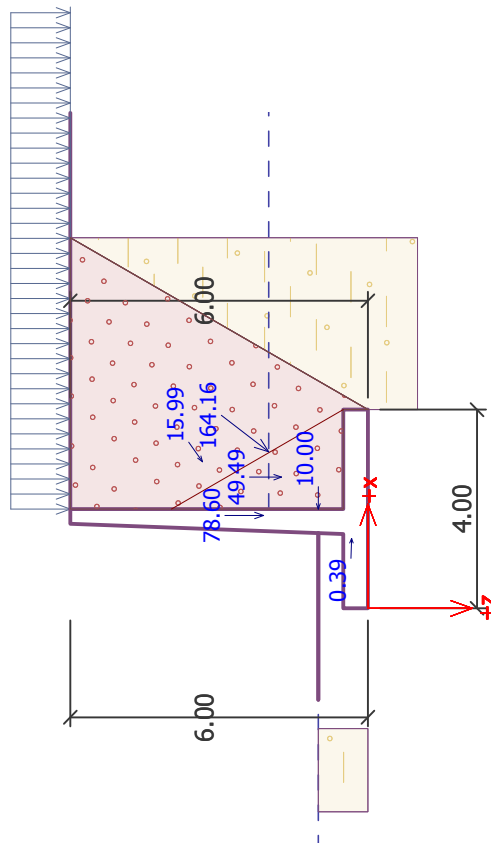
Stage - analysis : 1 - 1



For non-commercial purposes only

Name :

Stage - analysis : 2 - 1

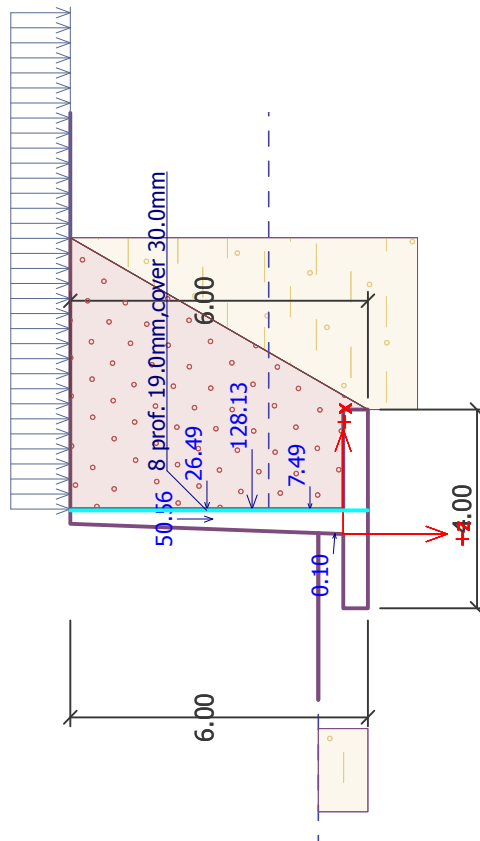


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 2 - 1



For non-commercial purposes only



Spread footing verification

Input data

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Settlement

Analysis method : Analysis using oedometric modulus

Restriction of influence zone : by percentage of Sigma, Or

Coeff. of restriction of influence zone : 10.0 [%]

Spread Footing

Analysis for drained conditions : Standard approach


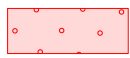
Analysis of uplift : Standard

Allowable eccentricity : 0.333


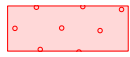
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for vertical bearing capacity :	$SF_v =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_h =$	1.50	[-]

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39	5.14	8.00
2	pasir fill		30.00	0.00	17.00	13.00	5.00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	tanah asli		cohesive	-	0.30	-	-
2	pasir fill		cohesionless	30.00	-	-	-

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39 \text{ kN/m}^3$

Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00^\circ$

Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00 \text{ kPa}$

Oedometric modulus : $E_{oed} = 67.50 \text{ MPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14 \text{ kN/m}^3$



For non-commercial purposes only



pasir fill

Unit weight :	γ	=	17.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	30.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	0.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	5.00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	23.00 kN/m ³

Foundation**Foundation type: strip footing**

Depth from original ground surface	h_z	=	6.00 m
Depth of footing bottom	d	=	1.00 m
Foundation thickness	t	=	0.50 m
Incl. of finished grade	s_1	=	0.00 °
Incl. of footing bottom	s_2	=	0.00 °

Unit weight of soil above foundation = 9.39 kN/m³

Geometry of structure**Foundation type: strip footing**

Overall strip footing length	=	10.00 m
Strip footing width (x)	=	4.00 m
Column width in the direction of x	=	0.10 m
Volume of strip footing	=	2.00 m ³ /m

Inserted loading is considered per unit length of continuous footing span.

Material of structure

Unit weight $\gamma = 24.00$ kN/m³

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25

Cylinder compressive strength	f_{ck}	=	20.00 MPa
Tensile strength	f_{ctm}	=	2.20 MPa
Elasticity modulus	E_{cm}	=	30000.00 MPa



Longitudinal steel : B500

Yield strength	f_{yk}	=	500.00 MPa
----------------	----------	---	------------

Transverse steel: B500

Yield strength	f_{yk}	=	500.00 MPa
----------------	----------	---	------------

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	12.00	tanah asli	
2	-	tanah asli	



For non-commercial purposes only



Load

No.	Load		Name	Type	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	new	change					
1	Yes		LC 1	Design	240.60	12.19	-122.82
2	Yes		LC 2	Service	240.60	12.19	-122.82

Ground water table

The ground water table is at a depth of 5.00 m from the original terrain.

Global settings

Type of analysis : analysis for drained conditions

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1**Load case verification**

Name	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Utilization [%]	Is satisfied
LC 1	-0.28	0.00	77.45	216.18	53.74	Yes

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Computed self weight of strip foundation $G = 28.03$ kN/m

Computed weight of overburden $Z = -1.19$ kN/m

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface $z_{sp} = 6.14$ m

Length of slip surface $l_{sp} = 18.25$ m

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 216.18$ kPa

Extreme contact stress $\sigma = 77.45$ kPa

Factor of safety = 2.79 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.069 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.069 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

For non-commercial purposes only



Most severe load case No. 1. (LC 1)**Earth resistance not considered**Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 206.95$ kNExtreme horizontal force $H = 122.82$ kNFactor of safety = $1.68 > 1.50$ **Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY****Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY****No. 1****Settlement and rotation of foundation - input data**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Analysis carried out with accounting for coefficient κ_1 (influence of foundation depth).

Stress at the footing bottom considered from the finished grade.

Computed self weight of strip foundation $G = 28.03$ kN/mComputed weight of overburden $Z = -1.19$ kN/mSettlement of mid point of longitudinal edge = 1.9 mmSettlement of mid point of transverse edge 1 = 3.0 mmSettlement of mid point of transverse edge 2 = 2.2 mm

(1-max.compressed edge; 2-min.compressed edge)

Settlement and rotation of foundation - results**Foundation stiffness:**Computed weighted average modulus of deformation $E_{def} = 50.14$ MPaFoundation in the longitudinal direction is rigid ($k=1.17$)Foundation in the direction of width is rigid ($k=74.79$)**Verification of load eccentricity**Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.069 < 0.333$ Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$ Max. overall eccentricity $e_t = 0.069 < 0.333$ **Eccentricity of load is SATISFACTORY****Overall settlement and rotation of foundation:**Foundation settlement = 2.6 mmDepth of influence zone = 7.95 mRotation in direction of width = 0.202 (\tan^*1000); ($1.2E-02$ °)**No. 1**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Verification of longitudinal reinforcement of foundation in the direction of x4 prof. 19.0 mm, cover 40.0 mmCross-section width = 1.00 m

For non-commercial purposes only



Cross-section depth = 0.50 m

Reinforcement ratio $\rho = 0.25 \% > 0.13 \% = \rho_{\min}$

Position of neutral axis $x = 0.05 \text{ m} < 0.28 \text{ m} = x_{\max}$

Ultimate moment $M_{Rd} = 213.02 \text{ kNm} > 145.62 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Cross-section is SATISFACTORY.

Spread footing for punching shear failure check

Column normal force = 240.60 kN

Maximum resistance at the column perimeter

Force transmitted into found. soil	=	6.01 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	234.60 kN
Considered column perimeter	u_0	= 2.00 m
Shear resistance at the column perimeter	$v_{Ed, \max}$	= 0.38 MPa
Resistance at the column perimeter	$v_{Rd, \max}$	= 2.94 MPa

Critical section without shear reinforcement

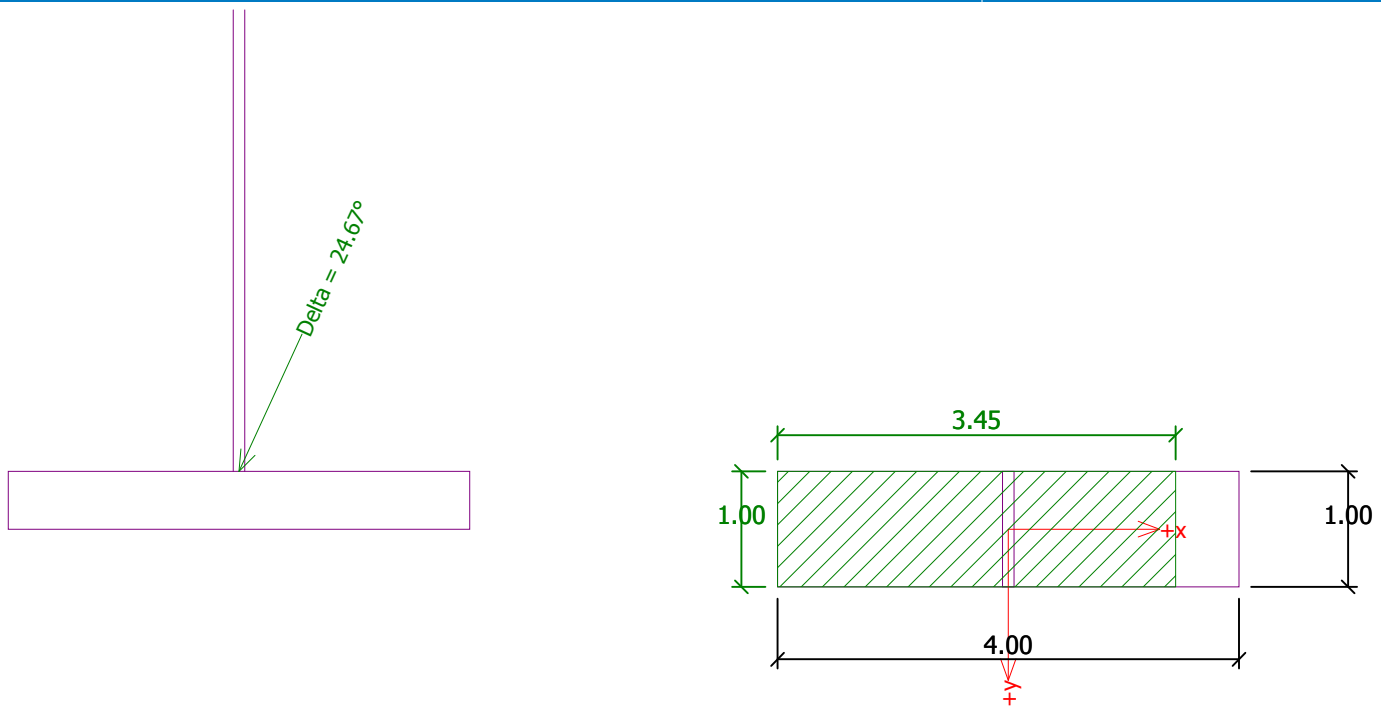
Force transmitted into found. soil	=	114.30 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	126.30 kN
Distance of section from the column	=	0.90 m
Section perimeter	u	= 2.00 m
Shear stress at section	v_{Ed}	= 0.15 MPa
Shear resistance of section without shear reinforcement	$v_{Rd, c}$	= 0.34 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd, c} \Rightarrow$ Reinforcement is not required

Spread footing for punching shear is SATISFACTORY

Name :

Stage - analysis : 1 - 1



Verification of spread footing bearing capacity

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle
Most severe load case No. 1. (LC 1)

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 216.18$ kPa
Extreme contact stress $\sigma = 77.45$ kPa

Factor of safety = 2.79 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.069 < 0.333$
Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$
Max. overall eccentricity $e_t = 0.069 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 206.95$ kN
Extreme horizontal force $H = 122.82$ kN

Factor of safety = 1.68 > 1.50

Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY

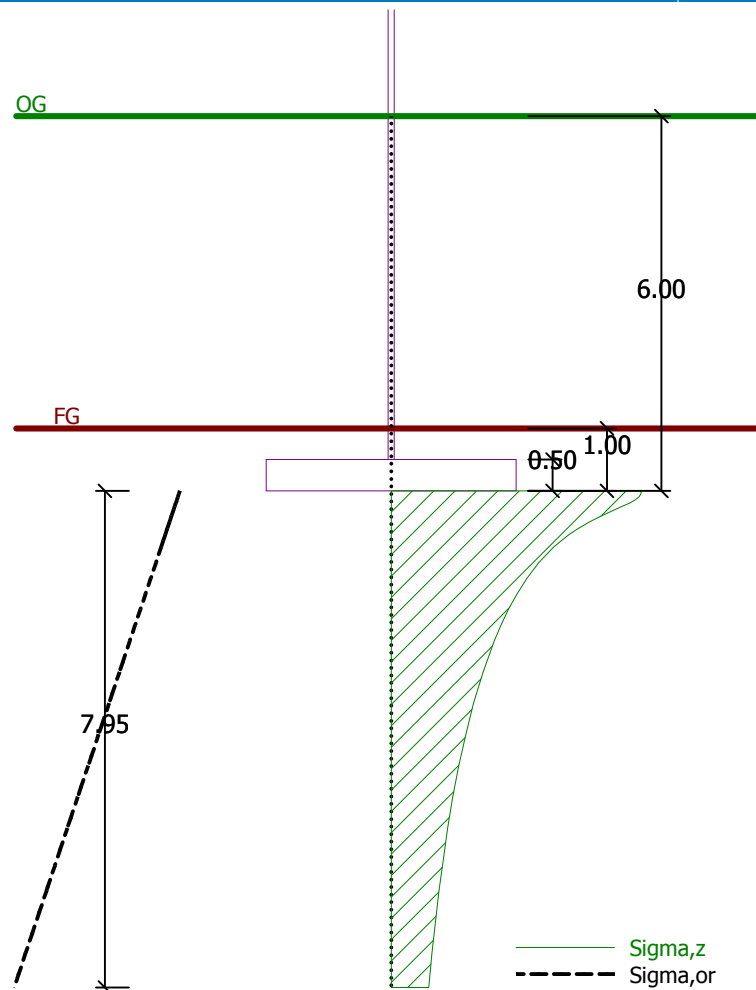


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



Settlement and rotation of foundation - results

Foundation stiffness:

Average modulus of deformation $E_{def} = 50.14$ MPa

Foundation in the longitudinal direction is rigid ($k=1.17$)

Foundation in the direction of width is rigid ($k=74.79$)

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.069 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.069 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 2.6 mm

Depth of influence zone = 7.95 m

Rot. in direction of width = 0.202 (\tan^*1000); ($1.2E-02$ °)

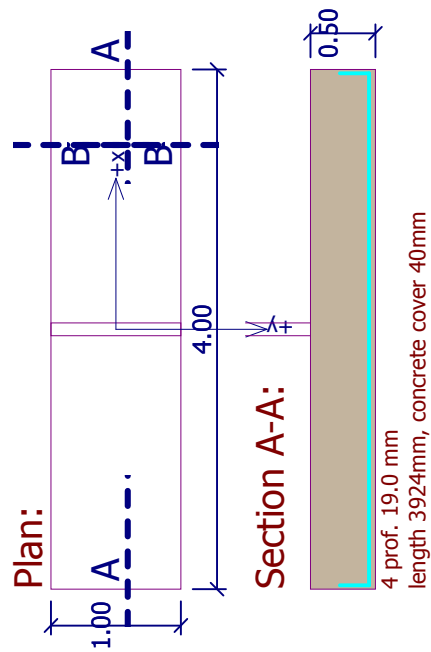
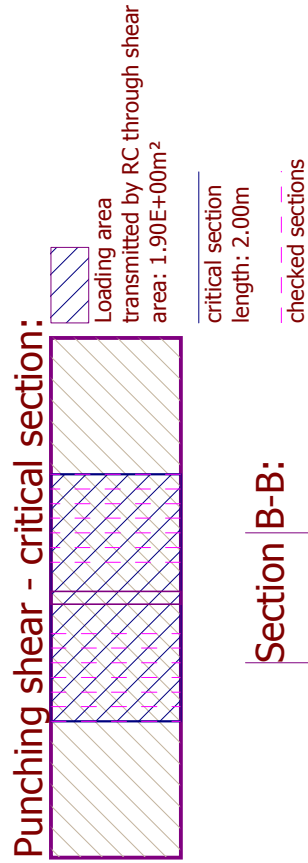


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



For non-commercial purposes only

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.50 [-]

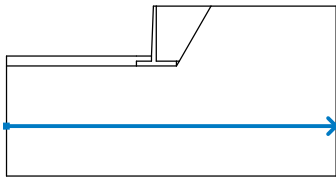
Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-5.00	-2.00	-5.00	-0.48	-5.00
		-0.30	0.00	0.00	0.00	5.46	0.00
		18.00	0.00				
2		0.00	0.00	0.00	-5.50	2.00	-5.50
3		-2.00	-6.00	2.00	-6.00	2.00	-5.50
		2.29	-5.50	5.46	0.00		
4		-15.00	-6.00	-2.00	-6.00	-2.00	-5.50
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00		
5		2.00	-6.00	2.29	-5.50		


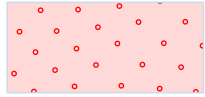


For non-commercial purposes only





No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
6		-15.00	-12.00	18.00	-12.00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39
2	pasir fill		30.00	0.00	17.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	tanah asli		15.14		
2	pasir fill		23.00		

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14$ kN/m³

pasir fill

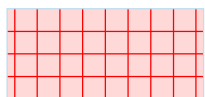
Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 23.00$ kN/m³



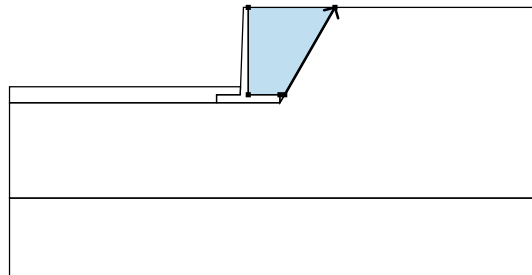

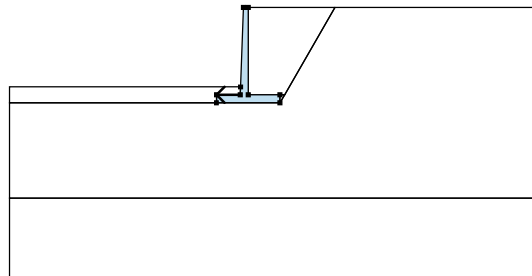
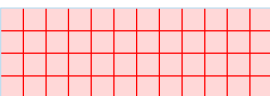
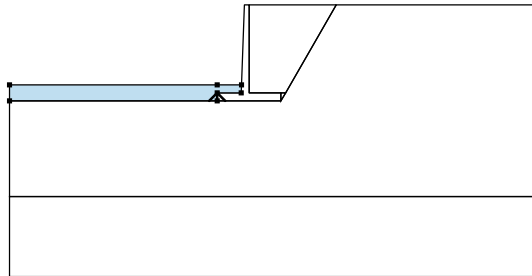
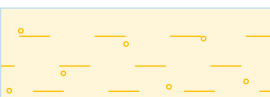
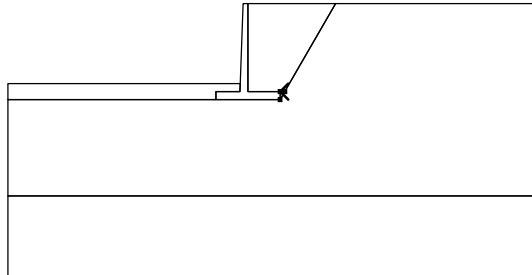

For non-commercial purposes only



Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		24.00

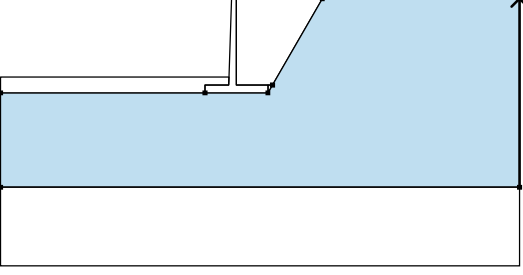

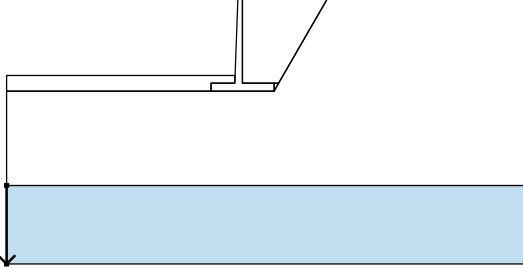

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		2.29	-5.50	5.46	0.00	pasir fill 
		0.00	0.00	0.00	-5.50	
		2.00	-5.50			
2		-0.50	-5.50	-2.00	-5.50	Wall material 
		-2.00	-6.00	2.00	-6.00	
		2.00	-5.50	0.00	-5.50	
		0.00	0.00	-0.30	0.00	
		-0.48	-5.00			
3		-2.00	-6.00	-2.00	-5.50	tanah asli 
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00	
		-2.00	-5.00	-15.00	-5.00	
		-15.00	-6.00			
4		2.29	-5.50	2.00	-5.50	pasir fill 
		2.00	-6.00			



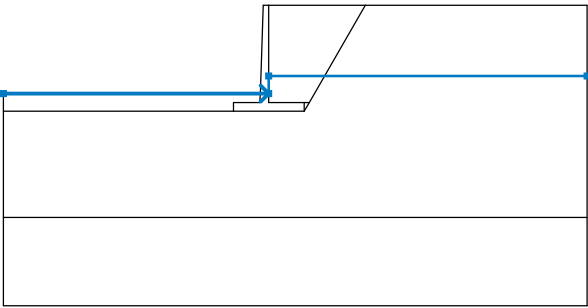
For non-commercial purposes only



No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
5		18.00	-12.00	18.00	0.00	tanah asli 
		5.46	0.00	2.29	-5.50	
		2.00	-6.00	-2.00	-6.00	
		-15.00	-6.00	-15.00	-12.00	
6		-15.00	-12.00	-15.00	-17.00	tanah asli 
		18.00	-17.00	18.00	-12.00	

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-5.00	0.00	-5.00	0.00	-4.00
		18.00	-4.00				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h = 0.00$

Vertical seismic coefficient : $K_v = 0.00$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface



For non-commercial purposes only



Slip surface parameters

Center :	x =	-3.29 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-50.02 [°]
	z =	0.23 [m]		$\alpha_2 =$	88.38 [°]
Radius :	R =	8.14 [m]			

The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.32 > 1.50

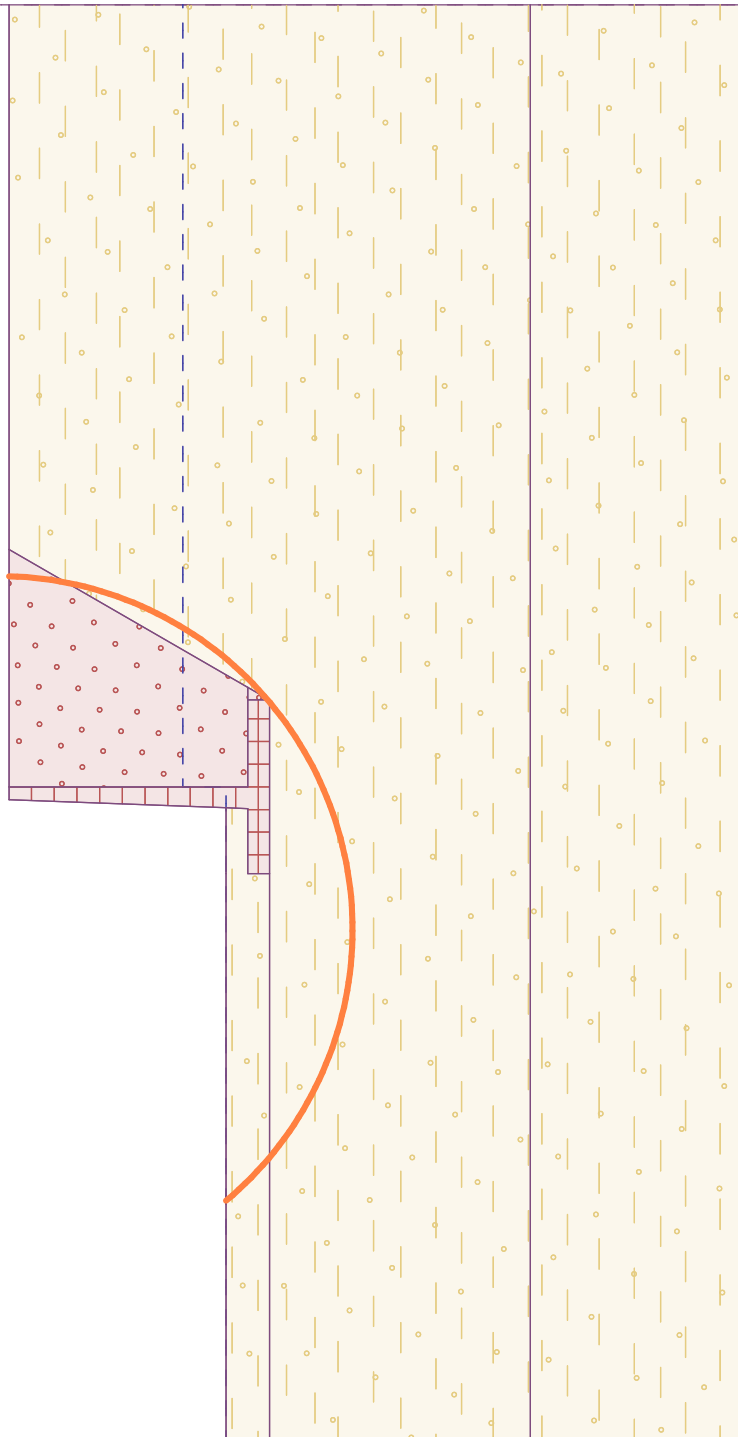
Slope stability ACCEPTABLE

For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = $2.32 > 1.50$

Slope stability ACCEPTABLE



For non-commercial purposes only



Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.50 [-]

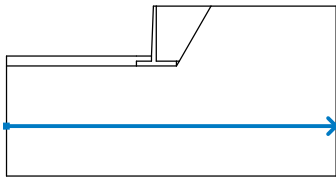
Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-5.00	-2.00	-5.00	-0.48	-5.00
		-0.30	0.00	0.00	0.00	5.46	0.00
		18.00	0.00				
2		0.00	0.00	0.00	-5.50	2.00	-5.50
3		-2.00	-6.00	2.00	-6.00	2.00	-5.50
		2.29	-5.50	5.46	0.00		
4		-15.00	-6.00	-2.00	-6.00	-2.00	-5.50
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00		
5		2.00	-6.00	2.29	-5.50		


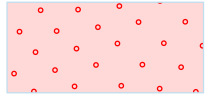


For non-commercial purposes only





No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
6		-15.00	-12.00	18.00	-12.00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39
2	pasir fill		30.00	0.00	17.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	tanah asli		15.14		
2	pasir fill		23.00		

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14$ kN/m³

pasir fill

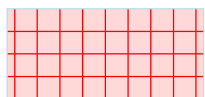
Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 23.00$ kN/m³



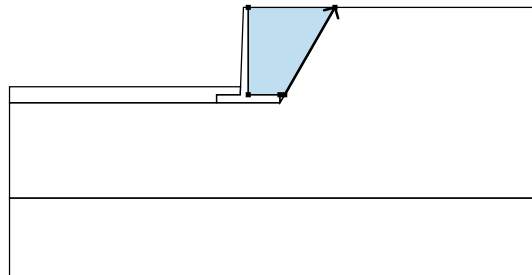

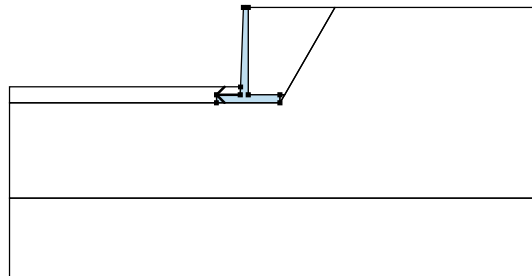
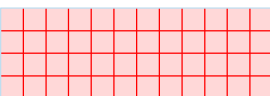
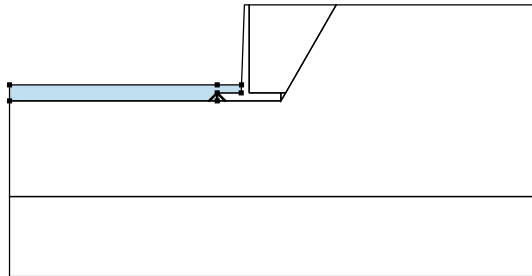
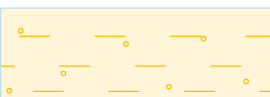
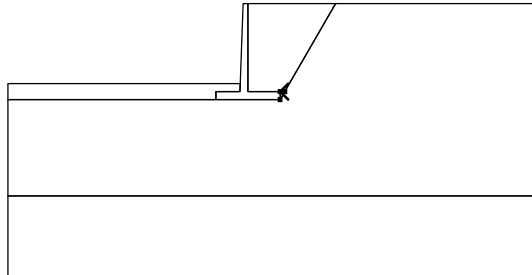

For non-commercial purposes only



Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		24.00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		2.29	-5.50	5.46	0.00	pasir fill 
		0.00	0.00	0.00	-5.50	
		2.00	-5.50			
2		-0.50	-5.50	-2.00	-5.50	Wall material 
		-2.00	-6.00	2.00	-6.00	
		2.00	-5.50	0.00	-5.50	
		0.00	0.00	-0.30	0.00	
		-0.48	-5.00			
3		-2.00	-6.00	-2.00	-5.50	tanah asli 
		-0.50	-5.50	-0.48	-5.00	
		-2.00	-5.00	-15.00	-5.00	
		-15.00	-6.00			
4		2.29	-5.50	2.00	-5.50	pasir fill 
		2.00	-6.00			



For non-commercial purposes only



No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
5		18.00	-12.00	18.00	0.00	tanah asli
		5.46	0.00	2.29	-5.50	
		2.00	-6.00	-2.00	-6.00	
		-15.00	-6.00	-15.00	-12.00	
6		-15.00	-12.00	-15.00	-17.00	tanah asli
		18.00	-17.00	18.00	-12.00	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ unit
1	strip	variable	on terrain	x = 0.00	l = 10.00		0.00	10.00	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-5.00	0.00	-5.00	0.00	-4.00
		18.00	-4.00				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h = 0.00$



For non-commercial purposes only



Vertical seismic coefficient : $K_v = 0.00$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	-2.76	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-48.79	[°]
	z =	0.08	[m]		$\alpha_2 =$	89.41	[°]
Radius :	R =	7.71	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.11 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE

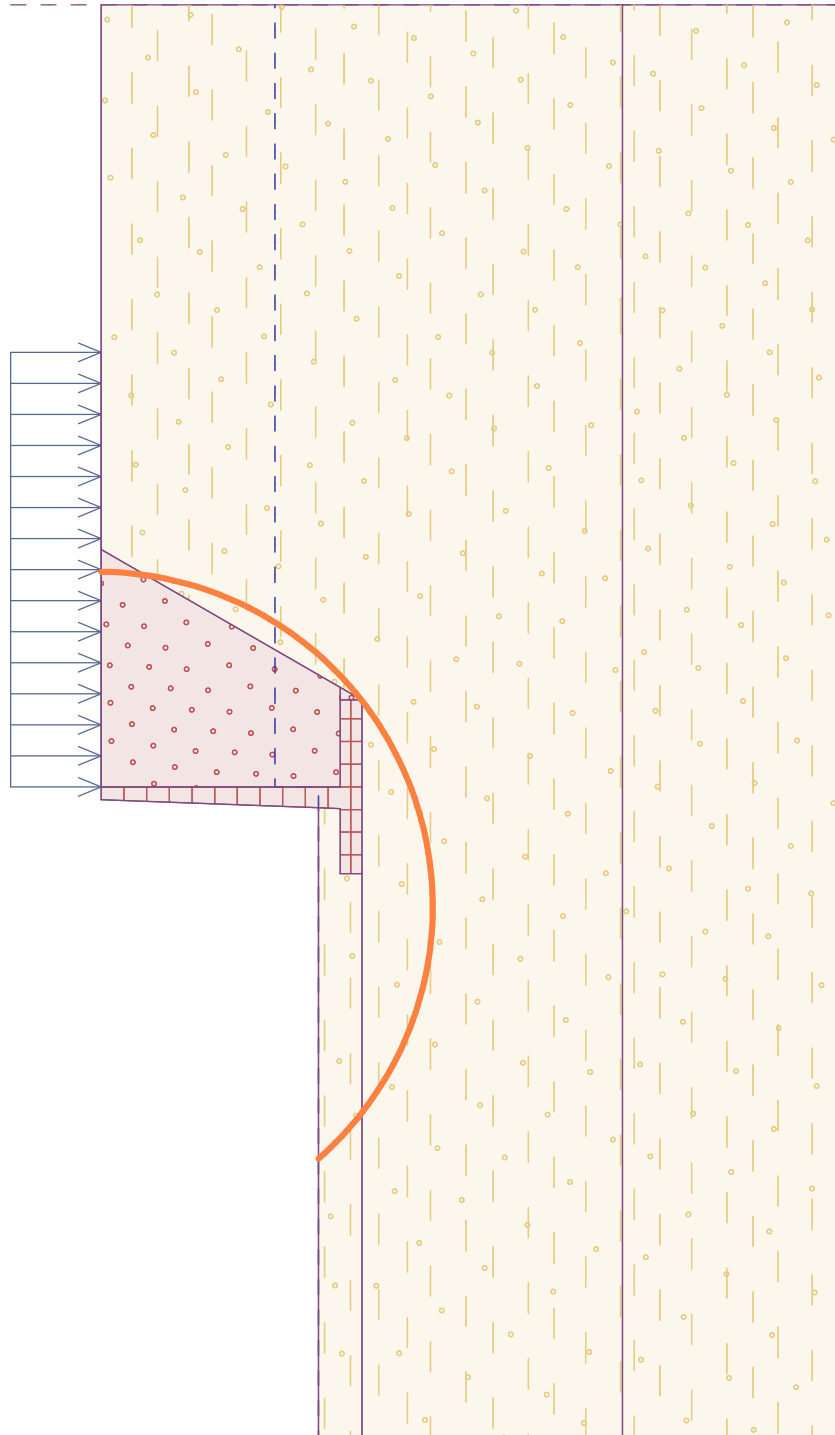


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.11 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE



For non-commercial purposes only





GEO 5

HASIL ANALISIS GRAVITYWALL 5 METER

Reaktor Daya Eksperimental Kawasan PUSPIPTEK Serpong | BATAN

Gravity wall analysis

Input data

Project

Task : DPT BATAN SERPONG
 Part : 2
 Description : gravitywall 5 m
 Customer : BATAN
 Date : 8/1/2017

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
 Coefficients EN 1992-1-1 : standard
 Masonry (stone) wall : EN 1996-1-1 (EC6)

Wall analysis

Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Caquot-Kerisel
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	$SF_o =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_s =$	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	$SF_b =$	1.50	[-]

Material of structure

Unit weight $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25

Cylinder compressive strength $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$
 Tensile strength $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$

Longitudinal steel : B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Geometry of structure

No.	Coordinate X [m]	Depth Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.65	5.00
3	1.55	5.00
4	1.55	6.00
5	-1.95	6.00
6	-1.95	5.00





For non-commercial purposes only




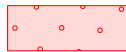
No.	Coordinate X [m]	Depth Z [m]
7	-1.05	5.00
8	-0.40	0.00

The origin [0,0] is located at the most upper right point of the wall.
Wall section area = 8.75 m².

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39	5.14	8.00
2	Well graded sand (SW), medium dense		35.00	0.00	17.00	11.00	5.00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	tanah asli		cohesive	-	0.30	-	-
2	Well graded sand (SW), medium dense		cohesive	-	0.28	-	-

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00$ kPa
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 8.00$ °
 Soil : cohesive
 Poisson's ratio : $\nu = 0.30$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14$ kN/m³

Well graded sand (SW), medium dense

Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 35.00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 5.00$ °
 Soil : cohesive
 Poisson's ratio : $\nu = 0.28$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21.00$ kN/m³

Backfill



Soil on front face of the structure - Well graded sand (SW), medium dense



For non-commercial purposes only



Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	12.00	tanah asli	
2	-	tanah asli	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 4.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 5.00 m
 Subgrade at the heel is not permeable.
 Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - tanah asli
 Soil thickness in front of structure $h = 1.00$ m
 Terrain in front of structure is flat.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1 (Stage of construction 1)

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.30	166.16	1.75	1.000
FF resistance	-1.10	-0.33	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.87	13.39	2.77	1.000
Active pressure	80.82	-2.13	82.95	2.93	1.000
Water pressure	15.00	-0.78	0.65	3.33	1.000
Uplift pressure	0.00	-6.00	0.00	1.95	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 572.57$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 183.44$ kNm/m

Safety factor = 3.12 > 1.50

Wall for overturning is SATISFACTORY



For non-commercial purposes only



Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 196.14$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 94.72$ kN/m

Safety factor = 2.07 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is **SATISFACTORY**

Bearing capacity of foundation soil (Stage of construction 1)

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	71.21	263.15	94.72	0.077	88.98

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	71.21	263.15	94.72

No. 1 (Stage of construction 1)

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-0.05	0.95	0.21	1.000
Active pressure	0.03	-0.03	0.01	0.42	1.000
Water pressure	0.00	-0.10	0.00	0.41	1.000

Wall check at the construction joint 0.10 m from the wall crest

Cross-section depth $h = 0.43$ m

Ultimate shear force $V_{Rd} = 233.56$ kN/m > 0.03 kN/m = V_{Ed}



Ultimate compressive force $N_{Rd} = 4117.06$ kN/m > 0.96 kN/m = N_{Ed}

Ultimate moment $M_{Rd} = -0.20$ kNm/m > -0.02 kNm/m = M_{Ed}

Cross-section bearing capacity is **SATISFACTORY**

Input data (Stage of construction 2)

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	12.00	tanah asli	
2	-	tanah asli	



For non-commercial purposes only



Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 4.00 m

GWT in front of the structure lies at a depth of 5.00 m

Subgrade at the heel is not permeable.

Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m ²]	Mag.2 [kN/m ²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		variable	10.00		0.00	10.00	on terrain
No.	Name							
1	surcharge							

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest

Soil on front face of the structure - tanah asli

Soil thickness in front of structure $h = 1.00$ m

Terrain in front of structure is flat.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1 (Stage of construction 2)**Forces acting on construction**

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-2.30	166.16	1.75	1.000
FF resistance	-1.10	-0.33	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.87	13.39	2.77	1.000
Active pressure	80.82	-2.13	82.95	2.93	1.000
Water pressure	15.00	-0.78	0.65	3.33	1.000
Uplift pressure	0.00	-6.00	0.00	1.95	1.000
surcharge	11.86	-3.19	6.65	2.75	1.000

Verification of complete wall**Check for overturning stability**

Resisting moment $M_{res} = 590.85$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 221.29$ kNm/m

Safety factor = 2.67 > 1.50

Wall for overturning is SATISFACTORY



For non-commercial purposes only



Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 196.13$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 106.58$ kN/m

Safety factor = 1.84 > 1.50

Wall for slip is SATISFACTORY

Overall check - WALL is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation soil (Stage of construction 2)

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	102.41	269.80	106.58	0.108	98.48

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	102.41	269.80	106.58

Spread footing verification

Input data

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Settlement

Analysis method : Analysis using oedometric modulus

Restriction of influence zone : by percentage of Sigma, Or

Coeff. of restriction of influence zone : 10.0 [%]

Spread Footing

Analysis for drained conditions : Standard approach

Analysis of uplift : Standard

Allowable eccentricity : 0.333

Verification methodology : Safety factors (ASD)


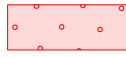
Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for vertical bearing capacity :	$SF_v =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_h =$	1.50	[-]




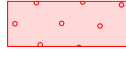
For non-commercial purposes only



Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39	5.14	8.00
2	Well graded sand (SW), medium dense		35.00	0.00	17.00	11.00	5.00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	ϕ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	tanah asli		cohesive	-	0.30	-	-
2	Well graded sand (SW), medium dense		cohesive	-	0.28	-	-

Soil parameters

tanah asli

Unit weight :	γ = 9.39 kN/m ³
Angle of internal friction :	ϕ_{ef} = 29.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} = 17.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed} = 67.50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} = 15.14 kN/m ³

Well graded sand (SW), medium dense

Unit weight :	γ = 17.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	ϕ_{ef} = 35.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} = 0.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed} = 57.50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} = 21.00 kN/m ³

Foundation

Foundation type: strip footing

Depth from original ground surface	h_z = 6.00 m
Depth of footing bottom	d = 1.00 m
Foundation thickness	t = 1.00 m
Incl. of finished grade	s_1 = 0.00 °
Incl. of footing bottom	s_2 = 0.00 °

Unit weight of soil above foundation = 9.39 kN/m³

Geometry of structure

Foundation type: strip footing

Overall strip footing length	= 10.00 m
Strip footing width (x)	= 3.50 m
Column width in the direction of x	= 0.10 m
Volume of strip footing	= 3.50 m ³ /m

Inserted loading is considered per unit length of continuous footing span.





For non-commercial purposes only



Material of structureUnit weight $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25Cylinder compressive strength $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$ Tensile strength $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$ Elasticity modulus $E_{cm} = 30000.00 \text{ MPa}$ **Longitudinal steel : B500**Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$ **Transverse steel: B500**Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$ **Geological profile and assigned soils**

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	12.00	tanah asli	
2	-	tanah asli	

Load

No.	Load		Name	Type	N [kN/m]	M_y [kNm/m]	H_x [kN/m]
	new	change					
1	Yes		LC 1	Design	224.32	-4.16	-106.58
2	Yes		LC 2	Service	224.32	-4.16	-106.58

Ground water table

The ground water table is at a depth of 5.00 m from the original terrain.

Global settings

Type of analysis : analysis for drained conditions

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1**Load case verification**

Name	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Utilization [%]	Is satisfied
LC 1	-0.38	0.00	98.48	261.26	56.54	Yes

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Computed self weight of strip foundation $G = 45.48 \text{ kN/m}$ Computed weight of overburden $Z = 0.00 \text{ kN/m}$ 

For non-commercial purposes only



Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle
Most severe load case No. 1. (LC 1)

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface $z_{sp} = 5.36$ m

Length of slip surface $l_{sp} = 15.95$ m

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 261.26$ kPa

Extreme contact stress $\sigma = 98.48$ kPa

Factor of safety = 2.65 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Earth resistance: not considered

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 196.13$ kN

Extreme horizontal force $H = 106.58$ kN

Factor of safety = 1.84 > 1.50

Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY

No. 1

Settlement and rotation of foundation - input data

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Analysis carried out with accounting for coefficient κ_1 (influence of foundation depth).

Stress at the footing bottom considered from the finished grade.

Computed self weight of strip foundation $G = 45.48$ kN/m

Computed weight of overburden $Z = 0.00$ kN/m

Settlement of mid point of longitudinal edge = 2.1 mm

Settlement of mid point of transverse edge 1 = 3.6 mm

Settlement of mid point of transverse edge 2 = 2.3 mm

(1-max.compressed edge; 2-min.compressed edge)

Settlement and rotation of foundation - results

Foundation stiffness:



For non-commercial purposes only



Computed weighted average modulus of deformation $E_{def} = 50.14$ MPa
 Foundation in the longitudinal direction is rigid ($k=13.97$)
 Foundation in the direction of width is rigid ($k=598.29$)

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$
 Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$
 Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 2.9 mm
 Depth of influence zone = 8.15 m
 Rotation in direction of width = 0.372 (\tan^*1000); ($2.1E-02$ °)

No. 1

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Verification of longitudinal reinforcement of foundation in the direction of x

4 prof. 16.0 mm, cover 40.0 mm
 Cross-section width = 1.00 m
 Cross-section depth = 1.00 m
 Reinforcement ratio $\rho = 0.08 \% < 0.13 \% = \rho_{min}$

Cross-section is NOT SATISFACTORY; increase reinforcement ratio.

Spread footing for punching shear failure check

Column normal force = 224.32 kN

Maximum resistance at the column perimeter

Force transmitted into found. soil	=	6.41 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	217.91 kN
Considered column perimeter u_0	=	2.00 m
Shear resistance at the column perimeter $v_{Ed,max}$	=	0.13 MPa
Resistance at the column perimeter $v_{Rd,max}$	=	2.94 MPa

Critical section without shear reinforcement

Force transmitted into found. soil	=	128.49 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	95.83 kN
Distance of section from the column	=	0.95 m
Section perimeter u	=	2.00 m
Shear stress at section v_{Ed}	=	0.05 MPa
Shear resistance of section without shear reinforcement $v_{Rd,c}$	=	0.55 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$ Reinforcement is not required

Spread footing for punching shear is SATISFACTORY



For non-commercial purposes only



No. 1 (Stage of construction 2)**Forces acting on construction**

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.98	120.63	0.85	1.000
Active pressure	63.96	-1.69	14.06	1.48	1.000
Water pressure	4.99	-0.33	0.65	1.66	1.000
Uplift pressure	0.00	-5.00	0.00	1.05	1.000
surcharge	12.47	-2.48	2.74	1.38	1.000

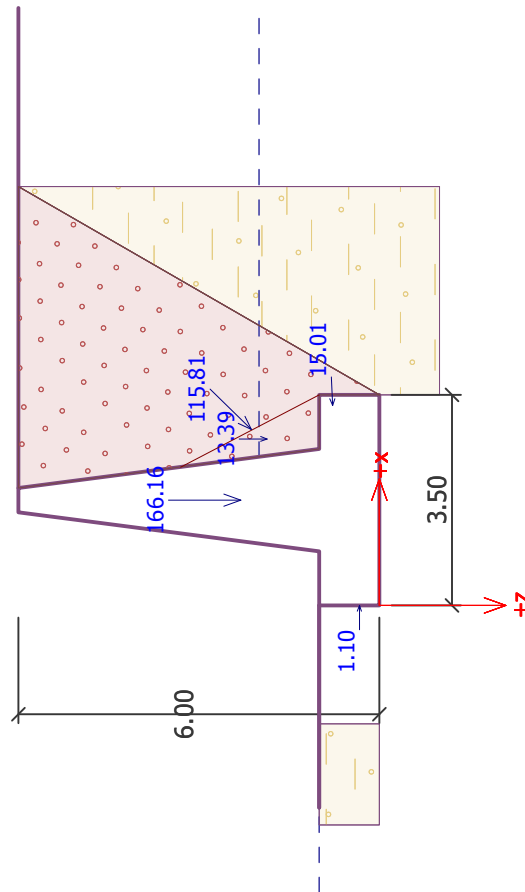
Wall stem checkCross-section depth $h = 1.70$ mUltimate shear force $V_{Rd} = 649.62$ kN/m > 81.42 kN/m = V_{Ed} Ultimate compressive force $N_{Rd} = 602.46$ kN/m > 138.08 kN/m = N_{Ed} Ultimate moment $M_{Rd} = 433.94$ kNm/m > 129.58 kNm/m = M_{Ed} **Cross-section bearing capacity is SATISFACTORY**

For non-commercial purposes only



Name :

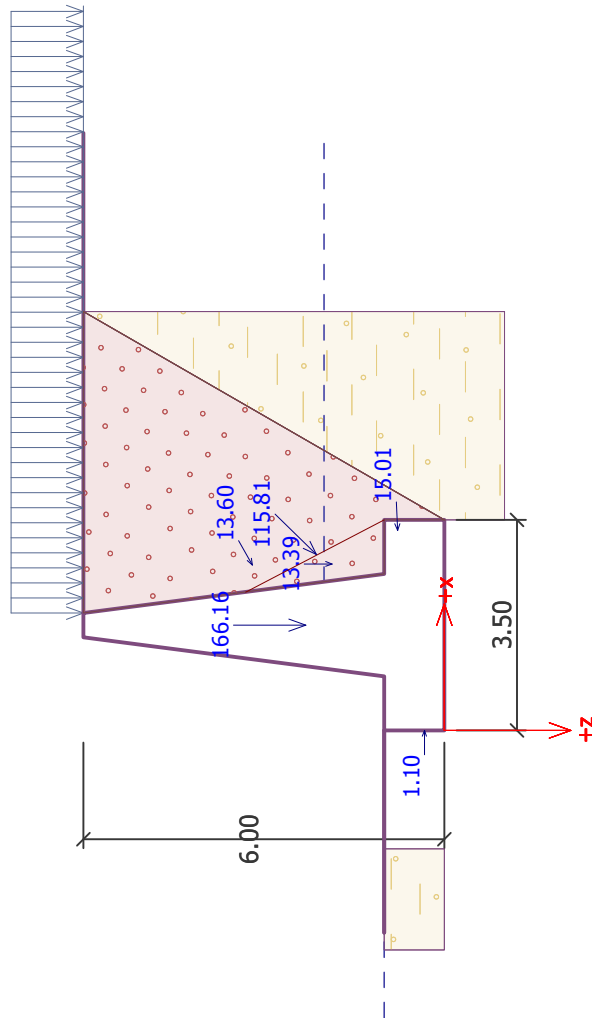
Stage - analysis : 1 - 1



For non-commercial purposes only

Name :

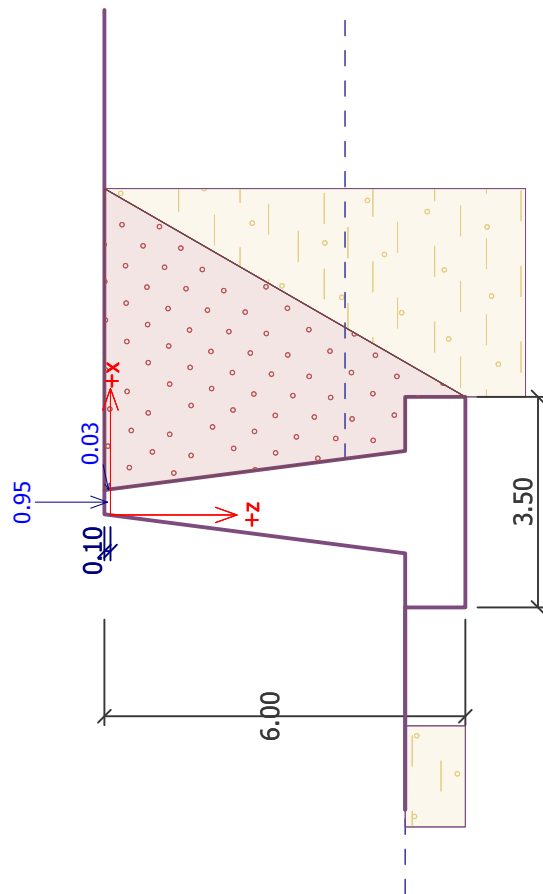
Stage - analysis : 2 - 1



For non-commercial purposes only

Name :

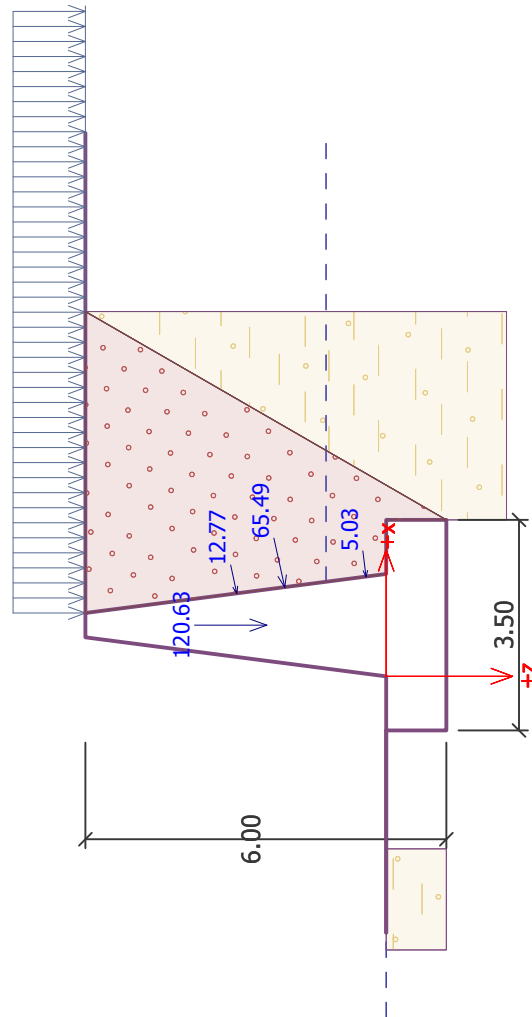
Stage - analysis : 1 - 1



For non-commercial purposes only

Name :

Stage - analysis : 2 - 1



For non-commercial purposes only



Spread footing verification

Input data

Settings

(input for current task)

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Settlement

Analysis method : Analysis using oedometric modulus

Restriction of influence zone : by percentage of Sigma, Or

Coeff. of restriction of influence zone : 10.0 [%]

Spread Footing

Analysis for drained conditions : Standard approach


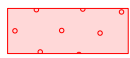
Analysis of uplift : Standard

Allowable eccentricity : 0.333


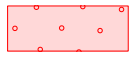
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for vertical bearing capacity :	$SF_v =$	1.50	[-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_h =$	1.50	[-]

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39	5.14	8.00
2	Well graded sand (SW), medium dense		35.00	0.00	17.00	11.00	5.00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	φ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	tanah asli		cohesive	-	0.30	-	-
2	Well graded sand (SW), medium dense		cohesive	-	0.28	-	-

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39 \text{ kN/m}^3$

Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 29.00^\circ$

Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00 \text{ kPa}$

Oedometric modulus : $E_{oed} = 67.50 \text{ MPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14 \text{ kN/m}^3$



For non-commercial purposes only



Well graded sand (SW), medium dense

Unit weight :	γ	=	17.00 kN/m ³
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	35.00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	0.00 kPa
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	57.50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21.00 kN/m ³

Foundation**Foundation type: strip footing**

Depth from original ground surface	h_z	=	6.00 m
Depth of footing bottom	d	=	1.00 m
Foundation thickness	t	=	1.00 m
Incl. of finished grade	s_1	=	0.00 °
Incl. of footing bottom	s_2	=	0.00 °

Unit weight of soil above foundation = 9.39 kN/m³

Geometry of structure**Foundation type: strip footing**

Overall strip footing length	=	10.00 m
Strip footing width (x)	=	3.50 m
Column width in the direction of x	=	0.10 m
Volume of strip footing	=	3.50 m ³ /m

Inserted loading is considered per unit length of continuous footing span.

Material of structure

Unit weight $\gamma = 23.00$ kN/m³

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 20/25

Cylinder compressive strength	f_{ck}	=	20.00 MPa
Tensile strength	f_{ctm}	=	2.20 MPa
Elasticity modulus	E_{cm}	=	30000.00 MPa



Longitudinal steel : B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00$ MPa

Transverse steel: B500

Yield strength $f_{yk} = 500.00$ MPa

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	12.00	tanah asli	
2	-	tanah asli	



For non-commercial purposes only



Load

No.	Load		Name	Type	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	new	change					
1	Yes		LC 1	Design	224.32	-4.16	-106.58
2	Yes		LC 2	Service	224.32	-4.16	-106.58

Ground water table

The ground water table is at a depth of 5.00 m from the original terrain.

Global settings

Type of analysis : analysis for drained conditions

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

No. 1**Load case verification**

Name	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Utilization [%]	Is satisfied
LC 1	-0.38	0.00	98.48	261.26	56.54	Yes

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Computed self weight of strip foundation $G = 45.48$ kN/m

Computed weight of overburden $Z = 0.00$ kN/m

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface $z_{sp} = 5.36$ m

Length of slip surface $l_{sp} = 15.95$ m

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 261.26$ kPa

Extreme contact stress $\sigma = 98.48$ kPa

Factor of safety = 2.65 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

For non-commercial purposes only



Most severe load case No. 1. (LC 1)**Earth resistance not considered**Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 196.13$ kNExtreme horizontal force $H = 106.58$ kN

Factor of safety = 1.84 > 1.50

Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY**Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY****No. 1****Settlement and rotation of foundation - input data**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Analysis carried out with accounting for coefficient κ_1 (influence of foundation depth).

Stress at the footing bottom considered from the finished grade.

Computed self weight of strip foundation $G = 45.48$ kN/mComputed weight of overburden $Z = 0.00$ kN/m

Settlement of mid point of longitudinal edge = 2.1 mm

Settlement of mid point of transverse edge 1 = 3.6 mm

Settlement of mid point of transverse edge 2 = 2.3 mm

(1-max.compressed edge; 2-min.compressed edge)

Settlement and rotation of foundation - results**Foundation stiffness:**Computed weighted average modulus of deformation $E_{def} = 50.14$ MPaFoundation in the longitudinal direction is rigid ($k=13.97$)Foundation in the direction of width is rigid ($k=598.29$)**Verification of load eccentricity**Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$ Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$ Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$ **Eccentricity of load is SATISFACTORY****Overall settlement and rotation of foundation:**

Foundation settlement = 2.9 mm

Depth of influence zone = 8.15 m

Rotation in direction of width = 0.372 (\tan^*1000); (2.1E-02 °)**No. 1**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Verification of longitudinal reinforcement of foundation in the direction of x

4 prof. 16.0 mm, cover 40.0 mm

Cross-section width = 1.00 m



For non-commercial purposes only



Cross-section depth = 1.00 m

Reinforcement ratio $\rho = 0.08 \% < 0.13 \% = \rho_{\min}$

Cross-section is NOT SATISFACTORY; increase reinforcement ratio.

Spread footing for punching shear failure check

Column normal force = 224.32 kN

Maximum resistance at the column perimeter

Force transmitted into found. soil	=	6.41 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	217.91 kN
Considered column perimeter u_0	=	2.00 m
Shear resistance at the column perimeter $v_{Ed,max}$	=	0.13 MPa
Resistance at the column perimeter $v_{Rd,max}$	=	2.94 MPa

Critical section without shear reinforcement

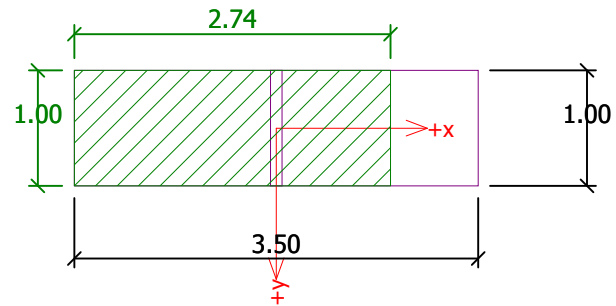
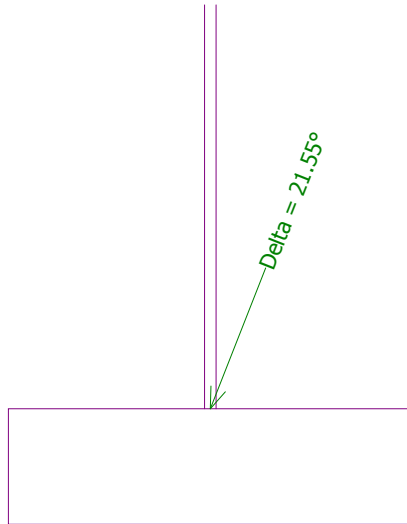
Force transmitted into found. soil	=	128.49 kN
Force transmitted by shear strength of SRC	=	95.83 kN
Distance of section from the column	=	0.95 m
Section perimeter u	=	2.00 m
Shear stress at section v_{Ed}	=	0.05 MPa
Shear resistance of section without shear reinforcement $v_{Rd,c}$	=	0.55 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$ Reinforcement is not required

Spread footing for punching shear is SATISFACTORY

Name :

Stage - analysis : 1 - 1



Verification of spread footing bearing capacity

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle
Most severe load case No. 1. (LC 1)

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 261.26$ kPa
Extreme contact stress $\sigma = 98.48$ kPa

Factor of safety = 2.65 > 1.50

Bearing capacity in the vertical direction is SATISFACTORY

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$
Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$
Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Horizontal bearing capacity check

Most severe load case No. 1. (LC 1)

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 196.13$ kN
Extreme horizontal force $H = 106.58$ kN

Factor of safety = 1.84 > 1.50

Bearing capacity in the horizontal direction is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation is SATISFACTORY

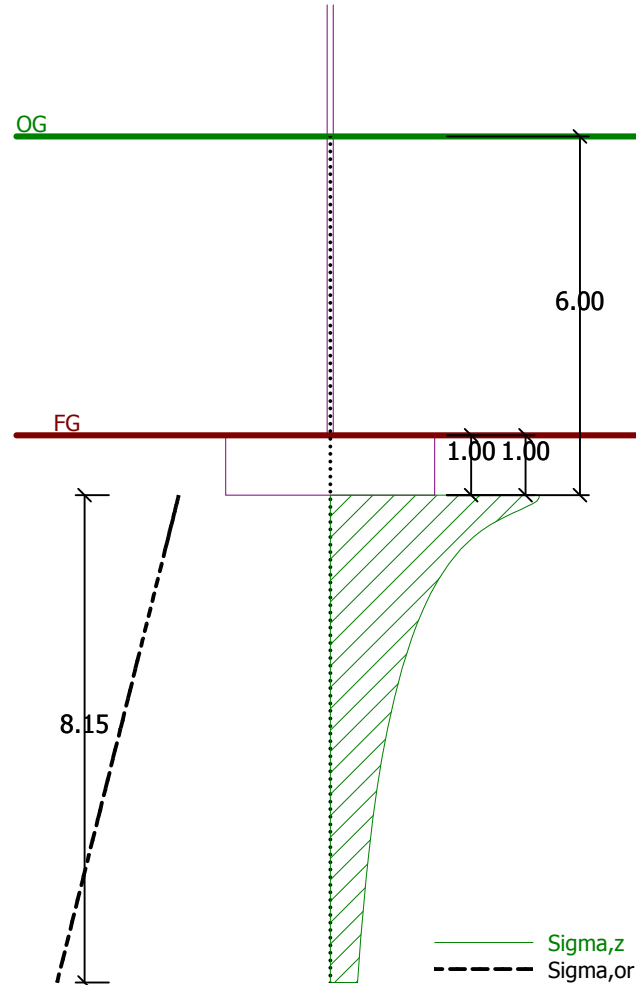


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



Settlement and rotation of foundation - results

Foundation stiffness:

Average modulus of deformation $E_{def} = 50.14$ MPa

Foundation in the longitudinal direction is rigid ($k=13.97$)

Foundation in the direction of width is rigid ($k=598.29$)

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0.108 < 0.333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0.000 < 0.333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0.108 < 0.333$

Eccentricity of load is SATISFACTORY

Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 2.9 mm

Depth of influence zone = 8.15 m

Rot. in direction of width = 0.372 ($\tan \cdot 1000$); ($2.1E-02^\circ$)

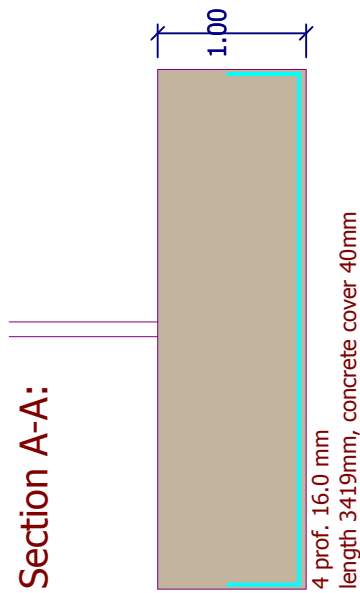
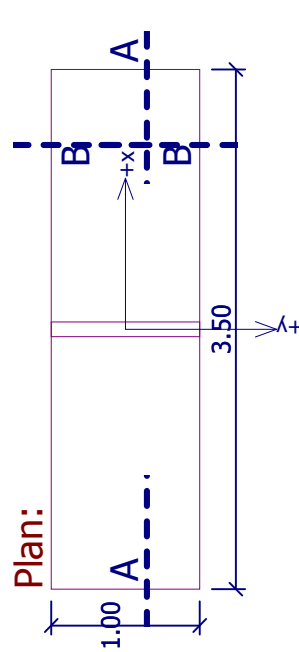
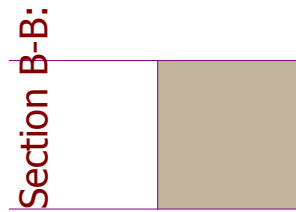
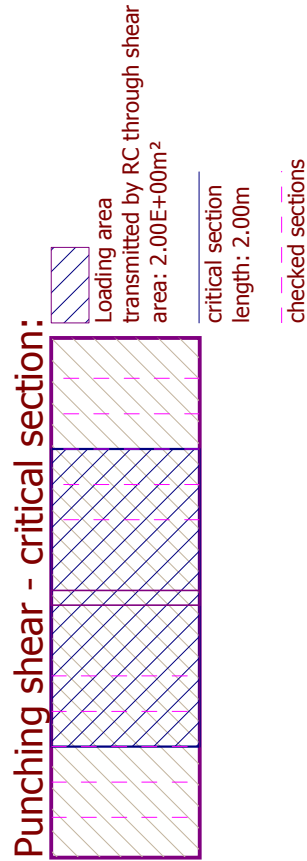


For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



For non-commercial purposes only

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.50 [-]

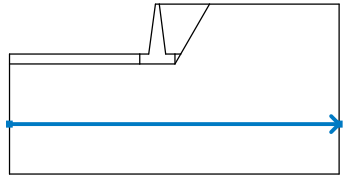
Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-10.00	-1.95	-10.00	-1.05	-10.00
		-0.40	-5.00	0.00	-5.00	5.01	-5.00
		18.00	-5.00				
2		0.00	-5.00	0.65	-10.00	1.55	-10.00
3		-1.95	-11.00	1.55	-11.00	1.55	-10.00
		2.13	-10.00	5.01	-5.00		
4		-15.00	-11.00	-1.95	-11.00	-1.95	-10.00
5		1.55	-11.00	2.13	-10.00		


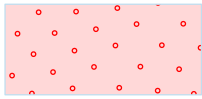


For non-commercial purposes only





No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
6		-15.00	-17.00	18.00	-17.00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39
2	Well graded sand (SW), medium dense		35.00	0.00	17.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	tanah asli		15.14		
2	Well graded sand (SW), medium dense		21.00		

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14$ kN/m³

Well graded sand (SW), medium dense

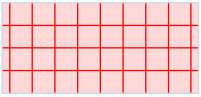
Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 35.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21.00$ kN/m³



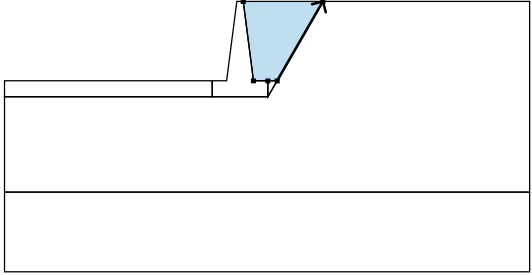
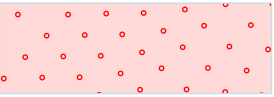
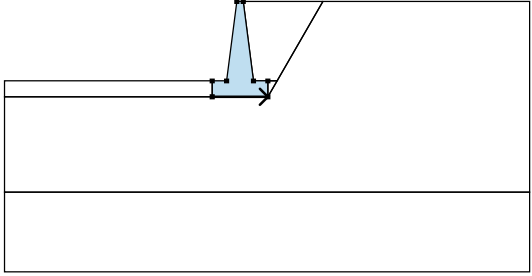
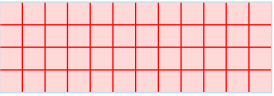
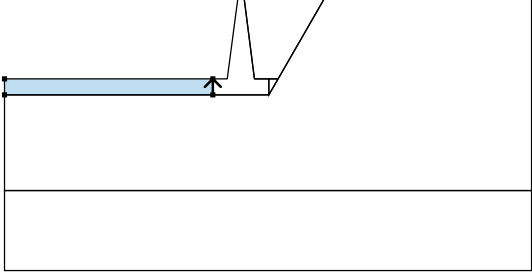

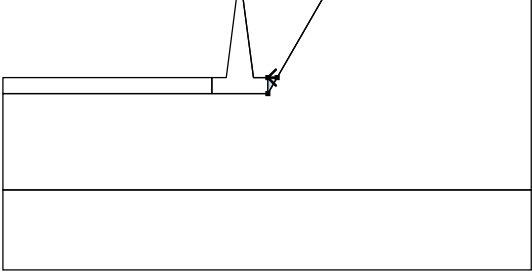

For non-commercial purposes only



Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		23.00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		2.13	-10.00	5.01	-5.00	Well graded sand (SW), medium dense 
		0.00	-5.00	0.65	-10.00	
		1.55	-10.00			
2		-1.95	-11.00	1.55	-11.00	Wall material 
		1.55	-10.00	0.65	-10.00	
		0.00	-5.00	-0.40	-5.00	
		-1.05	-10.00	-1.95	-10.00	
3		-1.95	-11.00	-1.95	-10.00	tanah asli 
		-15.00	-10.00	-15.00	-11.00	
4		2.13	-10.00	1.55	-10.00	Well graded sand (SW), medium dense 
		1.55	-11.00			



For non-commercial purposes only



No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
5		18.00	-17.00	18.00	-5.00	tanah asli
		5.01	-5.00	2.13	-10.00	
		1.55	-11.00	-1.95	-11.00	
		-15.00	-11.00	-15.00	-17.00	
6		-15.00	-17.00	-15.00	-22.00	tanah asli
		18.00	-22.00	18.00	-17.00	

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-10.00	0.52	-10.00	0.52	-9.00
		18.00	-9.00				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface



For non-commercial purposes only



Slip surface parameters

Center :	x =	-3.86 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-51.65 [°]
	z =	-4.98 [m]		$\alpha_2 =$	89.86 [°]
Radius :	R =	8.09 [m]			

The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.35 > 1.50

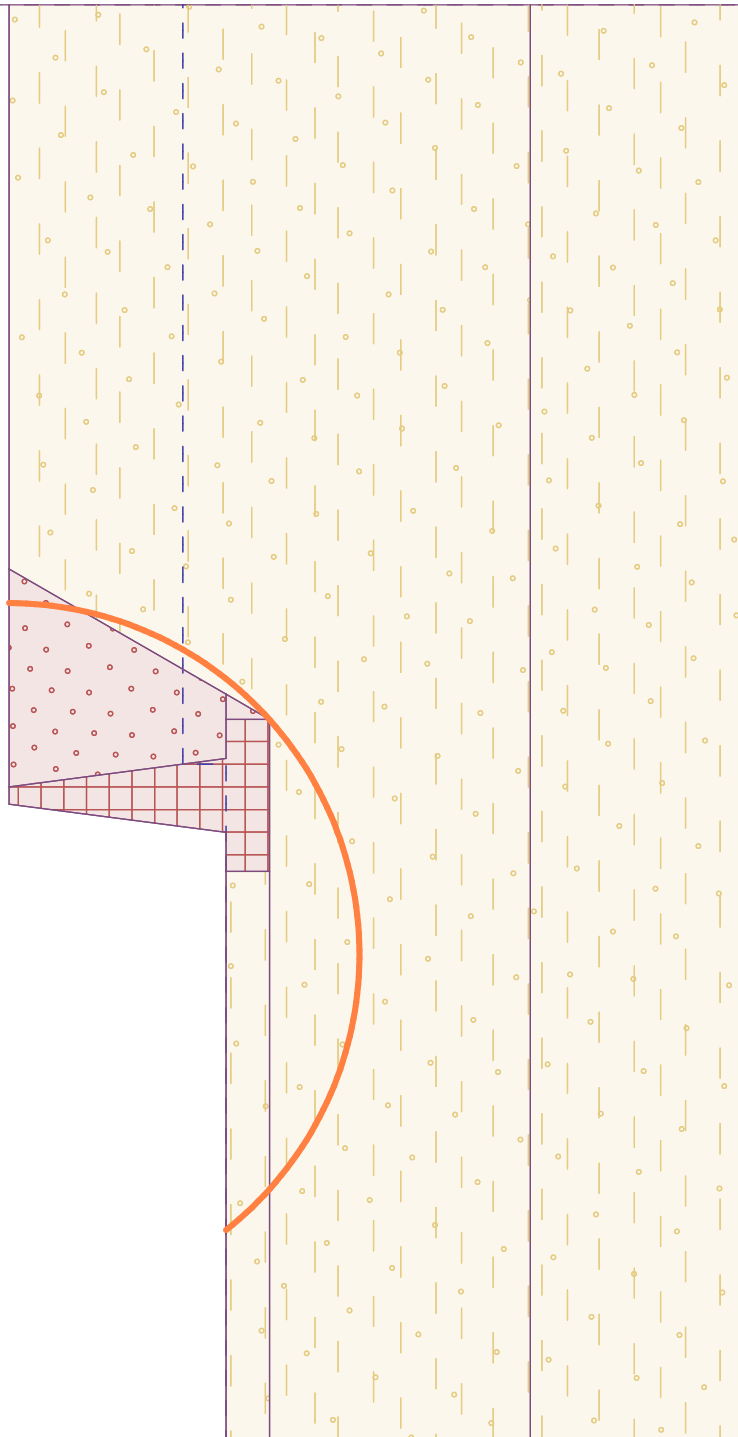
Slope stability ACCEPTABLE

For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = $2.35 > 1.50$

Slope stability ACCEPTABLE



For non-commercial purposes only



Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.50 [-]

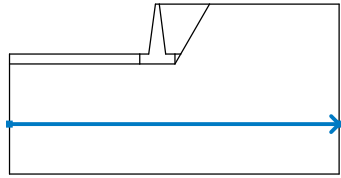
Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-10.00	-1.95	-10.00	-1.05	-10.00
		-0.40	-5.00	0.00	-5.00	5.01	-5.00
		18.00	-5.00				
2		0.00	-5.00	0.65	-10.00	1.55	-10.00
3		-1.95	-11.00	1.55	-11.00	1.55	-10.00
		2.13	-10.00	5.01	-5.00		
4		-15.00	-11.00	-1.95	-11.00	-1.95	-10.00
5		1.55	-11.00	2.13	-10.00		


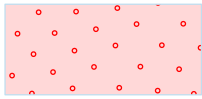


For non-commercial purposes only





No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
6		-15.00	-17.00	18.00	-17.00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	tanah asli		29.00	17.00	9.39
2	Well graded sand (SW), medium dense		35.00	0.00	17.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	tanah asli		15.14		
2	Well graded sand (SW), medium dense		21.00		

Soil parameters

tanah asli

Unit weight : $\gamma = 9.39$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 29.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 17.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 15.14$ kN/m³

Well graded sand (SW), medium dense

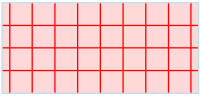
Unit weight : $\gamma = 17.00$ kN/m³
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 35.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21.00$ kN/m³



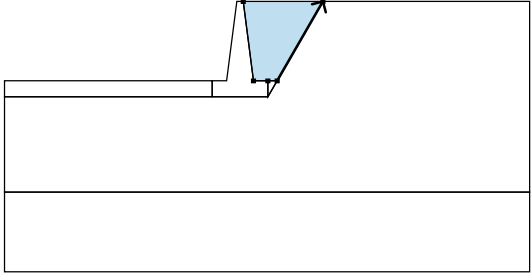
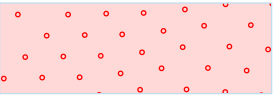
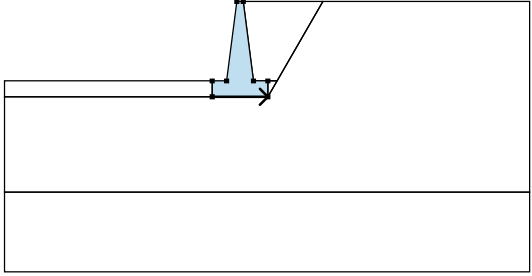
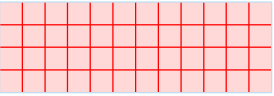
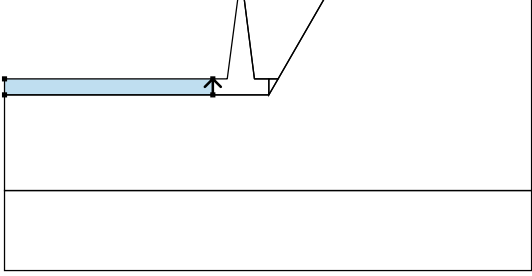

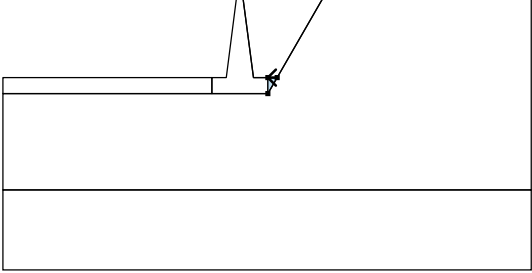

For non-commercial purposes only



Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Wall material		23.00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		2.13	-10.00	5.01	-5.00	Well graded sand (SW), medium dense 
		0.00	-5.00	0.65	-10.00	
		1.55	-10.00			
2		-1.95	-11.00	1.55	-11.00	Wall material 
		1.55	-10.00	0.65	-10.00	
		0.00	-5.00	-0.40	-5.00	
		-1.05	-10.00	-1.95	-10.00	
3		-1.95	-11.00	-1.95	-10.00	tanah asli 
		-15.00	-10.00	-15.00	-11.00	
4		2.13	-10.00	1.55	-10.00	Well graded sand (SW), medium dense 
		1.55	-11.00			



For non-commercial purposes only



No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
5		18.00	-17.00	18.00	-5.00	tanah asli
		5.01	-5.00	2.13	-10.00	
		1.55	-11.00	-1.95	-11.00	
		-15.00	-11.00	-15.00	-17.00	
6		-15.00	-17.00	-15.00	-22.00	tanah asli
		18.00	-22.00	18.00	-17.00	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	q, q ₁ , f, F	Magnitude q ₂	unit
1	strip	variable	on terrain	x = 0.00	l = 10.00		0.00	10.00		kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-15.00	-10.00	0.52	-10.00	0.52	-9.00
		18.00	-9.00				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.



For non-commercial purposes only



Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)**Analysis 1****Circular slip surface**

Slip surface parameters						
Center :	x =	-2.40	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-45.75 [°]
	z =	-4.99	[m]		$\alpha_2 =$	89.92 [°]
Radius :	R =	7.18	[m]			
The slip surface after optimization.						

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.16 > 1.50

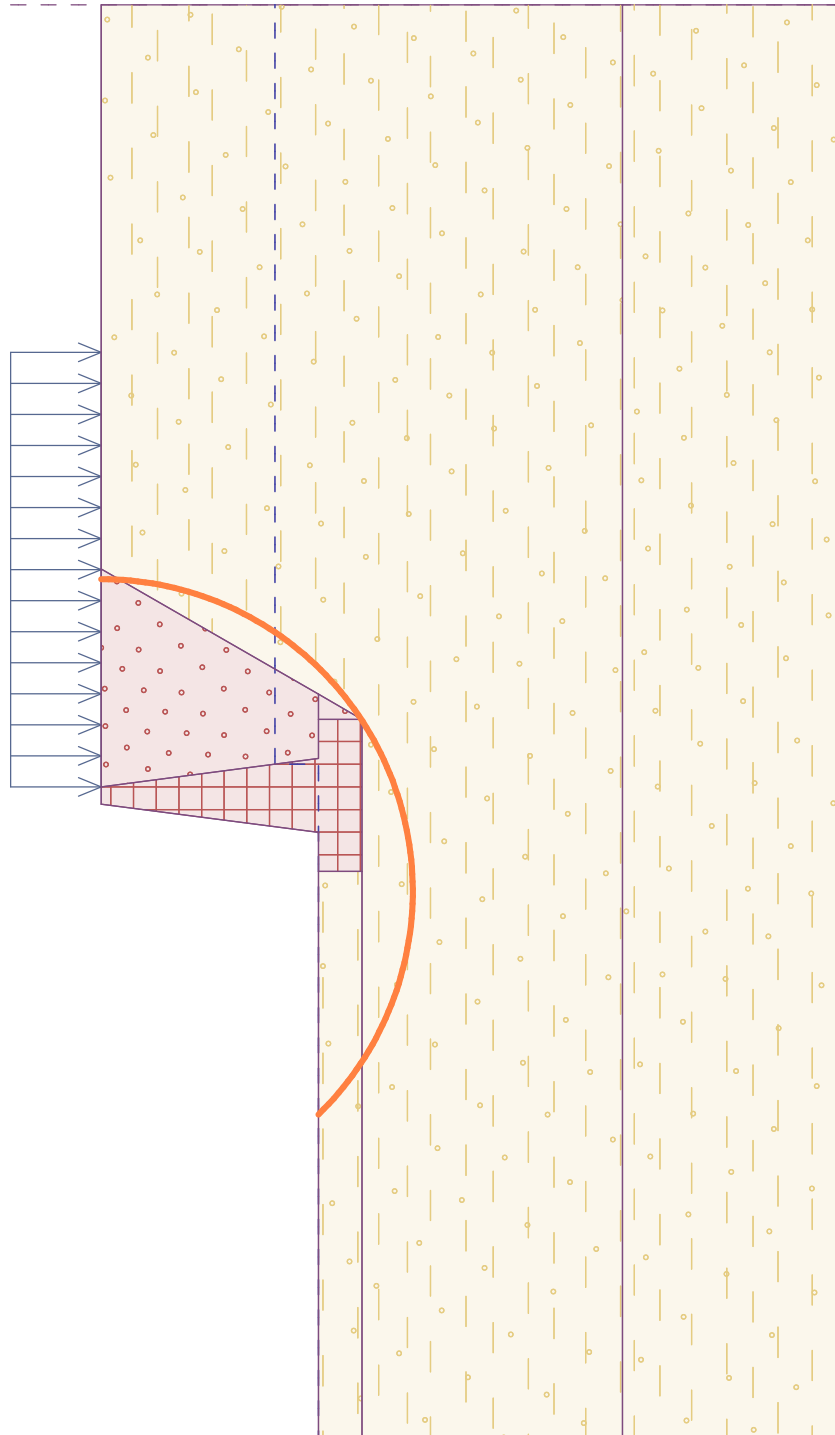
Slope stability ACCEPTABLE

For non-commercial purposes only



Name :

Stage - analysis : 1 - 1



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Spencer)

Factor of safety = 2.16 > 1.50

Slope stability ACCEPTABLE



For non-commercial purposes only



LAMPIRAN 3:

DRAFT DOKUMEN PROGRAM KONSTRUKSI REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

DOKUMEN PROGRAM KONSTRUKSI

REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL KAWASAN PUSPIPTEK SERPONG



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	ii
ABSTRAK.....	4
I. PERTIMBANGAN UMUM	Error! Bookmark not defined.
A. Perencanaan, jadwal dan rentetan pekerjaan.....	
a) Manajemen konstruksi.....	Error! Bookmark not defined.
b) Komponen penting pengelolaan proyek.....	32
c) Struktur kontraktor EPC.....	33
d) Organisasi proyek.....	34
e) Manajemen proyek	35
B. Spesifikasi pengadaan	42
II. MANUFAKTUR DAN ASEMBLI.....	51
A. Persyaratan pekerjaan konstruksi.....	52
B. Kondisi lingkungan kerja	98
C. Kendali dan <i>cleanless</i> material asing.....	98
D. Bukti penerimaan, penanganan, transport, penyimpanan, pengawetan dan pemeliharaan	98
E. Verifikasi dan pengujian kegiatan konstruksi.....	99
III. PROTEKSI SSK PENTING TERHADAP KESELAMATAN.....	101
IV. SISTEM PELAPORAN	101
A. Laporan kontraktor	101
B. Laporan harian, mingguan	101
C. Laporan bulanan.....	101
D. Laporan penggunaan tenaga asing	101
E. Laporan RKL/RPL	101
DAFTAR PUSTAK	

ABSTRAK

Reaktor Daya Eksperimental (RDE) merupakan reaktor yang akan dibangun di kawasan Puspiptek, Serpong. RDE dirancang dengan daya 10 MWth (~ 3 MWe), menggunakan tipe reaktor HTGR (*High Temperature Gas Cooled Reactor*), pendingin gas helium dan bermoderator grafit. Konstruksi/ pembangunan RDE tergolong kedalam Pekerjaan Kompleks dimana merupakan pekerjaan yang memerlukan teknologi tinggi dan/atau mempunyai risiko tinggi, menggunakan peralatan khusus dan/atau bernilai di atas Rp. 50.000.000.000,- (lima puluh miliar rupiah). Karena itu, pekerjaan konstruksi RDE membutuhkan metode yang teruji, sumber daya yang berkualitas, serta penerapan ilmu pengetahuan yang tepat dan *up to date*. Konstruksi adalah kegiatan membangun instalasi nuklir di tapak yang sudah ditentukan, meliputi pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrik, tata lingkungan, pemasangan, dan pengujian struktur, sistem, dan komponen instalasi nuklir tanpa bahan nuklir. Dalam melaksanakan konstruksi bangunan sering terjadi kegagalan akibat kerusakan yang terjadi pada struktur atau bagian struktur, antara lain disebabkan oleh adanya faktor yang sebelumnya tidak diperhitungkan atau tidak mengikuti program konstruksi yang sudah ditetapkan. Karena itu, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan dan Pemanfaatan Instalasi Nuklir dan sebagaimana yang ditetapkan dalam pasal 4 ayat 2 huruf k[1], menyebutkan bahwa pembuatan program konstruksi merupakan salah satu syarat teknis yang diperlukan saat mengajukan izin konstruksi PLTN. Pelaksanaan atau pekerjaan sebuah proyek konstruksi dimulai dengan penyusunan perencanaan, penyusunan jadwal (penjadwalan) dan untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan perencanaan diperlukan pengendalian. Untuk memperoleh izin konstruksi diperlukan diantaranya dokumen program konstruksi, yang sekurang-kurangnya memuat : (a). Prosedur dan Jadwal Pelaksanaan Konstruksi; (b). Prosedur Uji Fungsi; (c). Kriteria Penerimaan Desain; dan (d) Dokumentasi dan Pelaporan. Secara umum, dokumen akan membahas program konstruksi pembangunan gedung/bangunan khusus/ PLTN. Praktik baik pengalaman pembangunan pembangkit dapat diambil terutama dalam proses pembangunan atau konstruksi proyek-proyek pembangkit listrik tenaga uap, diesel yang dilaksanakan oleh PT. PLN (persero). Dokumen program konstruksi yang akan disusun mengacu pada IAEA SSG 38 Construction for Nuclear Installations, Sistem Manajemen Instalasi Nuklir (GS-G-3.5), sistem Manajemen fasilitas dan kegiatan (GS-G-3.1) dan Undang Undang No. 28 tahun 2002. Karena pekerjaan konstruksi memiliki dampak yang signifikan terhadap keselamatan instalasi nuklir di masa depan, sistem manajemen terintegrasi meliputi konstruksi harus dilaksanakan untuk memastikan bahwa masalah keselamatan menjadi perhatian di seluruh semua kegiatan konstruksi.

I. PERTIMBANGAN UMUM

A. Perencanaan, jadwal dan rentetan pekerjaan

Fakta menunjukkan penjadwalan konstruksi reaktor daya eksperimental (RDE) menjadi sangat relevan, karena Indonesia tidak memiliki pengalaman yang cukup untuk membangun fasilitas RDE/ reactor nuklir. Dalam bagian ini akan dijelaskan secara ringkas prosedur penjadwalan yang seharusnya dilakukan.

1.1. Pemahaman proyek konstruksi RDE

Terlepas dari jenis konstruksi yang akan dibangun, merupakan hal penting untuk dipahami terlebih dahulu akan beberapa hal.

- a. Skeduler (pembuat jadwal/ skedul) harus mempelajari terlebih dahulu spesifikasi penjadwalan yang disyaratkan (jika ada). Sebagai contoh, apakah akan digunakan penjadwalan berbasis *activity on arrow* (e.g. *critical path method*, CPM) atau *activity on node* (e.g. *precedence diagram method*, PDM), sampai seberapa detail penjadwalan yang akan disusun (detailing skedul untuk pemilik tentunya berbeda dengan kontraktor), apakah digunakan hari kalender atau hari kerja (catatan: dalam praktik biasa digunakan hari kalender), bagaimana dengan skala waktu (e.g. harian, mingguan, dwi-mingguan, bulanan).
- b. Skeduler harus memahami kontrak konstruksi antara pemilik dan kontraktor. Sebagai contoh, apakah dalam kontrak disebutkan klausul mengenai *intermediate completion*, apakah ada material atau peralatan yang dipasok oleh pemilik, subkontraktor yang ditunjuk oleh pemilik (*nominated subcontractors*), apakah ada kondisi-kondisi khusus yang secara kontrak harus diperhatikan.
- c. Skeduler harus mempelajari gambar desain untuk mendapatkan pemahaman metode kerja, *constructability*, dan menentukan relasi (hubungan) ketergantungan antaraktivitas.
- d. Skeduler perlu mempelajari spesifikasi-spesifikasi atau kendala-kendala lainnya yang mungkin menyebabkan progres proyek menjadi terlambat

1.2. Tahapan scheduling/ penjadwalan

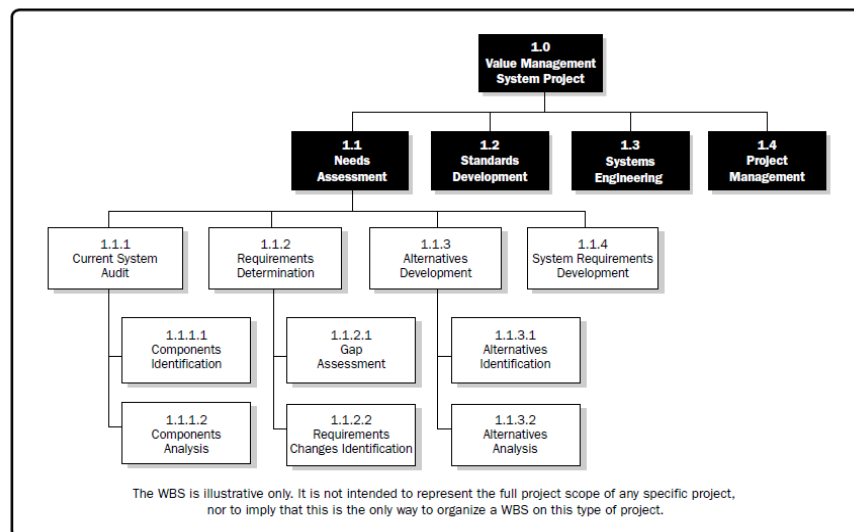
Tahapan menyusun skedul/ jadwal proyek konstruksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mendefinisikan aktivitas (*activity/task*)

Dua hal yang perlu diperhatikan dalam mendefinisikan aktivitas adalah jumlah aktivitas dan tingkat detail-nya. Jumlah aktivitas harus dibatasi, tidak boleh terlalu sedikit tetapi juga tidak boleh terlalu banyak meski pembatasan tersebut akan berbeda antara satu proyek dengan proyek lainnya. Banyak sedikitnya tentunya harus disesuaikan dengan :

- Karakteristik pekerjaan (i.e. homogenitas) : aktivitas-aktivitas yang secara alamiah memiliki karakter yang berbeda (e.g. pekerjaan pembetonan dan bekisting) sebaiknya dipisahkan;
- Lokasi atau lantai : aktivitas-aktivitas yang berada di lokasi atau lantai yang berbeda sebaiknya dipisahkan;
- Timing/kronologis : ada beberapa aktivitas yang memang sengaja harus ditunda penyelesaiannya untuk keperluan lain (e.g. penundaan penyelesaian ruangan untuk direksi kit selama konstruksi);
- Tanggung jawab : aktivitas-aktivitas juga perlu dipisahkan berdasarkan pihak yang bertanggung jawab (e.g. kontraktor utama, subkontraktor);
- Fase : aktivitas dengan fase berbeda juga perlu dipisahkan.

Work Breakdown Structure (WBS) biasanya digunakan untuk menentukan tingkat detail aktivitas di mana ruang lingkup dipecah-pecah lagi secara sistematis sampai beberapa level. Level terendah dalam WBS biasa dikenal dengan *work package* (WP) yang memiliki *deliverables* (output) yang diskrit (jelas). Gambar 2 memperlihatkan contoh sederhana WBS.



Gambar 2 Contoh sederhana WBS dari Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

WBS yang disusun harus mengikuti aturan 100 % bahwa : WBS harus memasukkan 100 % pekerjaan yang didefinisikan dalam ruang lingkup dan memasukkan seluruh deliverables, baik internal, eksternal maupun interim, termasuk manajemen proyek. Beberapa standar WBS juga tersedia, seperti MasterFormat (lihat Gambar 3) atau Uniformat. Adapun beberapa *rules of thumb* yang dapat digunakan untuk mendefinisikan WP adalah : (i) 80-hr-rule (i.e. WP sebaiknya tidak melebihi 80 jam

kerja), (ii) tidak melebihi periode pelaporan (i.e. jika pelaporan progres dilakukan mingguan, WP sebaiknya tidak melebihi satu minggu), (iii) dapat diestimasi secara realistis, (iv) tidak mungkin dipecah lagi (i.e. karenanya menjadi level terendah dalam WBS), (v) produk yang dihasilkan dapat terukur, (vi) merupakan paket unik yang outputnya bisa diserahkan pada pihak lainnya (*contracted out*).

03 00 00	CONCRETE
03 01 00	Maintenance of Concrete
03 01 10	Maintenance of Concrete Forming and Accessories
03 01 20	Maintenance of Concrete Reinforcing
03 01 23	Maintenance of Stressing Tendons
03 01 30	Maintenance of Cast-in-Place Concrete
03 01 30.51	Cleaning of Cast-in-Place Concrete
03 01 30.61	Resurfacing of Cast-in-Place Concrete
03 01 30.71	Rehabilitation of Cast-in-Place Concrete
03 01 30.72	Strengthening of Cast-in-Place Concrete
03 01 40	Maintenance of Precast Concrete
03 01 40.51	Cleaning of Precast Concrete
03 01 40.61	Resurfacing of Precast Concrete
03 01 40.71	Rehabilitation of Precast Concrete
03 01 40.72	Strengthening of Precast Concrete
03 01 50	Maintenance of Cast Decks and Underlayment
03 01 50.51	Cleaning Cast Decks and Underlayment
03 01 50.61	Resurfacing of Cast Decks and Underlayment
03 01 50.71	Rehabilitation of Cast Decks and Underlayment
03 01 50.72	Strengthening of Cast Decks and Underlayment
03 01 60	Maintenance of Grouting
03 01 70	Maintenance of Mass Concrete
03 01 80	Maintenance of Concrete Cutting and Boring

Gambar 3 Contoh WBS menurut MasterFormat (2004)

b. Menentukan durasi aktivitas

Durasi ditentukan berdasarkan volume pekerjaan dan produktivitas. Dalam menentukan lamanya durasi skeduler perlu mempertimbangkan kondisi-kondisi khusus seperti hari-hari libur (e.g. lebaran yang biasa membutuhkan waktu setidaknya dua minggu) atau musim-musim hujan (e.g. konstruksi atap harus diselesaikan sebelum musim penghujan). Hal lainnya terkait pelaporan adalah durasi tidak bisa “rolled-down” tetapi “*rolled-up*.” Sebagai contoh, jika durasi dinyatakan dalam minggu maka jelas pelaporan tidak bisa dinyatakan dalam harian tetapi bisa mingguan, dwi-mingguan atau bulanan.

c. Menentukan relasi ketergantungan antaraktivitas

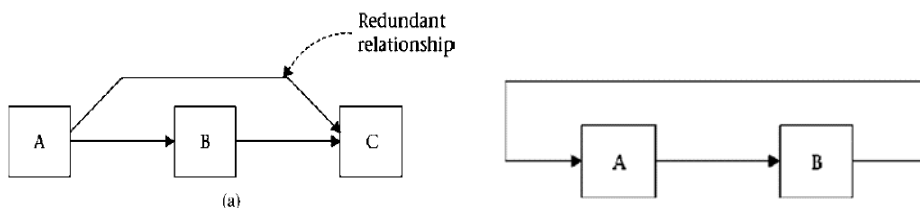
Skeduler perlu memahami karakteristik aktivitas konstruksi untuk nantinya menentukan relasi atau hubungan ketergantungan yang tepat antara dua aktivitas (e.g. *finish-start*, *finish-finish*, *start-start*, *start-finish*). Skeduler juga perlu memperhatikan kendala-kendala yang mungkin terjadi yang berpengaruh terhadap relasi antaraktivitas. Sebagai contoh, dua atau lebih aktivitas dapat dilakukan berbarengan (paralel). Namun, karena ketersediaan sumber daya yang sangat terbatas (e.g. tenaga kerja, peralatan), satu aktivitas akan menjadi predesesor

(pendahulu) aktivitas lainnya. Kendala-kendala lainnya menyangkut persetujuan (*approval*) dari pemilik, enjiner (wakil pemilik), pemerintah, dan lain-lain.

d. Menggambarkan relasi ketergantungan

Setelah didefinisikan, relasi ketergantungan dapat digambarkan dalam diagram jaringan kerja (*network*). Ada beberapa kesalahan yang kerap ditemukan dalam mendefinisikan relasi ini :

- *Wrong relationships* (i.e. ketergantungan dengan aktivitas yang tidak tepat atau aktivitas yang dihubungkan sudah benar tetapi jenis ketergantungannya yang salah);
- *Missing relationships* (i.e. ketergantungan yang hilang karena, misal, tidak dipertimbangkannya kendala sumber daya; lihat poin c). *Missing relationships* ini dapat berakibat suatu aktivitas memiliki *float* (waktu ambang) yang sangat panjang (*excessive floats*). Meski tidak otomatis bermasalah namun skeduler tetap perlu mereviu aktivitas-aktivitas demikian, juga jika menemukan bahwa jalur kritis terjadi di hampir semua jalur.
- *Redundant/looping relationships* (i.e. ketergantungan yang tidak perlu). Gambar 4 memperlihatkan dua contoh kesalahan tipe ini.



Gambar 4. Contoh kesalahan *redundant/looping relationship*

e. Penghalusan kembali (*refinement*)

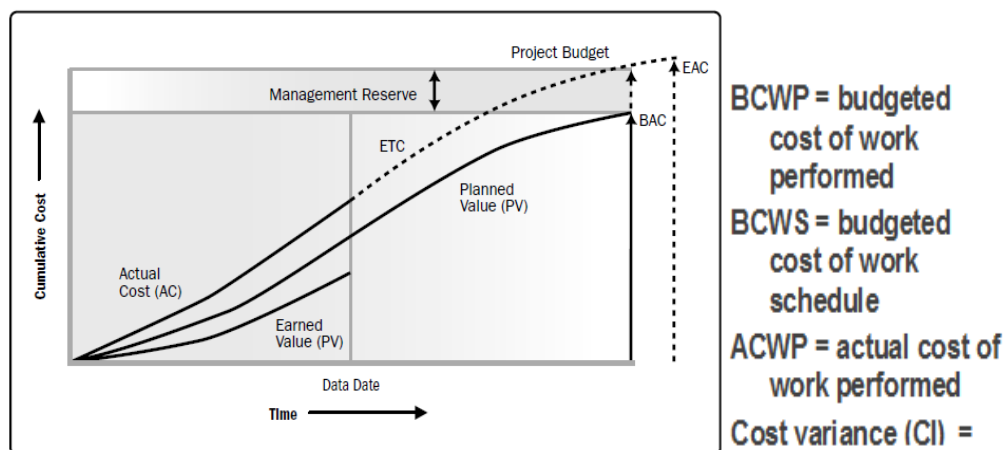
Refinement ini dengan melakukan peninjauan kembali ini dapat dilakukan oleh skeduler sendiri atau oleh pihak lain yang perlu diajak berkomunikasi (e.g. pemilik, subkontraktor, enjiner). Tujuannya adalah untuk mendapatkan skedul yang akurat dan yang lebih penting lagi, dapat diimplementasikan. Adalah penting untuk memahami bahwa kondisi skedul yang tidak pernah digunakan, sebaik apapun skedul tersebut, akan lebih buruk jika dibandingkan tidak ada skedul sama sekali. Hal lainnya adalah *resource leveling* atau *constraining* yang perlu diperhatikan serta kepemilikan *float* (*float ownership*).

Kepemilikan *float* penting untuk menghindari terjadinya konflik antara pemilik dan kontraktor saat terjadi penundaan aktivitas. Sebagai contoh, suatu aktivitas memiliki *float* selama 3 minggu; artinya, penundaan aktivitas yang diijinkan adalah 3 minggu, tanpa berdampak pada waktu penyelesaian proyek (*total float*) atau waktu

mulainya aktivitas suksesor (*free float*). Selanjutnya, pemilik meminta kontraktor melakukan penundaan selama dua minggu maka penundaan tersebut masih dalam toleransi yang diizinkan. Masalah muncul jika selama penundaan tersebut kontraktor mengalami kerugian, karena, misal, peralatan yang *idle*. Jika dianggap yang memiliki *float*, pemilik tidak harus memberikan kompensasi atas kerugian kontraktor tetapi sebaliknya jika *float* dianggap milik kontraktor, pemilik wajib memberikan kompensasi ganti rugi. Untuk menghindari konflik terjadi, ada baiknya dilakukan kesepakatan bersama di awal perihal kepemilikan *float*.

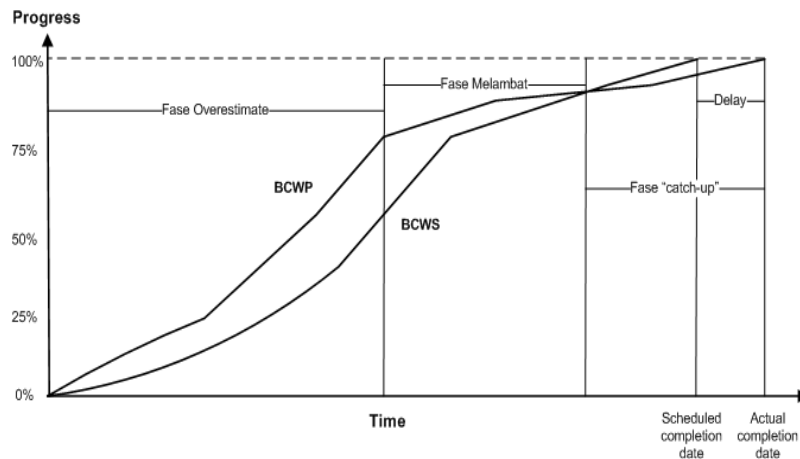
2. Monitoring dan evaluasi

Skedul yang telah disusun seharusnya dimonitor dan dievaluasi selama proses konstruksi sebagai bagian dari pengendalian proyek. Penting sekiranya skeduler untuk bisa mengidentifikasi apakah proyek berpotensi akan terlambat, apakah keterlambatan tersebut bersifat parsial atau secara keseluruhan, di mana terjadi perbedaan antara realisasi dan ekspektasi dan mengapa, siapa yang harus bertanggung jawab atas terjadinya keterlambatan, apakah ada efeknya bagi aktivitas atau proyek lainnya. Dalam praktik, biasa digunakan analisis *earned value* (EV) untuk menentukan kinerja proyek baik dari sisi durasi maupun biaya (lihat Gambar 5).



Gambar 5. *Earned value analysis*

Selama masa konstruksi perlu kehati-hatian atas sindrom 70/80 %. Sindrom ini menjelaskan bahwa overestimasi kinerja biasa terjadi sampai proyek pada posisi progres 70 atau 80 % namun setelah progres ini tercapai proyek akan mengalami fase pelambatan yang secara akumulatif akan berdampak pada meningkatnya risiko keterlambatan. Untuk menekan risiko ini kontraktor akan melakukan akselerasi pekerjaan (*fase catching-up*) namun dalam banyak kasus upaya ini tetap tidak bisa menghindarkan proyek dari keterlambatan penyelesaian (lihat Gambar 6).



Gambar 6 Sindrom 70/80 % overestimasi

3. Keterlambatan proyek konstruksi

Dari sisi skedul, proyek konstruksi yang tidak terkendali dengan baik akan mengalami keterlambatan. Namun penting untuk dipahami bahwa keterlambatan proyek tidak secara otomatis menjadi tanggung jawab kontraktor semata, melainkan juga bisa berasal dari pemilik atau faktor-faktor lainnya. Secara umum, keterlambatan dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu :

- a. Keterlambatan tipe C yaitu keterlambatan yang disebabkan kontraktor;
- b. Keterlambatan tipe E yaitu keterlambatan yang disebabkan pemilik atau wakilnya (enjinier);
- c. Keterlambatan tipe N yaitu keterlambatan yang bukan disebabkan kontraktor atau pemilik (e.g. keterlambatan akibat cuaca ekstrem atau ditemukan benda-benda artefak).

Dari aspek kompensasi, keterlambatan bisa dibagi menjadi :

- a. Keterlambatan yang *non-excusable* yaitu keterlambatan tipe C yang mana kontraktor akan dikenakan penalti (atau *liquidated damages* dalam kontrak FIDIC yang memiliki filosofi berbeda dengan penalti) atas keterlambatan yang terjadi;
- b. Keterlambatan yang *excusable*; biasanya untuk keterlambatan tipe N yang mana keterlambatan yang terjadi tidak mengharuskan kontraktor harus membayar penalti dan kontraktor akan mendapatkan perpanjangan waktu (*extension of time*; EOT). Beberapa contoh klausul yang memberikan EOT bagi kontraktor adalah:
 - *causes beyond the contractor's control*

- ...unforeseeable causes beyond the control and without the fault or negligence of the contractor
- ...or other special circumstances of any kind whatsoever which may occur, other than through a default of the contractor, be such as fairly to entitle the contractor to an extension of time...(FIDIC)
- ...or other causes beyond the Contractor's control,...or any other causes which the Architect determines may justify delay...(AIA)

- c. Keterlambatan yang *compensable* yang mengharuskan pemilik memberikan kompensasi atas kerugian yang ditanggung kontraktor akibat keterlambatan yang disebabkan pemilik (keterlambatan tipe E).

Ada kalanya dalam proyek terjadi lebih dari satu tipe keterlambatan yang biasa disebut dengan *concurrent delay*. Dalam beberapa kasus, kejadian *concurrent delay* ini bisa mengakibatkan sengketa antara pemilik dan kontraktor. Oleh karena itu, kembali, skeduler perlu memahami benar konten kontrak.

4. Penutup

Sebagai penutup disampaikan beberapa saran berikut ini. Mengingat karakteristik dan kompleksitas proyek konstruksi reaktor nuklir dan keterbatasan pengalaman Indonesia membangun reaktor nuklir, meski masih berskala eksperimental, penting sekiranya diantisipasi faktor-faktor yang sekiranya berpotensi meningkatkan risiko keterlambatan proyek. Termasuk di dalamnya adalah faktor perizinan yang dapat berdampak pada waktu mulainya suatu aktivitas dan kepastian pembiayaan. Komunikasi dengan pihak-pihak yang berkompeten sangat direkomendasikan, termasuk dengan *legal specialist* dan *procurement specialist* serta kementerian-kementerian teknis terkait lainnya (e.g. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Direktorat Jendral Bina Konstruksi).

a) Manajemen konstruksi

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) bertujuan untuk membangun sistem catu daya utama yang sangat dibutuhkan dalam menunjang aktivitas kegiatan dan pembangunan. Proyek pembangunan PLTN ini merupakan proyek konstruksi skala besar dan kompleks yang membutuhkan investasi besar dan waktu yang panjang serta melibatkan berbagai sumber daya dalam jumlah besar. Sumber daya tersebut meliputi: material bahan konstruksi dalam jumlah besar, peralatan pendukung yang mumpuni, tenaga kerja yang kompeten, dana yang besar, dan juga metoda kerja yang baik dan

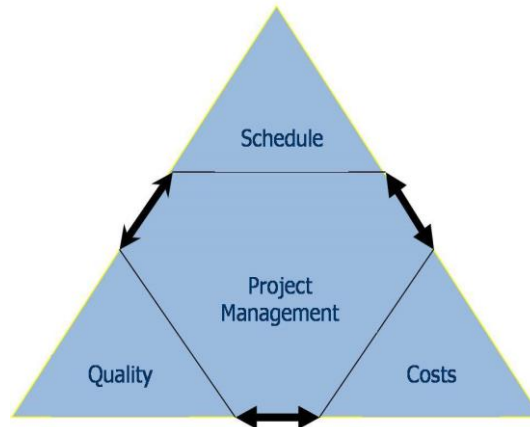
teruji. Sebagai gambaran, proyek pembangunan Olkiluoto 3 (Finlandia) melibatkan hampir sekitar 4400 pekerja di lokasi proyek dan setelah proyek selesai, operasional konstruksi akan membuka 150 hingga 200 lapangan kerja baru [9,10].

Dalam proses pembangunannya, proyek konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) akan menghadapi berbagai tantangan baik yang bersifat teknis maupun non teknis. Untuk itu dibutuhkan manajemen pengelolaan proyek yang baik dan benar untuk menghadapi berbagai tantangan yang akan dihadapi dalam mewujudkan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) ini. Untuk menunjang keberhasilan pembangunan proyek konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) secara efisien dan efektif, maka diperlukan penerapan manajemen proyek konstruksi yang baik dan benar untuk mengelola dan mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa hingga diperoleh hasil yang optimal sesuai dengan rencana dan spesifikasi yang ditetapkan. Untuk memastikan tujuan proyek tercapai sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, maka pengelolaan proyek harus dilakukan secara professional dan matang sepanjang siklus hidup proyek [3].

Secara umum, siklus hidup proyek menggambarkan adanya kebutuhan, bagaimana sebuah proyek direncanakan, dilaksanakan dan dikendalikan hingga proyek tersebut dioperasionalkan dan dipelihara sehingga berfungsi seperti yang telah direncanakan dan tujuan proyek tercapai. Tahapan siklus hidup proyek, terdiri dari: (1) Ide atau Kebutuhan (*need*), (2) Pra-rencana (*preliminary design*), (3) Studi kelayakan (*feasibility study*), (4) Perencanaan yang lebih rinci (*design development* dan *detail design*), (5) Memilih calon pelaksana (*tender*), (6) Pelaksanaan pembangunan (*construction*), dan (7) Persiapan penggunaan bangunan, operasional, dan pemeliharaan (*start up, operation and maintenance*).

Sementara itu, ada tiga faktor utama yang perlu diperhatikan dalam mewujudkan tujuan proyek yang berkaitan dan saling mempengaruhi, yaitu *Schedule*, *Quality*, dan *Costs* [5]. Faktor *Schedule* atau Waktu berkaitan dengan jadwal waktu pelaksanaan proyek yang direncanakan, faktor *Costs* atau Biaya berkaitan dengan biaya proyek yang dianggarkan, sementara faktor *Quality* atau Mutu berkaitan dengan kualitas mutu proyek yang dihasilkan.

Dalam rangka mencapai hasil yang diharapkan sesuai rencana, maka harus selalu diusahakan pelaksanaan pengawasan mutu (*Quality Control*), pengawasan biaya (*Cost Control*) dan pengawasan waktu pelaksanaan (*Time Control*) secara komprehensif dan berkesinambungan sepanjang pelaksanaan proyek tersebut (lihat Gambar 1) [6].



Gambar 4.1. Segitiga Faktor Utama Manajemen Proyek Konstruksi

Selain ketiga faktor utama tersebut, juga perlu diperhatikan pula mengenai faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) serta masalah Lingkungan Berkelanjutan (*Sustainable Environmental*) baik selama pelaksanaan proyek maupun pada masa operasional dan pemeliharaan konstruksi.

Manajemen proyek konstruksi merupakan suatu cara/metode untuk mencapai hasil optimal dan memiliki peran penting dalam mewujudkan bentuk bangunan/ infrastruktur termasuk bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang dibatasi oleh waktu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif melalui tindakan-tindakan:

1. Perencanaan (*Planning*), yaitu: menentukan apa yang harus dikerjakan dan bagaimana mengerjakannya. Ini berarti menyangkut pengambilan keputusan terhadap berbagai pilihan-pilihan.
2. Pengorganisasian (*Organizing*), yaitu: usaha untuk menetapkan jenis-jenis kegiatan yang harus ditangani untuk mencapai tujuan, membentuk struktur organisasi termasuk wewenang dan tanggung jawab tiap bagian sehingga semua kegiatan dapat berjalan dengan baik tidak terjadi tumpang tindih penugasan maupun salah komunikasi dan memudahkan koordinasi antar bagian.
3. Penempatan Orang (*Staffing*), yaitu: usaha untuk mengembangkan dan menempatkan orang-orang yang tepat di dalam organisasi untuk melaksanakan berbagai tugas berkaitan dengan tujuan mewujudkan proyek sesuai rencana yang dibuat.
4. Pengarahan (*Directing*), yaitu: usaha untuk mengarahkan, membangun motivasi, dan memberikan bimbingan kepada seluruh anggota organisasi untuk mencapai tujuan organisasi.

5. Pengendalian (*Controlling*), yaitu: usaha memastikan bahwa seluruh pelaksanaan proyek telah sesuai dengan apa yang direncanakan, termasuk usaha melakukan perbaikan bila diperlukan.

Sumber daya yang perlu dikelola dengan efektif, meliputi: *man, money, materials, machines*, dan *methods* yang sering disebut juga dengan 5-M.

Dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan, manajemen proyek konstruksi menekankan pelaksanaan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan proyek, dan pengawasan yang baik dan akurat agar pelaksanaan proyek berjalan dengan baik dan menghasilkan *output* seperti yang diharapkan [8]. Manajemen proyek konstruksi memiliki beberapa fungsi antara lain :

1. Menentukan tujuan proyek dan rencana termasuk ruang lingkup, penganggaran, penjadwalan, pengaturan persyaratan kinerja, dan memilih peserta proyek;
2. Memastikan pelaksanaan *Quality Control* untuk menjaga kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan;
3. Mengantisipasi terjadinya perubahan kondisi lapangan yang tidak pasti dan mengatasi kendala terbatasnya waktu pelaksanaan;
4. Memantau prestasi dan kemajuan proyek yang telah dicapai, melalui pengawasan, pengendalian dan opname (laporan) harian, mingguan dan bulanan secara rutin;
5. Melakukan evaluasi, pengambilan keputusan, dan tindakan perbaikan bila diperlukan terhadap masalah-masalah yang terjadi di lapangan;
6. Mengembangkan komunikasi dan mekanisme yang efektif untuk menyelesaikan konflik.

Dalam implementasinya, pengelolaan proyek konstruksi terbagi menjadi 3 tahap/fase, yakni: (1) Fase pra-konstruksi, (2) Fase konstruksi, dan (3) Fase operasional dan pemeliharaan.

Pada tahap/fase pra konstruksi (ide/ kebutuhan, studi kelayakan, pra-desain, desain dan procurement), manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan perencanaan yang baik dengan mempertimbangkan segala permasalahan yang bisa timbul pada masa pelaksanaan. Untuk itu, perencanaan yang baik harus mendeteksi segala kemungkinan dan memperhitungkannya sebagai upaya tindakan preventif karena hasil perencanaan yang dibuat akan menjadi pedoman dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi termasuk bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Pada tahap konstruksi, manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan pelaksanaan yang baik agar sesuai dengan perencanaan dan spesifikasi yang telah ditetapkan dengan mempertimbangkan segala permasalahan dan tantangan yang timbul selama masa pelaksanaan. Diperlukan evaluasi kemajuan proyek secara berkala dan berkesinambungan agar dapat dengan segera mengetahui apabila terjadi

penyimpangan, sehingga dapat diambil langkah penyelesaian dengan cepat untuk meminimalisasi dampak yang dapat terjadi. Dalam hal ini, pengawasan dan pengendalian proyek sangat diperlukan. Pengawasan merupakan segala usaha atau kegiatan untuk mengetahui dan menilai kenyataan yang sebenarnya mengenai pelaksanaan kegiatan, apakah sudah sesuai dengan yang semestinya atau tidak. Sedangkan pengendalian adalah segala usaha atau kegiatan untuk menjamin semua pekerjaan yang sedang dilaksanakan berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan. Kualitas pengawasan dan pengendalian proyek yang baik ditunjang oleh standar acuan dan sistem pengawasan dan pengendalian yang baik dan didukung oleh faktor sumber daya manusia yang profesional.

Pada tahap operasional dan pemeliharaan, manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan pemeliharaan dilakukan dengan baik agar konstruksi yang dibuat dapat dioperasionalkan sesuai dengan perencanaan selama umur bangunan tersebut. Untuk memastikan agar konstruksi yang dihasilkan tersebut dapat beroperasi dengan baik selama umur bangunannya, maka pemeliharaan perlu dilakukan secara presisi sesuai dengan *Standard Operation Procedure (SOP)*.

Pelaksanaan proyek pada setiap tahapannya akan memerlukan koordinasi dan kerjasama antar berbagai pemangku kepentingan serta berbagai organisasi yang terstruktur [2]. Berikut adalah pihak-pihak yang terlibat dalam suatu pekerjaan proyek konstruksi:

1. Pemilik (*owner*), dapat berupa: Pemberi tugas (*employer*), Pengembang (*developer, investor*), atau pun Pengguna (*user*)
2. Konsultan, dapat berupa: Konsultan manajemen konstruksi (MK), Konsultan studi kelayakan, Konsultan perencana teknis/desain/perancang, Konsultan spesialis, Konsultan pengawas
3. Pelaksana Konstruksi, dapat berupa: Kontraktor, Subkontraktor, Kontraktor spesialis, Pemasok bahan dan/atau peralatan (*supplier*)
4. SDM (Tenaga Kerja), baik terlibat langsung maupun secara tidak langsung.
5. Masyarakat, baik yang berada disekitar lokasi proyek maupun masyarakat lain yang terkena dampak proyek
6. Lembaga Pengelolaan, dapat berupa: PLN, PDAM, Telkom, dan lain-lain.
7. Lembaga Keuangan, baik berupa Bank maupun Non-Bank
8. Lembaga Perijinan
9. Lembaga Internal

Sementara itu, pada setiap tahapan/fase pengelolaan proyek konstruksi akan berhadapan dengan berbagai tantangan yang harus dihadapi dan disikapi dengan bijak dan tegas dengan melibatkan semua pemangku kepentingan.

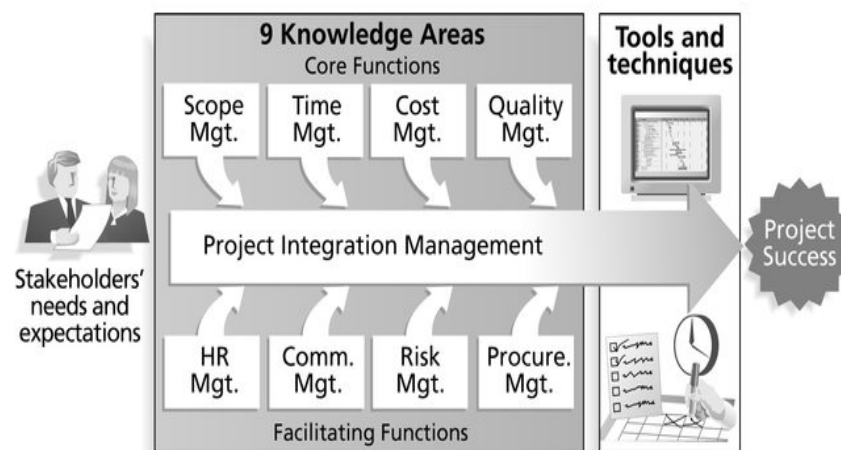
Tantangan pada tahap/fase pra-konstruksi berkaitan dengan: (1) bagaimana meyakinkan semua pemangku kepentingan untuk mendukung mewujudkan ide, kebutuhan, dan rencana proyek, (2) bagaimana memilih dan menetapkan perencana yang kompeten untuk mempersiapkan dokumen perencanaan yang dibutuhkan, (3) bagaimana mengawal proses perencanaan agar dihasilkan dokumen perencanaan yang komprehensif yang siap diimplementasikan, dan (4) bagaimana memilih dan menetapkan penyedia jasa konstruksi yang kompeten untuk melaksanakan konstruksi sesuai perencanaan yang telah dibuat. Tantangan pada tahap pra-konstruksi tersebut dapat diatasi antara lain dengan: (1) membuat dan merumuskan kajian studi kelayakan yang komprehensif dengan melibatkan semua pemangku kepentingan, (2) memilih, melakukan seleksi, dan menetapkan pihak-pihak yang akan terlibat dalam proses perencana dengan teliti dan profesional, (3) merumuskan dan menerapkan semua aspek evaluasi dengan cermat, akurasi tinggi dan komprehensif mencakup semua aspek. Pihak-pihak yang terlibat dalam tahapan ini diantaranya adalah: pemilik/pemberi tugas, tim perencana, konsultan ahli perencana, tim pengawas, tim ahli manajemen proyek konstruksi, perusahaan penyedia jasa/kontraktor dan supplier peserta tender.

Tantangan pada tahap/fase konstruksi berkaitan dengan: (1) bagaimana mengawal penyedia jasa konstruksi yang ditunjuk agar kinerjanya dapat sesuai dengan rencana proyek baik dari segi mutu, waktu, biaya, juga K3, serta masalah lingkungan, (2) bagaimana mengawal pelaksanaan proyek agar berjalan lancar tanpa gangguan yang berarti baik dari faktor internal maupun faktor eksternal, (3) bagaimana mengatasi penyimpangan yang mungkin terjadi dalam pelaksanaan proyek. Tantangan pada tahap konstruksi tersebut dapat diatasi antara lain dengan: (1) melakukan pengelolaan, pengawasan dan pengendalian dengan benar untuk memastikan kinerja proyek sesuai dengan rencana, (2) melibatkan konsultan pengawas/ konsultan manajemen konstruksi yang kompeten untuk mengawal pelaksanaan proyek, (3) melakukan koordinasi dengan berbagai pemangku kepentingan secara berkala dan berkesinambungan selama proyek berlangsung. Pihak-pihak yang terlibat dalam tahapan ini diantaranya adalah: pemilik/pemberi tugas, tim perencana, konsultan ahli perencana, tim pengawas, tim ahli manajemen proyek konstruksi, perusahaan penyedia jasa/kontraktor dan supplier pemenang tender.

Tantangan pada tahap/fase operasional dan pemeliharaan berkaitan dengan: (1) bagaimana mengoperasikan instalasi yang dibuat agar berjalan dengan baik dan sesuai rencana selama daur hidupnya, (2) bagaimana memastikan agar instalasi yang dibuat dapat beroperasi dengan optimal dan aman. Tantangan pada tahap operasional dan pemeliharaan tersebut dapat diatasi antara lain dengan: (1) mempersiapkan system dan organisasi yang profesional untuk melaksanakan operasi dan pemeliharaan, (2)

mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten untuk melaksanakan operasi dan pemeliharaan instalasi, (3) mempersiapkan dan menerapkan *standard operation procedure* dengan disiplin, cermat, akurat dan profesional. Pihak-pihak yang terlibat dalam tahapan ini diantaranya adalah: pemilik/pemberi tugas, konsultan ahli, tim pengawas, tim pelaksana operasional dan pemeliharaan, perusahaan penyedia jasa pemeliharaan dan supplier/pemasok.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan dan harapan para pemangku kepentingan dan menghadapi berbagai permasalahan serta tantangan pengelolaan proyek, berbagai pengetahuan perlu di implementasikan secara terintegrasi dan dibantu dengan aplikasi berbagai alat dan teknik-teknik yang terpercaya sehingga keberhasilan proyek dapat diwujudkan [7]. Kerangka/*framework* manajemen proyek dalam mendukung keberhasilan proyek dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 4.2. *Project Management Framework*

Pada kerangka manajemen proyek/*project management framework* nampak bahwa untuk mewujudkan kebutuhan dan harapan para pemangku kepentingan ada 4 pengetahuan inti dan 4 pengetahuan pendukung yang diintegrasikan oleh *Project Integration Management* dan dibantu oleh alat dan teknik-teknik yang berkembang saat ini untuk memperoleh keberhasilan proyek. Dengan demikian, kunci sukses proyek harus mampu mengintegrasikan seluruh *knowledge area* selama daur hidup proyek berlangsung. Berikut adalah penjelasan mengenai kerangka manajemen proyek/*project management framework* tersebut:

a. *Stakeholder's need and expectations*

Stakeholder atau pemangku kepentingan mempunyai keinginan dan kebutuhan yang harus mendapat perhatian khusus dan sangat penting karena merupakan informasi awal dari keseluruhan proyek, di mana keberhasilan proyek diukur salah

satunya oleh pemenuhan kebutuhan dan harapan/ekspektasi dari para stakeholder proyek.

b. *Core Functions Knowledge Areas*

Core Functions merupakan pengetahuan-pengetahuan inti (*core knowledge areas*) yang dibutuhkan dalam pengelolaan proyek untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Berikut penjelasan dari ke empat *core function knowledge areas*:

– Manajemen Lingkup Proyek (*Scope Management*)

Manajemen Lingkup Proyek bertujuan untuk mengatur seluruh pekerjaan yang harus dilakukan dan dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek dengan sukses. Terdiri dari persiapan, perencanaan lingkup, penetapan lingkup, verifikasi dan pengendalian perubahan lingkup.

– Manajemen Waktu Proyek (*Time Management*)

Manajemen Waktu Proyek bertujuan untuk merencanakan berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu proyek, mengawasi, dan mengendalikan jadwal pelaksanaan proyek untuk memastikan proyek dapat berjalan tepat waktu sesuai rencana.

– Manajemen Biaya (*Cost Management*)

Manajemen Biaya bertujuan untuk merencanakan berapa biaya yang menjelaskan proses-proses yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu proyek, mengawasi, dan mengendalikan pembiayaan proyek untuk memastikan proyek dapat berjalan sesuai dengan anggaran. Terdiri dari perencanaan sumber daya, perkiraan biaya, penyusunan anggaran biaya, dan pengendalian biaya.

– Manajemen Mutu (*Quality Management*)

Manajemen Mutu bertujuan untuk memastikan proyek dikerjakan sesuai dengan mutu yang ditetapkan. Terdiri dari kegiatan perencanaan mutu, penetapan standar yang ingin dicapai, pengawasan dan pengendalian untuk menjamin pelaksanaan proyek berjalan sesuai rencana dan spesifikasi yang ditetapkan dan memastikan hasil yang memuaskan bagi *stakeholder*.

c. *Facilitating Functions Knowledge Areas*

Facilitating Functions merupakan pengetahuan-pengetahuan pendukung yang dibutuhkan untuk mendukung pengelolaan proyek agar berjalan dengan sukses sesuai rencana. Berikut penjelasan dari ke empat *facilitating function knowledge areas*:

– Manajemen SDM (*Human Resources Management*)

Manajemen SDM bertujuan untuk mengelola sumber daya manusia yang terlibat di proyek untuk menunjang pelaksanaan proyek yang efektif. Meliputi perencanaan organisasi, persiapan staff dan persiapan tim yang memiliki kemampuan, dedikasi dan integritas yang baik, pembangunan tim kerja, mengawasi, memotivasi, memimpin, mengarahkan SDM agar bekerja produktif dalam rangka mencapai tujuan proyek.

– Manajemen Komunikasi (*Communication Management*)

Manajemen Komunikasi bertujuan untuk mengelola komunikasi antar pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek agar terjadi koordinasi yang baik untuk menunjang keberhasilan proyek.

– Manajemen Resiko (*Risk Management*)

Manajemen Resiko bertujuan untuk mengelola risiko proyek dengan mengidentifikasi, menganalisa dan merespon setiap risiko untuk meminimalisir risiko yang dapat terjadi.

– Manajemen Pengadaan (*Procurement Management*)

Manajemen Pengadaan bertujuan untuk mengelola pengadaan barang dan jasa yang melibatkan berbagai pihak untuk menunjang keberhasilan pelaksanaan proyek.

d. *Project Integration Management*

Manajemen integrasi proyek merupakan proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa semua *knowledge areas* (4 *Core Functions* dan 4 *Facilitating Functions*) dikoordinasikan dengan baik dan efektif. Manajemen integrasi meliputi rencana proyek, pelaksanaan rencana proyek, hingga pengendaliannya secara keseluruhan.

Untuk membantu mewujudkan keberhasilan semua proses pelaksanaan proyek, manajemen proyek perlu mengaplikasikan seluruh pengetahuan, memilah dan menerapkan *tools* dan *techniques* yang cocok disamping faktor manusia yang terlibat harus memiliki integritas, *skill*, pengalaman, ketelitian, kepemimpinan dan komunikasi yang baik [2].

REKOMENDASI

- Semua kegiatan pada tahapan pra konstruksi mulai dari pra rencana, perencanaan, hingga procurement harus dilakukan dengan tingkat kehati-hatian yang tinggi, akurat, terperinci, dan dilakukan secara professional untuk menghasilkan dokumen perencanaan yang lengkap dan siap dilaksanakan serta menunjuk rekanan penyedia jasa yang benar-benar kompeten dan terpercaya.
- Semua kegiatan pada tahapan konstruksi seperti: pengawasan dan pengendalian proyek harus dilakukan secara terstruktur, akurat, terperinci, dan dilakukan secara

professional untuk menjamin semua pekerjaan yang dilaksanakan berjalan dengan baik sesuai rencana yang telah ditentukan.

- Semua kegiatan pada tahapan operasional dan pemeliharaan harus dilakukan secara terstruktur dengan disiplin, cermat, akurat dan profesional agar semua instalasi dapat dioperasikan secara maksimal dan aman sepanjang daur hidupnya.
- Seluruh sumber daya manusia yang terlibat sejak tahapan pra konstruksi, tahapan konstruksi, hingga tahapan operasional dan pemeliharaan harus orang-orang yang kompeten di bidangnya, agar semua kegiatan proyek dilakukan secara profesional.
- Koordinasi dan komunikasi harus dilakukan secara berkala dengan seluruh pemangku kepentingan agar semua kegiatan proyek diketahui, mendapat dukungan, dan dapat memenuhi harapan para pemangku kepentingan.

b) Komponen penting pengelolaan proyek

i. Tanggung jawab pemilik proyek (*owner*)

Pemilik proyek atau owner adalah seseorang atau instansi yang memiliki proyek atau pekerjaan dan memberikannya kepada pihak lain yang mampu melaksanakannya sesuai dengan perjanjian kontrak kerja. Untuk merealisasikan proyek, owner mempunyai kewajiban pokok dan tanggung jawab yaitu menyediakan dana untuk membiayai proyek. Tugas dan tanggung jawab owner dalam melaksanakan proyek konstruksi bangunan adalah sebagai berikut:

- Menyediakan biaya perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan proyek
- Mengadakan kegiatan administrasi proyek
- Memberikan tugas kepada kontraktor atau melaksanakan pekerjaan proyek
- Meminta pertanggung jawaban kepada konsultan pengawas atau manajemen konstruksi (MK)
- Menerima proyek yang sudah selesai dikerjakan oleh kontraktor.

Wewenang yang dimiliki pemilik proyek atau owner:

- Membuat surat perintah kerja (SPK)
- Mengesahkan atau menolak perubahan pekerjaan yang telah direncanakan
- Meminta pertanggungjawaban kepada para pelaksana proyek atas hasil pekerjaan konstruksi
- Memutuskan hubungan kerja dengan pihak pelaksana proyek yang tidak dapat melaksanakan pekerjaannya sesuai dengan isi surat perjanjian kontrak, misalnya pelaksanaan pembangunan dengan bentuk dan material yang tidak sesuai dengan RKS.

Dalam melaksanakan pembangunan, seorang pemilik proyek dapat meminta konsultan pengawas atau manajemen konstruksi untuk mengatur agar proyek dapat berjalan dengan baik, sehingga owner tidak perlu memantau setiap saat dan secara detail tentang bangunan yang dibangun. Namun owner dapat membuat jadwal empat mingguan atau bulanan untuk membahas proyek agar sesuai dengan cita-cita dan keinginan yang diharapkan pemilik proyek, misalnya suatu kali owner menginginkan adanya perubahan desain dalam hal tambah kurang pekerjaan seperti penambahan ruangan atau pengurangan bentuk bangunan pada bagian tertentu namun tetap berpedoman pada kontrak kerja konstruksi yang dibuat bersama kontraktor sebelum memulai kegiatan pelaksanaan pembangunan sehingga tidak ada pihak yang dirugikan.

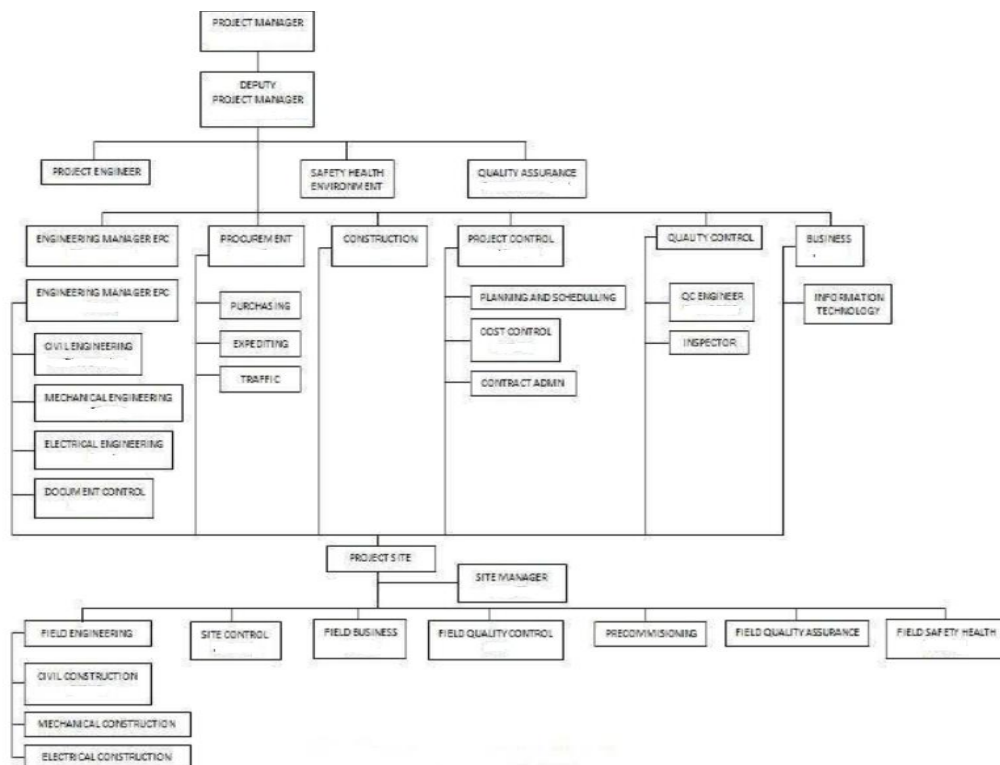
Dalam memilih kontraktor mana yang akan diajak bekerja sama dalam membangun sebaiknya menyesuaikan kualitas dan grade kontraktor agar dapat mewujudkan bangunan berkualitas maksimal, harga murah dan dalam waktu yang cepat. Proses tender atau lelang proyek dapat dilakukan untuk dapat memilih kontraktor terbaik yang akan dipilih untuk menyelesaikan pembangunan.

- i. Tanggung jawab pemilik proyek (owner)
 - Uraian tanggung jawab pemilik (sampai basic desain)
 - Ruang Lingkup (Rencana kerja sampai level 2, WBS)
 - Menghitung estimasi biaya (owner estimate parametrik $\pm 30-50\%$ termasuk CAR 2-3,5%)
 - Estimasi waktu yang diperlukan (master schedule)
 - Kapasitas daya RDE 10 MWth
 - KAK Dokumen Lelang
 - CAR (Construction all risk)
- ii. Tanggung jawab sumber dana
 - APBN, Soft loan, Join cooperation (G to G)
- iii. Tanggung jawab pihak ketiga/ kontraktor/ konsultan
 - a. Kontraktor EPC
 - Detail desain (approved)
 - Bill of quantity design (approved)
 - Waktu/ schedule detail sampai last planner
 - Biaya
 - Membuat master list equipment dan material (baik yang diimport maupun lokal)
 - K3L atau HSE

- Dokumen ijin konstruksi, komisioning dan operasi (BAPETEN)
 - Sertifikat Laik Operasi (ESDM)
 - Sertifikat Laik Fungsi (PEMDA)
 - Output atau kinerja 10 MWth (apabila tidak tercapai dibuat proporsional)
- b. Konsultan (engineer / FIDIC EPC atau silver book)
- Mengikuti persyaratan FIDIC EPC atau silver book
- iv. Tanggung jawab sumber dana
- v. Tanggung jawab pihak ketiga/ kontraktor/ k:
- vi. Konsultan
- a. Kontraktor EPC
 - b. Konsultan (Engineer/ FIDIC atau silver book)

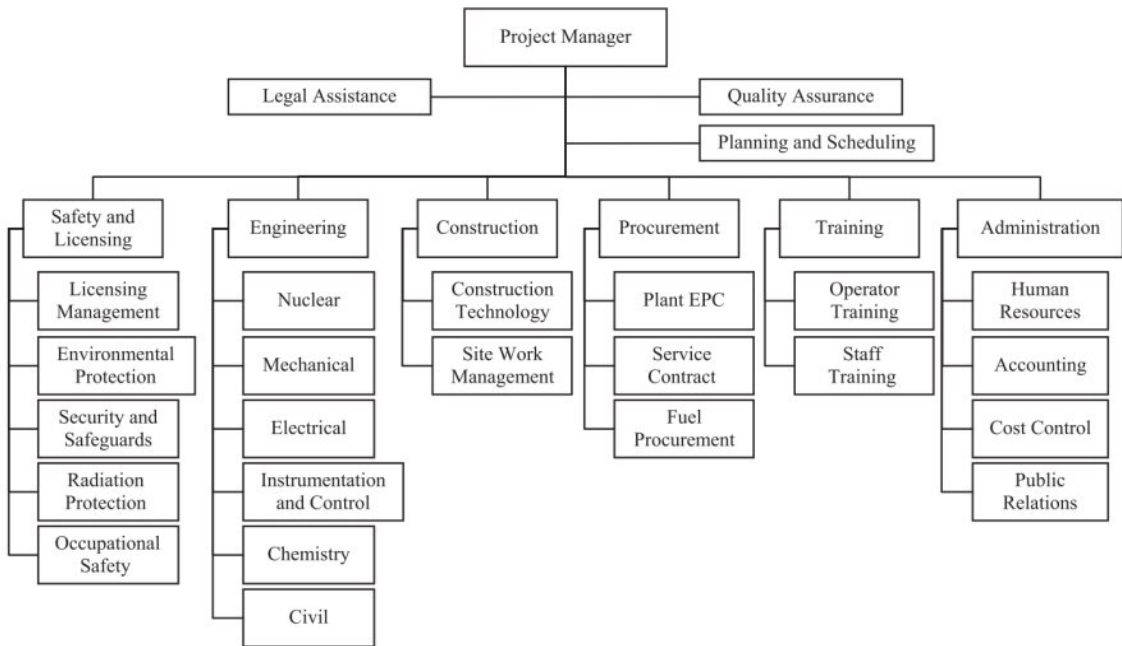
c) Struktur kontraktor EPC

Mekanisme pelaksanaan kegiatan berdasarkan prosedur yang diatur dalam Dokumen Sistem Manajemen Konstruksi. Komunikasi antar entitas pelaksana proyek, yakni Pemilik (PMO-BATAN dan instansi terkait), Kontraktor, Konsultan Manajemen Konstruksi, BAPETEN dan instansi lain yang terkait, diatur dengan Sistem Manajemen secara terintegrasi. Dokumen Sistem Manajemen (yang juga ditahui sebagai Sistem Manajemen Mutu atau Manual Mutu) ini merupakan panduan mutu yang terdiri dari *Standard Operating Procedure (SOP)* dari level 1, level 2, level 3 atau hingga level 4, sebagaimana yang diperlukan.

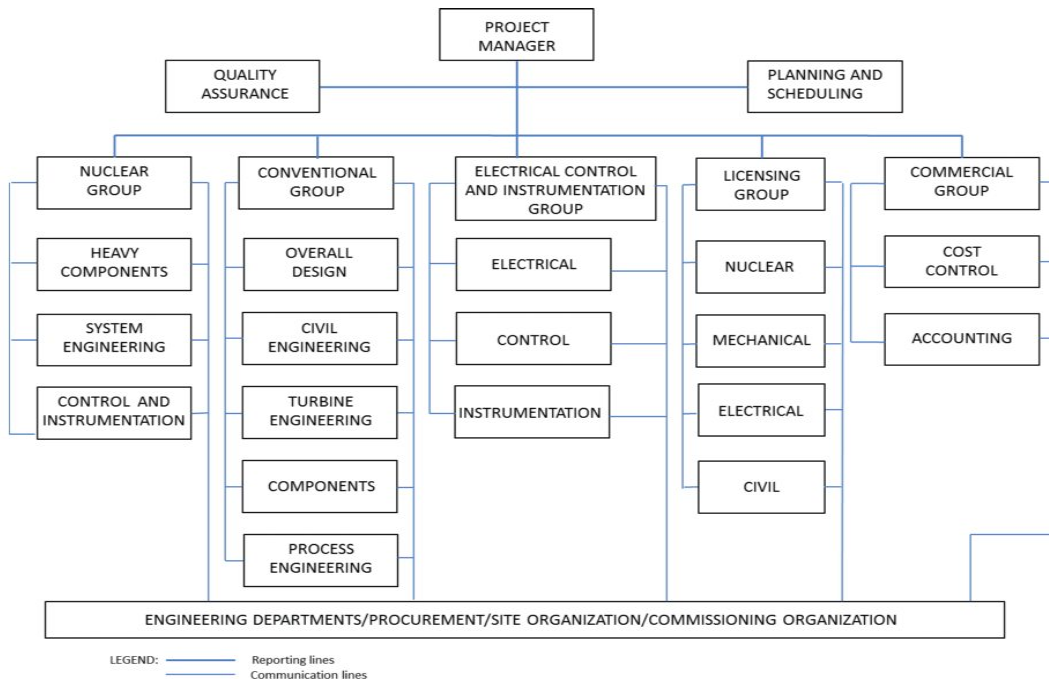


d) Organisasi proyek

Organisasi Manajemen Proyek dari pengguna jasa/operator ditetapkan di awal fase penyiapan, dan organisasi kontraktor ditetapkan setelah otorisasi berproses atau setelah kontrak diputuskan. Gambar 1 memperlihatkan jenis struktur organisasi tim Manajemen Proyek dari pengguna jasa/operator dan Gambar 2 memperlihatkan struktur tim Manajemen Proyek dari kontraktor utama.

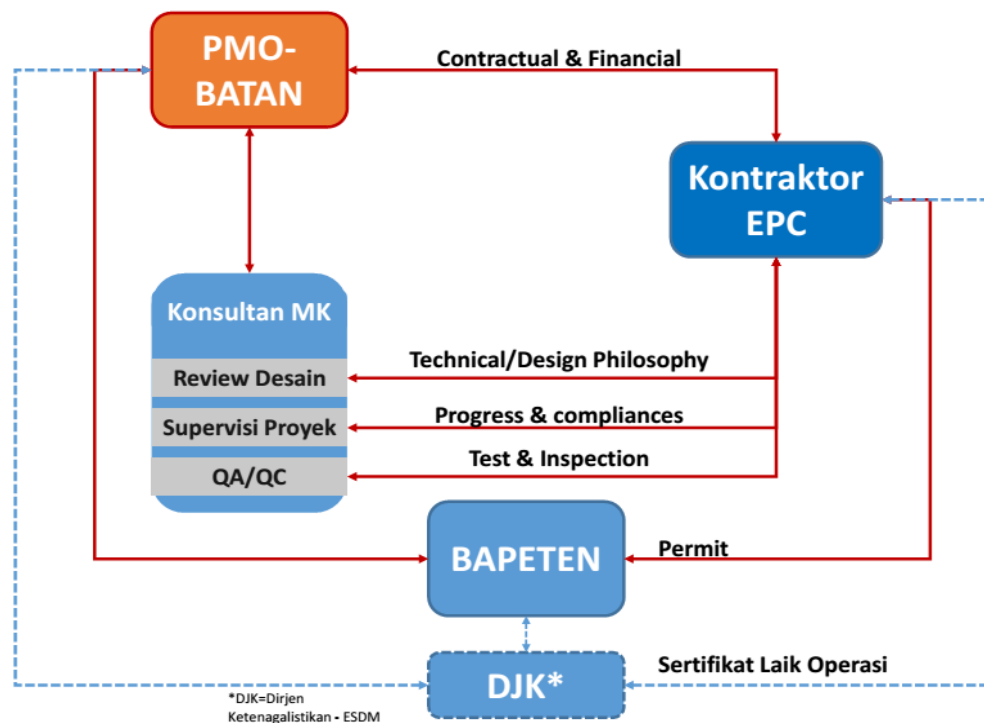


Gambar 1. Struktur Organisasi Tim Manajemen Proyek Dari Pengguna Jasa/Operator



Gambar 2. Struktur Tim Manajemen Proyek Dari Kontraktor Utama

Organisasi proyek Konstruksi juga hendaknya dibentuk untuk mengelola pelaksanaan kegiatan konstruksi seperti pekerjaan meliputi pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, tata lingkungan, pemasangan, dan pengujian struktur, sistem, dan komponen instalasi nuklir tanpa bahan nuklir, perakitan (*assembly*), instalasi dan pengujian item penting terkait dengan keselamatan dan penyelesaian pekerjaan. Mekanisme kerja pada proyek pembangunan RDE ini adalah sebagaimana dilakukan oleh PLN pada proyek pembangunan pembangkit listrik. Mekanisme kerja pada pelaksanaan EPC RDE adalah sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 3. di atas. BATAN akan dibantu oleh Konsultan Manajemen Konstruksi dalam merencanakan dan mengawasi proyek pembangunan RDE tersebut. Sementara pelaksana pembangunan adalah kontraktor yang pemilihannya akan ditentukan melalui mekanisme yang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Konsultan MK melakukan Review, Supervisi dan melakukan QA/QC terhadap proyek pembangunan RDE. Sementara itu BATAN bersama instansi lain yang terkait selaku pemilik proyek harus melakukan proses perizinan yang diperlukan, baik izin terkait keselamatan nuklir ke BAPETEN maupun persyaratan izin lainnya. Di akhir proyek sebelum dioperasikan, selain tahapan perizinan BAPETEN yang harus dilakukan, BATAN juga harus memperoleh Sertifikat Laik Operasi (SLO) dari Dirjen Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM.



Catatan: QA dan QC, hubungan antara kontraktor dengan bapeten titik-titik/garis putus-putus, di bawah QA ditambah performance 10 MWth,

Gambar 3. Mekanisme Kerja pada Proyek Pembangunan RDE

Keterangan:

MK	: Manajemen Konstruksi
EPC	: <i>Engineering Procurement Construction</i>
QA/Q	: <i>Quality Assurance/Quality Control</i>
DJK	: Dirjen Ketenagalistrikan, ESDM

e) Manajemen proyek

Manajemen Proyek adalah proses penerapan fungsi-fungsi manajemen (perencanaan, pelaksanaan dan penerapan) secara sistematis pada suatu proyek dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapai tujuan proyek secara optimal.

Manajemen Proyek meliputi pengendalian mutu fisik konstruksi, biaya dan waktu. Manajemen material dan manajemen tenaga kerja yang akan lebih ditekankan. Hal itu dikarenakan manajemen perencanaan berperan hanya 20% dan sisanya manajemen pelaksanaan termasuk didalamnya pengendalian biaya dan waktu proyek.

Manajemen Proyek memiliki beberapa fungsi antara lain:

- Sebagai *quality control* untuk menjaga kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan
- Mengantisipasi terjadinya perubahan kondisi lapangan yang tidak pasti dan mengatasi kendala terbatasnya waktu pelaksanaan
- Memantau prestasi dan kemajuan proyek yang telah dicapai, hal itu dilakukan dengan opname (laporan) harian, mingguan dan bulanan
- Hasil evaluasi dapat dijadikan tindakan pengambilan keputusan terhadap masalah-masalah yang terjadi di lapangan
- Fungsi manajerial dari manajemen merupakan sistem informasi yang baik untuk menganalisis performa di lapangan

Tujuan Manajemen Proyek adalah mengelola fungsi manajemen atau mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimal sesuai dengan persyaratan (*specification*) untuk keperluan pencapaian tujuan ini, perlu diperhatikan pula mengenai mutu bangunan, biaya yang digunakan dan waktu pelaksanaan .

Dalam rangka pencapaian hasil ini selalu diusahakan pelaksanaan pengawasan mutu (*Quality Control*), pengawasan biaya (*Cost Control*) dan pengawasan waktu pelaksanaan (*Time Control*). Penerapan konsep Manajemen Proyek yang baik adalah mulai tahap perencanaan, namun dapat juga pada tahap-tahap lain sesuai dengan

tujuan dan kondisi proyek tersebut sehingga konsep Manajemen Proyek dapat diterapkan pada tahap-tahap proyek sebagai berikut :

- Manajemen Proyek dilaksanakan pada seluruh tahapan proyek. Pengelolaan proyek di sini mencakup pengelolaan teknis operasional proyek, dalam bentuk masukan-masukan dan atau keputusan yang berkaitan dengan teknis operasional proyek konstruksi, yang mencakup seluruh tahapan proyek, mulai dari persiapan, perencanaan, perancangan, pelaksanaan dan penyerahan proyek.
- Tim Manajemen Proyek sudah berperan sejak awal desain, pelelangan dan pelaksanaan proyek selesai, setelah suatu proyek dinyatakan layak (*feasible*) mulai dari tahap desain.
 - a. Tim Manajemen Proyek akan memberikan masukan dan atau keputusan dalam penyempurnaan disain sampai proyek selesai.
 - b. Manajemen Proyek berfungsi sebagai koordinator pengelolaan pelaksanaan dan melaksanakan fungsi pengendalian atau pengawasan.
 - c. Dalam Manajemen Proyek, yang perlu dipertimbangkan agar output proyek sesuai dengan sasaran dan tujuan yang direncanakan adalah mengidentifikasi berbagai masalah yang mungkin timbul ketika proyek dilaksanakan. Aspek yang perlu diidentifikasi dan membutuhkan penanganan yang cermat adalah:
 - Aspek Keuangan, yaitu berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek, yang biasanya berasal dari modal sendiri dan/atau pinjaman dari bank atau investor dalam jangka pendek atau jangka panjang. Dalam proyek skala besar seperti PLTN, pembiayaan proyek sangat krusial sehingga membutuhkan analisis keuangan yang cepat dan terencana serta akurat.
 - Aspek Anggaran Biaya, yaitu berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang matang dan terinci akan memudahkan proses pengendalian biaya, sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang direncanakan apabila perhitungan optimasi biaya proyek tepat dan benar
 - Aspek Manajemen Sumber Daya Manusia (SDM), yaitu berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung, dan fluktuatif. Perencanaan SDM berdasarkan kompetensi yang dibutuhkan dilakukan dengan langkah-langkah seperti proses *staffing* SDM, deskripsi kerja, perhitungan beban kerja, deskripsi wewenang dan tanggung jawab SDM serta penjelasan tentang sasaran dan tujuan proyek.
 - Aspek Manajemen Produksi, yaitu berkaitan dengan hasil akhir dari proyek. Hasil akhir akan negatif bila proses perencanaan dan pengendalian tidak baik. Agar

hal tersebut tidak terjadi, maka perlu dilakukan berbagai usaha untuk meningkatkan produktivitas SDM, meningkatkan efisiensi proses produksi dan kerja, meningkatkan kualitas produksi melalui jaminan mutu.

- Aspek Efektifitas dan Efisiensi, yang dapat merugikan bila fungsi produk yang dihasilkan tidak efektif atau faktor efisiensi tidak terpenuhi, sehingga dibutuhkan biaya produksi yang lebih besar.
 - Aspek Pemasaran, yaitu berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal sehubungan dengan persaingan harga, strategi promosi, mutu produk serta analisis pasar yang salah terhadap produksi yang dihasilkan.
 - Aspek Mutu, yaitu berkaitan dengan kualitas produk akhir yang dapat meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan pelanggan.
 - Aspek Waktu, yang mana dapat menimbulkan kerugian biaya bila terlambat dari yang direncanakan, peran Manajemen Proyek sangat penting dalam membuat kontrak kerja dengan penyedia jasa (i.e. kontraktor pelaksana) yang terkait dengan jadwal pekerjaan agar tepat waktu.
- i. Action plan, rentetan pekerjaan dan tanggung jawab
 - ii. Sistem manajemen
 - iii. Dokumentasi Gambar Rencana Teknis (basic dan detail desain), Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS), Rencana Anggaran Biaya (*Engineering Estimate*), dan Daftar Volume Pekerjaan (*Bill Quantity*), instalasi dan kegiatan pengujian
- f) Program inspeksi, validasi
- g) Titik tunda
- B. Spesifikasi pengadaan
- Pemohon yang melakukan pengadaan item-item dengan waktu *lead* (tunda) lama dan juga memberikan informasi mencakup:
- a) Deskripsi dan kuantitas barang/item
 - b) Sertifikat kesesuaian
 - c) Hasil uji dan inspeksi
 - d) Laporan ketidaksesuaian
 - e) *Code* dan standar yang dipakai
 - f) Catatan pengadaan, instruksi penyimpanan, instalasi dan pengawetan
 - g) Klasifikasi keselamatan
 - h) Kode klasifikasi, tanggal efektif kode
 - i) Persyaratan kinerja teknis, manual operasi dan pemeliharaan; dan Kondisi batas operasi
 - j) Persyaratan jaminan kualitas

- k) Persyaratan sertifikasi dan keahlian personel
- l) Gambar terbangun
- m) Bill of material
- n) Persyaratan dokumentasi dan waktu pengujian

II. MANUFAKTUR DAN ASEMBLI

- a) Menjamin kemudahan mengakses fasilitas dan merekam untuk titik penyaksian (*witnessing*) atau audit dari badan pengawas, pemanufaktur, dan pendisain
 - b) Implikasi *manufacturing* terhadap desain
 - c) Pengadaan item-item pada jalur kritis dan dengan waktu tunda (*lead*) panjang
 - d) Persyaratan lingkungan, suhu, kelembaban, kimia air, debu, dll, disekitar pabrik/ruang kerja (*work station*)
 - e) Lokasi asembli komponen
 - f) Persyaratan pengiriman, pemaketan, penyimpanan dan penanganan
 - g) Aplikasi teknik/metode terbaru untuk manufaktur, asembli, inspeksi dan pengujian
 - h) Uji kualifikasi peralatan dan yang uji terkait
 - i) Metode pembersihan
 - j) Penggunaan peralatan special yang tervalidasi dan terqualifikasi
 - k) Spesifikasi dan keahlian personel
 - l) Dokumen prosedur dan persyaratan untuk verifikasi kualitas manufaktur dan asembli
 - m) Kemamputelusuran peralatan penting terhadap keselamatan
- A. Persyaratan pekerjaan konstruksi
- a) Infrastruktur pendukung (transportasi dan akses lainnya)
 - b) Data desain
- B. Kondisi lingkungan kerja
- Kondisi lingkungan yang bersih dan pertimbangan terhadap
- a) Debu
 - b) Kotoran dan material asing
 - c) Suhu
 - d) Tekanan
 - e) Kadar garam
 - f) Elektromagnetik
 - g) Angin

- h) dll
- C. Kendali dan *clean/less* material asing
 - Pokok-pokok penting:
 - a) Metode dan teknis untuk pengendalian area tapak, struktur dan system individu, fasilitas pada tapak, dan material dan peralatan yang terkait instalasi
 - b) Metode pengendalian kondisi lingkungan
 - c) Kendali akses personel
 - d) Penentuan dan kendali terhadap bahan kimia dan bahan cepat terpakai
 - e) Prosedur dan metode pembersihan
 - i. Pengecekan jalur air
 - ii. Tagging dan locking
 - iii. Inspeksi interior
 - iv. Isolasi atau proteksi komponen
 - v. Pensegelan bukaan pada sistem yang sudah bersih
 - vi. Pengecekan instalasi dan rentetan pemindahan perangkat temporer
 - f) Rencana darurat
- D. Bukti penerimaan, penanganan, transport, penyimpanan, pengawetan dan pemeliharaan
 - Pengecekan harus dilakukan bilamana komponen penting terhadap keselamatan datang/ diterima pada konstruksi tapak, diyakinkan bahwa:
 - a) Komponen-komponen sesuai permintaan
 - b) Tidak mengalami kerusakan selama/pasca pengiriman
 - c) Barang-barang palsu, hasil penipuan dan yang dicurigai tidak masuk konstruksi tapak

Inspeksi dilakukan sebelum barang-barang diterima dan digunakan untuk menjamin:

- a) Komponen-komponen terkonfigurasi benar
- b) Identifikasi dan penandaan yang benar
- c) Dokumentasi manufaktur dan assembly, termasuk deviasi yang disetujui jika diperlukan
- d) Rekaman inspeksi dan/atau sertifikat yang mampu lacak untuk konfirmasi keberterimaan
- e) Catatan verifikasi sumber untuk komponen dan dokumentasi
- f) Lapisan pelindung dan segel masih terpasang
- g) Koating dan pengawet tidak rusak

- h) Tidak terdapat kerusakan fisik
- i) Kebersihan yang memenuhi persyaratan desain
- j) Selimut gas inert dan pengering tersedia
- k) Rekaman identifikasi ketidaksesuaian dari catatan inspeksi yang terdeteksi selama proses manufaktur
- l) Pengujian terhadap perangkat keras
- m) Pencegahan terhadap

Kendali diperlukan untuk mencegah pemasangan dan penggunaan komponen yang tidak sesuai

Pertimbangan penyimpanan yang diperhatikan:

- a) Praktik kebersihan dan *housekeeping*
- b) Persyaratan proteksi kebakaran
- c) Persyaratan perlindungan terkait pelapisan, pengawetan, cover dan *sleeves*
- d) Pencegahan kerusakan fisik
- e) Kendali lingkungan, materi di udara, elektrik static, suhu dan kelembaban
- f) Perawatan pencegahan
- g) Keamanan terhadap pencurian, perusakan dan penggunaan tak terotorisasi
- h) Waktu shelf akibat karakteristik kimia dan fisik
- i) Identifikasi komponen-komponen
- j) Proteksi radiasi dan penandaan yang tepat terhadap sumber bahaya radiasi

E. Verifikasi dan pengujian kegiatan konstruksi

Rekaman verifikasi mencakup:

- a) Identifikasi SSK
- b) Penjelasan bagaimana suatu hasil diverifikasi
- c) Tanggal dan waktu verifikasi
- d) Nama dan organisasi pemverifikasi
- e) Peralatan dan perlengkapan terkalibrasi khusus yang digunakan
- f) Hasil uji dan perbandingan dengan criteria penerimaan
- g) Daftar ketidaksesuaian dan rencana pemenuhannya
- h) Daftar item pekerjaan sangat penting dan tindakan pemenuhan pekerjaan
- i) Konfirmasi tersedia dan terpenuhinya dokumentasi khusus

III. PROTEKSI SSK PENTING TERHADAP KESELAMATAN

Peminjaman terhadap SSK penting terhadap keselamatan terlindungi dari kegiatan konstruksi, melalui tindakan:

- a) Tindakan perawatan pencegahan dan perbaikan untuk menjaga fungsionalitas SSK penting terhadap keselamatan, sesuai persyaratan desain hingga program perawatan operasi dimulai
- b) Menjamin proses fabrikasi/manufacturing, konstruksi dan instalasi tidak berpengaruh terhadap kinerja penuaan SSK penting terhadap keselamatan atau unit reactor sekitar
- c) Melakukan pemantauan berkala terhadap kondisi lingkungan (suhu, tekanan, kelembaban, debu, pengotor, kadar garam di udara, angin, dan kondisi elektromagnet) untuk meyakinkan bahwa batas tetap terjadi selama konstruksi
- d) Pemanfaatan pembersihan (*housekeeping, cleanliness*) dan perhitungan eklusi material untuk melindungi peralatan kendali, kelistrikan, mekanikal sensitive dari kontaminasi internal dan eksternal

Otorisasi badan pengawas jika ada penggunaan SSK penting terhadap keselamatan secara temporer digunakan untuk SSK yang tidak didesain

IV. SISTEM PELAPORAN

- a. Laporan kontraktor
- b. Laporan harian, mingguan
- c. Laporan bulanan
- d. Laporan penggunaan tenaga asing
- e. Laporan RKL/RPL

Terdapat tiga aktivitas kegiatan proyek dalam manajemen konstruksi, yaitu:

- Pengetahuan Manajemen Proyek dan Pelaksanaan (*Project Management Knowledge and Practice*)
- Pengetahuan Manajemen Umum dan Pelaksanaan (*General Management Knowledge and Practice*)
- Pengetahuan Area Aplikasi dan Pelaksanaan (*Application Area Knowledge and Practice*)

Dalam implementasinya, pengelolaan proyek konstruksi terbagi menjadi 3 tahap/fase, yakni: (1) Fase pra-konstruksi, (2) Fase konstruksi, dan (3) Fase operasional dan pemeliharaan.

Pada tahap/fase pra konstruksi (ide/ kebutuhan, studi kelayakan, pra-desain, desain dan procurement), manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan perencanaan yang baik dengan mempertimbangkan segala permasalahan yang bisa timbul pada masa pelaksanaan. Pada tahap konstruksi, manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan pelaksanaan yang baik agar sesuai dengan perencanaan dan spesifikasi yang telah ditetapkan dengan mempertimbangkan segala permasalahan dan tantangan yang timbul selama masa pelaksanaan. Selanjutnya, pada tahap operasional dan pemeliharaan, manajemen konstruksi diarahkan untuk memastikan pemeliharaan dilakukan dengan baik agar konstruksi yang dibuat dapat dioperasionalkan sesuai dengan perencanaan selama umur bangunan tersebut. Untuk memastikan agar konstruksi yang dihasilkan tersebut dapat beroperasi dengan baik selama umur bangunannya, maka pemeliharaan perlu dilakukan secara presisi sesuai dengan *Standard Operation Procedure* (SOP).

a) Komponen penting pengelolaan proyek

vii. Tanggung jawab pemilik proyek (*owner*)

- Uraian tanggung jawab pemilik (sampai basic desain)
- Ruang Lingkup (Rencana kerja sampai level 2, WBS)

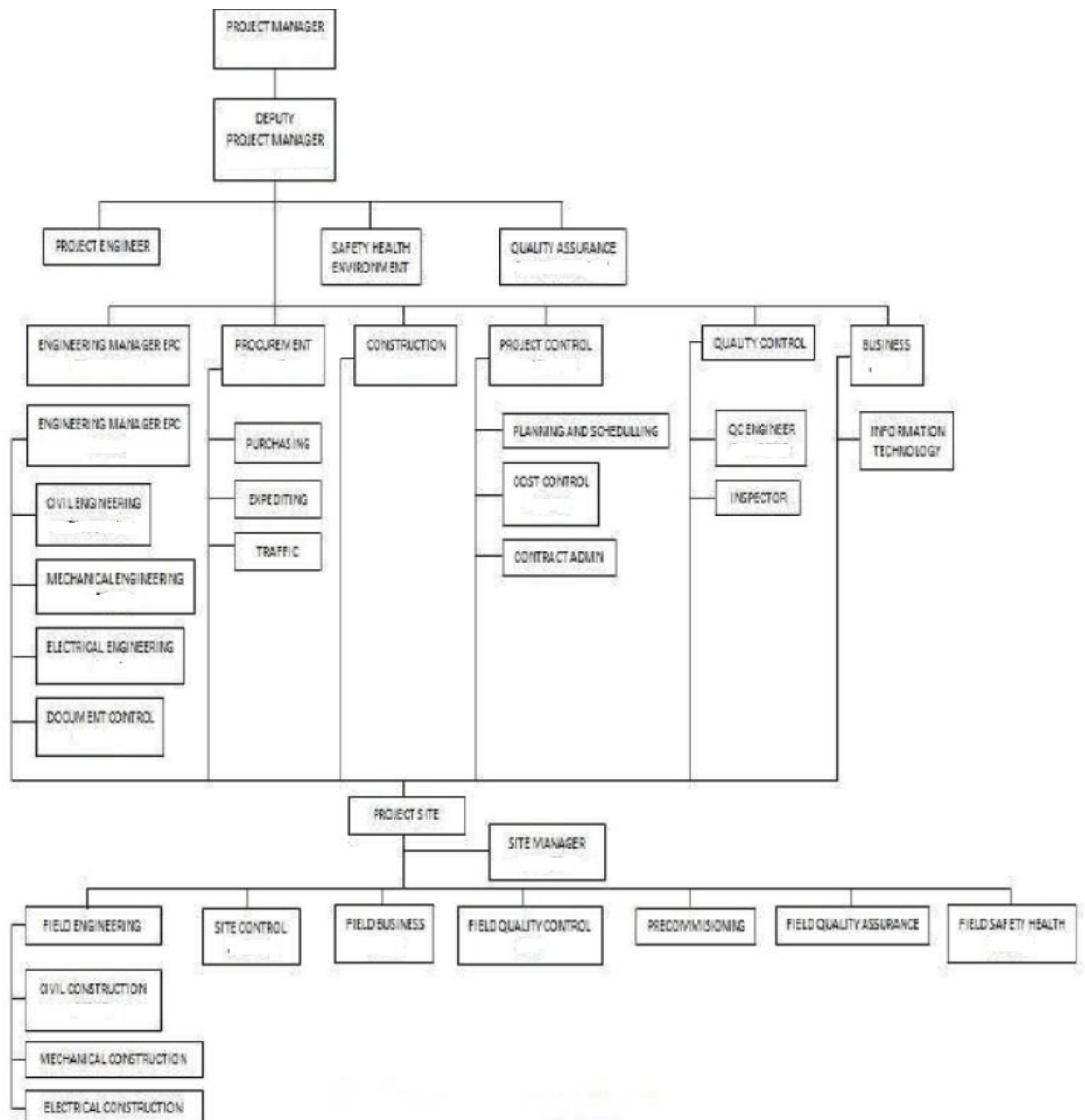
- Menghitung estimasi biaya (owner estimate parametrik $\pm 30-50\%$ termasuk CAR 2-3,5%)
 - Estimasi waktu yang diperlukan (master schedule)
 - Kapasitas daya RDE 10 MWth
 - KAK Dokumen Lelang
 - CAR (Construction all risk)
- viii. Tanggung jawab sumber dana
- APBN, Soft loan, Join cooperation (G to G)
- ix. Tanggung jawab pihak ketiga/ kontraktor/ konsultan

c. Kontraktor EPC

- Detail desain (approved)
 - Bill of quantity design (approved)
 - Waktu/ schedule detail sampai last planner
 - Biaya
 - Membuat master list equipment dan material (baik yang diimport maupun lokal)
 - K3L atau HSE
 - Dokumen ijin konstruksi, komisioning dan operasi (BAPETEN)
 - Sertifikat Laik Operasi (ESDM)
 - Sertifikat Laik Fungsi (PEMDA)
 - Output atau kinerja 10 MWth (apabila tidak tercapai dibuat proporsional)
- d. Konsultan (engineer / FIDIC EPC atau silver book)
- Mengikuti persyaratan FIDIC EPC atau silver book

b) Struktur kontraktor EPC

Mekanisme pelaksanaan kegiatan berdasarkan prosedur yang diatur dalam Dokumen Sistem Manajemen Konstruksi. Komunikasi antar entitas pelaksana proyek, yakni Pemilik (PMO-BATAN dan instansi terkait), Kontraktor, Konsultan Manajemen Konstruksi, BAPETEN dan institusi lain yang terkait, diatur dengan Sistem Manajemen secara terintegrasi. Dokumen Sistem Manajemen (yang juga ditahui sebagai Sistem Manajemen Mutu atau Manual Mutu) ini merupakan panduan mutu yang terdiri dari *Standard Operating Procedure* (SOP) dari level 1, level 2, level 3 atau hingga level 4, sebagaimana yang diperlukan.

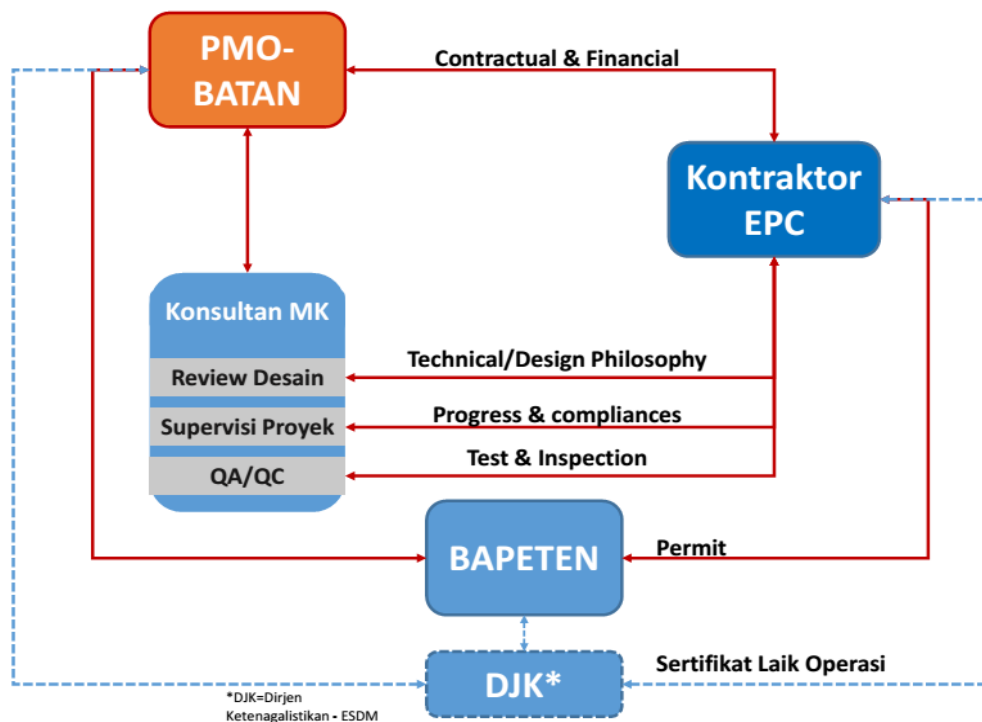


c) Organisasi proyek

Organisasi proyek Konstruksi hendaknya dibentuk untuk mengelola pelaksanaan kegiatan konstruksi seperti pekerjaan meliputi pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, tata lingkungan, pemasangan, dan pengujian struktur, sistem, dan komponen instalasi nuklir tanpa bahan nuklir, perakitan (*assembly*), instalasi dan pengujian item penting terkait dengan keselamatan dan penyelesaian pekerjaan.

Mekanisme kerja pada proyek pembangunan RDE ini adalah sebagaimana dilakukan oleh PLN pada proyek pembangunan pembangkit listrik. Mekanisme kerja pada pelaksanaan EPC RDE adalah sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 1. di atas. BATAN akan dibantu oleh Konsultan Manajemen Konstruksi dalam merencanakan dan mengawasi proyek pembangunan RDE tersebut. Sementara pelaksana pembangunan adalah kontraktor yang

pemilihannya akan ditentukan melalui mekanisme yang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Konsultan MK melakukan Review, Supervisi dan melakukan QA/QC terhadap proyek pembangunan RDE. Sementara itu BATAN bersama instansi lain yang terkait selaku pemilik proyek harus melakukan proses perizinan yang diperlukan, baik izin terkait keselamatan nuklir ke BAPETEN maupun persyaratan izin lainnya. Di akhir proyek sebelum dioperasikan, selain tahapan perizinan BAPETEN yang harus dilakukan, BATAN juga harus memperoleh Sertifikat Laik Operasi (SLO) dari Dirjen Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM.



Catatan: QA dan QC, hubungan antara kontraktor dengan bapeten titik-titik/garis putus-putus, di bawah QA ditambah performance 10 MWth,

Gambar 1. Mekanisme Kerja pada Proyek Pembangunan RDE

Keterangan:

- MK : Manajemen Konstruksi
- EPC : *Engineering Procurement Construction*
- QA/Q : *Quality Assurance/Quality Control*
- DJK : Dirjen Ketenagalistrikan, ESDM

d) Manajemen proyek

iv. Action plan, rangkaian pekerjaan dan tanggung jawab

Tahap ini merupakan tahap utama pembangunan RDE yang akan mengikuti proses bisnis proyek EPC sampai dengan serah terima pekerjaan dan masa

pemeliharaan (*defects liability period*) sesuai dengan persentase dari *life cycle costing*. Penjadwalan pelaksanaan Proyek RDE ini sudah mempertimbangkan proses perizinan. Komponen kegiatan pada tahap ini adalah :

A. *Perekayasaan (Engineering)*

Pekerjaan ini diawali dengan pengumpulan informasi dan harmonisasi teknologi RDE dari desain konseptual oleh kontraktor EPC, pembuatan desain dasar dan desain rinci yang disertai dengan pengurusan persetujuan desain dan perizinan konstruksi di BAPETEN. Pekerjaan perekayasaan dilaksanakan pada tahun 2018 – 2019.

B. *Pengadaan (Procurement)*

Pekerjaan pengadaan mencakup kegiatan pengadaan peralatan/komponen *long lead*, pengadaan material dan peralatan, manufaktur peralatan/komponen *long lead* dan transportasi ke lokasi proyek. Pekerjaan pengadaan ini akan dijadwalkan selama 3 (tiga) tahun sejak diperolehnya persetujuan desain.

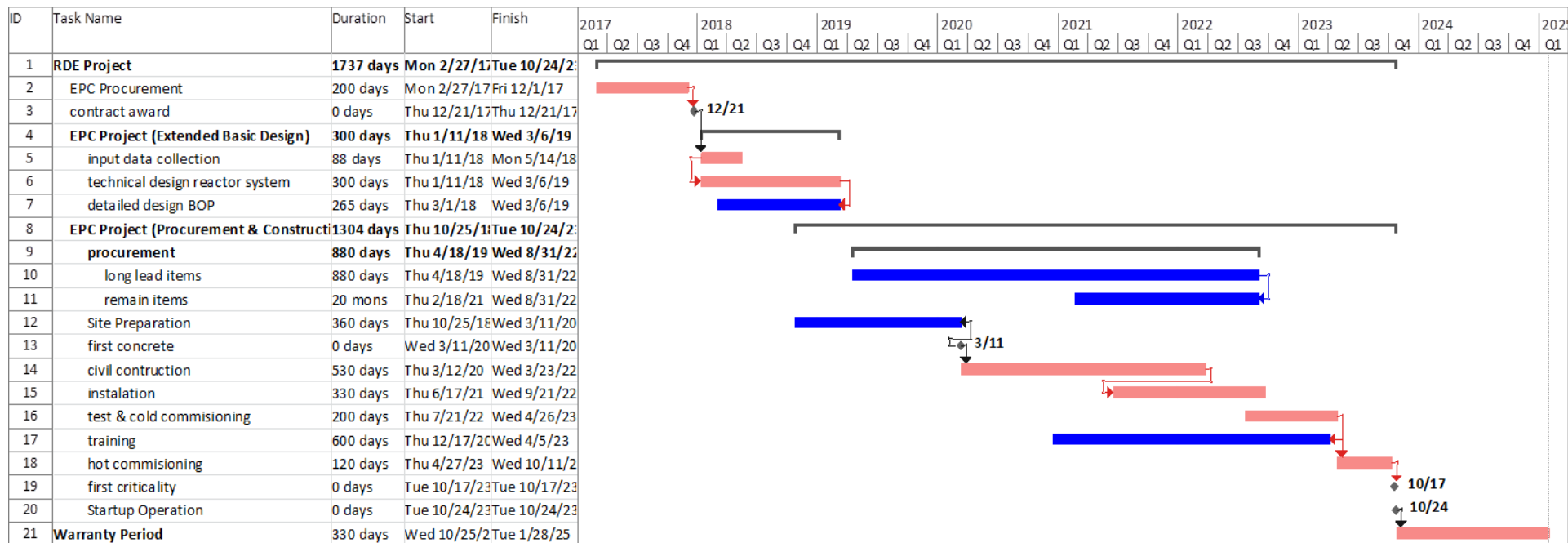
Kontraktor mengajukan approval untuk equipment utama terkait keselamatan (*safety related component*)

C. *Konstruksi dan Instalasi (Construction and Installation)*

Kegiatan konstruksi dan instalasi dimulai setelah pekerjaan persiapan tapak dilaksanakan. Semua pekerjaan konstruksi dan instalasi akan dimulai setelah mendapatkan izin konstruksi dari BAPETEN. Pekerjaan konstruksi dilaksanakan 3 tahun.

D. *Komisioning*

Komisioning merupakan kegiatan uji fungsi sebelum dioperasikan dan akan dilaksanakan pada tahun 2022 – 2023.



ID	Task Name	Duration	Start	Finish	2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
23	Site permission issued	0 days	Mon 12/5/16	Mon 12/5/16	12/5																																
24	Construction permission	551 days	Wed 1/24/18	Wed 3/4/20	[Gantt bar from Q1 2018 to Q4 2020]																																
25	Design approval	321 days	Wed 1/24/18	Wed 4/17/19	[Gantt bar from Q1 2018 to Q4 2019]																																
26	preparation	131 days	Wed 1/24/18	Thu 7/26/18	[Gantt bar from Q1 2018 to Q2 2018]																																
27	submission	0 days	Thu 7/26/18	Thu 7/26/18	7/26																																
28	completeness statement	30 days	Thu 7/26/18	Thu 9/6/18	[Gantt bar from Q3 2018 to Q4 2018]																																
29	design evaluation	8 mons	Thu 9/6/18	Wed 4/17/19	[Gantt bar from Q3 2018 to Q4 2019]																																
30	design approval issued	0 days	Wed 4/17/19	Wed 4/17/19	4/17																																
31	Construction permit	320 days	Thu 12/13/19	Wed 3/4/20	[Gantt bar from Q4 2019 to Q4 2020]																																
32	preparation	90 days	Thu 12/13/19	Wed 4/17/19	[Gantt bar from Q4 2019 to Q1 2020]																																
33	submission	0 days	Wed 4/17/19	Wed 4/17/19	4/17																																
34	completeness statement	30 days	Thu 4/18/19	Wed 5/29/19	[Gantt bar from Q1 2020 to Q2 2020]																																
35	evaluation	10 mons	Thu 5/30/19	Wed 3/4/20	[Gantt bar from Q2 2020 to Q4 2020]																																
36	const. permit issued	0 days	Wed 3/4/20	Wed 3/4/20	3/4																																
37	IMB	90 days	Thu 11/22/18	Thu 3/28/19	[Gantt bar from Q4 2018 to Q1 2019]																																
38	Comissioning permission	248 days	Mon 8/2/21	Wed 7/13/22	[Gantt bar from Q3 2021 to Q4 2022]																																
39	preparation	58 days	Mon 8/2/21	Thu 10/21/21	[Gantt bar from Q3 2021 to Q4 2021]																																
40	submission	0 days	Thu 10/21/21	Thu 10/21/21	10/21																																
41	completeness statement	30 days	Thu 10/21/21	Wed 12/1/21	[Gantt bar from Q4 2021 to Q1 2022]																																
42	evaluation	8 mons	Thu 12/2/21	Wed 7/13/22	[Gantt bar from Q1 2022 to Q4 2022]																																
43	comissioning permit issued	0 days	Wed 7/13/22	Wed 7/13/22	7/13																																
44	operation permission	578 days	Fri 7/30/21	Tue 10/17/23	[Gantt bar from Q4 2021 to Q4 2023]																																
45	preparation	60 days	Fri 7/30/21	Fri 10/22/21	[Gantt bar from Q4 2021 to Q1 2022]																																
46	submission	0 days	Fri 10/22/21	Fri 10/22/21	10/22																																
47	completeness statement	30 days	Thu 10/28/21	Thu 12/9/21	[Gantt bar from Q1 2022 to Q2 2022]																																
48	evaluation	24 mons	Wed 12/15/21	Tue 10/17/23	[Gantt bar from Q4 2021 to Q4 2023]																																
49	operation permit issued	0 days	Tue 10/17/23	Tue 10/17/23	10/17																																
50	Sertifikat Laik Operasi (SLO)	0 days	Wed 9/27/23	Wed 9/27/23	9/27																																
51																																					
52	Fuel Supply	880 days	Thu 12/12/19	Thu 4/27/23	[Gantt bar from Q4 2019 to Q4 2023]																																
53	Contraction Phase	120 days	Thu 12/12/19	Thu 5/28/20	[Gantt bar from Q4 2019 to Q2 2020]																																
54	Preparation of 1. Core Filling	720 days	Thu 5/28/20	Thu 3/2/23	[Gantt bar from Q2 2020 to Q4 2023]																																
55	Delivery	40 days	Thu 3/2/23	Thu 4/27/23	[Gantt bar from Q1 2024 to Q2 2024]																																

v. Sistem manajemen

Sistem manajemen yang diterapkan pada Program Konstruksi RDE akan mengacu pada Dokumen Sistem Manajemen Konstruksi RDE.

vi. Dokumentasi Gambar Rencana Teknis (basic dan detail desain), Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS), Rencana Anggaran Biaya (*Engineering Estimate*), dan Daftar Volume Pekerjaan (*Bill Quantity*), instalasi dan kegiatan pengujian.

TOTAL VOLUME GEDUNG REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL										
NO	URAIAN	DRAFTER	VOLUME				Kekerasan Concrete	Harga Satuan	Harga Satuan	Biaya Total
			Concrete	Steel	Tanah	Kaca				
1	Gedung Reaktor	Krismawan	30.259,04	-			K350	1.500.000,00	10.110,00	45.388.557.300,00
2	DeminerIALIZED Shelte	Krismawan	67,29	15.833,45			K300	1.500.000,00	10.110,00	100.936.500,00
3	Pos Jaga	Krismawan	13,73	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	20.596.500,00
4	Rumah Pompa	Krismawan	58,27	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	87.405.000,00
5	R. Kontrol Utilitas	Krismawan	66,76	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	100.132.500,00
6	R. Pemadam	Krismawan	54,68	32.371,52			K225	1.500.000,00	10.110,00	82.020.000,00
7	R. Inform Publik	Subhan	721,98	6.521.937,00		65,81	K225	1.500.000,00	10.110,00	1.082.970.000,00
8	R. Panel & Mess	Subhan	7.738,98	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	11.608.470.000,00
9	R. Auxiliary	edi sis	9.029,46	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	13.544.190.000,00
10	R. Workshop	edi sis	89,30	34.320,20			K225	1.500.000,00	10.110,00	133.950.000,00
11	Turbine	putut	1.115,97	-	122,2135		K275	1.500.000,00	10.110,00	1.673.953.617,55
12	Musholla & Toilet	putut	142,84	-			K225	1.500.000,00	10.110,00	214.253.758,45
	TOTAL VOLUME		49.358,29	6.604.462,17	122,2135	65,81				74.037.435.176,00

Gambar . Daftar Volume Pekerjaan (*Bill Quantity*)

e) Program inspeksi, validasi

Program inspeksi dan validasi dilakukan dengan standar dan metode yang sudah teruji dan ditampilkan dalam tabel berikut:

No	Uraian Jenis Barang	Visual Inspection	Liquid Penetrant Inspection	Magnetic particle inspection	X-ray inspection	Ultrasonic inspection	Uji lain yang terkait
1.	Mechanical Work						
2.	Siklus Primer						
3.	Reaktor						
4.	Reactor Pressure Vessel						
5.	Metalic/ceramic internal						
6.	Graphite						

7.	Pembangkit Uap						
8.	<i>Steam Generator Tube Bundle</i>						
9.	<i>Steam Generator Pressure Vessel</i>						
10.	Blower Gas Helium						
11.	Penyimpanan & Pasokan Helium						
12	<i>Purified Gas Compressor</i>						
13	<i>Purified gas receiver</i>						
14	<i>Compressor Buffer</i>						
15	<i>Purified Gas Storage Tank</i>						
16.	Pemurnian Helium						
17	<i>Heater</i>						
18	<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>						
19	<i>Recuperative heat exchanger</i>						
20	<i>Nitrogen-to-Helium heat exchanger</i>						
21	<i>Helium blower</i>						
22	<i>Dust removal filter</i>						
23	<i>CuO catalytic converter</i>						
24	<i>Water seperator</i>						
25	<i>Molecular Sieve</i>						
26	<i>Activated-carbon Adsorber</i>						
27	Sistem Ekstrasi Air pada system pendukung helium						
28	<i>Storage Tank for Condensate</i>						
29	<i>Holding Tank</i>						
30	Peyimpanan Helium terkontaminasi radioaktif						
31	<i>Radioactively contaminated helium storage tank</i>						
32	Air Removal System for Primary System, Helium Purification and Fuel Handling Equipment						
33	<i>Fluid Pump</i>						

34	<i>Main Vacuum Pump</i>						
35	<i>Backing Pump</i>						
36	<i>Droplet Separator</i>						
37	<i>Dust Removal Filter</i>						
38	<i>Liquid Filter</i>						
39	List Pressure Relief System for Helium Supporting System and Fuel Handling Equipment						
40	<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>						
41	<i>Compressor</i>						
42	<i>Dump Tank</i>						
43	<i>Buffer Storage Tank</i>						
44	Duct Pressure Vessel						
45	<i>Duct Pressure Vessel</i>						
46	<i>Hot Gas Pipe with Elbow</i>						
47	Active Liquid Waste Collection						
48	<i>LRW Collection Tank</i>						
49	<i>Circulation Pump</i>						
50	<i>Coarse Filter</i>						
51	Low-Level Inactive to Liquid Waste						
52	<i>Low-Level to Inactive Waste Collection Tank</i>						
53	<i>Circulation Pump</i>						
54	<i>Coarse Filter</i>						
55	Liquid Radioactive Waste Monitoring						
56	<i>Monitoring Tank</i>						
57	<i>Discharge Pump</i>						
58	<i>Fine Filter</i>						

Selain itu, pekerjaan sipil, electrical, I&C harus divalidasi dengan pengujian-pengujian sesuai spesifikasi yang diperlukan, sebagai berikut:

f) Titik tunda

- Item-item yang berkaitan dengan titik tunda harus dideskripsikan (durasi, kapan, konsekuensi) oleh vendor dan diapprove oleh bapeten dan sesuai dengan prinsip FIDIC dan silver book

B. Spesifikasi pengadaan

Pemohon yang melakukan pengadaan item-item dengan waktu *lead* (tunda) lama dan juga memberikan informasi mencakup:

a) Deskripsi dan kuantitas barang/item

Tabel dibawah ini akan dilengkapi oleh kontraktor

Daftar Barang Yang Akan Diimpor dan Lokal (*Master List*)

Nomor :

Nama Proyek	RDE 10 MWth (2,9 MWe)	Nomor Kontrak		Grand Total Biaya RDE	
Satker/Kegiatan		Tanggal Kontrak			
SubKegiatan		AMENDEMENT			
DIPA No./Tanggal		Tanggal			
Negara Donor		Kontraktor Utama			
Nomor Loan					
Finish GOODS					

No	ITEM M/L	Pelabuhan Pemasukan	Uraian Jenis Barang			FOB (USD)	Freight & Insurance (IF)	Total (USD)	Negara Pengirim
				Qty	Unit				
1.		Seaport:: • Tanjung Priok, • Merak Airport: • Soekarno-hatta	Mechanical Work						Russia, China, Germany, Japan
2.	R.	Merak	Siklus Primer						
3.	R.1.	Merak	Reaktor						China
4.	R.1.1	Merak	Reactor Pressure Vessel	1	buah				
5.	R.1.2	Merak	Metalic/ceramic internal	1	set				Japan
6.	R.1.3	Merak	Graphite	1	set				
7.	R.2.	Merak	Pembangkit Uap						
8.	R.2.1.	Merak	<i>Steam Generator Tube Bundle</i>	1	Set				

9.	R.2.2.	Merak	<i>Steam Generator Pressure Vessel</i>	1	buah				
10.	R.3.	Merak	Blower Gas Helium	1	set				
11.	R.4.	Tj. Priok	Penyimpanan & Pasokan Helium						
12.	R.4.1	Tj. Priok	<i>Purified Gas Compressor</i>	2	Set				
13.	R.4.2	Tj. Priok	<i>Purified gas receiver</i>	1	Set				
14.	R.4.3	Tj. Priok	<i>Compressor Buffer</i>	1	Set				
15.	R.4.4	Tj. Priok	<i>Purified Gas Storage Tank</i>	4	set				
16.	R.5	Tj. Priok	Pemurnian Helium						
17.	R.5.1	Tj. Priok	<i>Heater</i>	2	Set				
18.	R.5.2	Tj. Priok	<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>	2	set				
19.	R.5.3	Tj. Priok	<i>Recuperative heat exchanger</i>	4	Set				
20.	R.5.4	Tj. Priok	<i>Nitrogen-to-Helium heat exchanger</i>	2	Set				
21.	R.5.5	Tj. Priok	<i>Helium blower</i>	2	Set				
22.	R.5.6	Tj. Priok	<i>Dust removal filter</i>	2	Set				
23.	R.5.7	Tj. Priok	<i>CuO catalytic converter</i>	2	Set				
24.	R.5.8	Tj. Priok	<i>Water seperator</i>	2	Set				
25.	R.5.9	Tj. Priok	<i>Molecular Sieve</i>	2	paket				
26.	R.5.10	Tj. Priok	<i>Activated-carbon Adsorber</i>	2	paket				
27.	R.6	Tj. Priok	Sistem Ekstrasi Air pada system pendukung helium						
28.			<i>Storage Tank for Condensate</i>	2	Set				
29.			<i>Holding Tank</i>	1	Set				
30.			Peyimpanan Helium terkontaminasi radioaktif						
31.			<i>Radioactively contaminated helium storage tank</i>	2	set				
32.			Air Removal System for Primary System, Helium Purification and Fuel Handling Equipment						
33.			<i>Fluid Pump</i>	1	Set				
34.			<i>Main Vacuum Pump</i>	1	Set				
35.			<i>Backing Pump</i>	1	Set				

36			<i>Droplet Separator</i>	1	Set				
37			<i>Dust Removal Filter</i>	2	Set				
38			<i>Liquid Filter</i>	1	Set				
39			List Pressure Relief System for Helium Supporting System and Fuel Handling Equipment						
40			<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>	1	Set				
41			<i>Compressor</i>	2	Set				
42			<i>Dump Tank</i>	3	Set				
43			<i>Buffer Storage Tank</i>	1	Set				
44			Duct Pressure Vessel		Set				
45			<i>Duct Pressure Vessel</i>	1	Set				
46			<i>Hot Gas Pipe with Elbow</i>	1	Set				
47			Active Liquid Waste Collection						
48			<i>LRW Collection Tank</i>	2	Set				
49			<i>Circulation Pump</i>	2	Set				
50			<i>Coarse Filter</i>	4	Set				
51			Low-Level Inactive to Liquid Waste						
52			<i>Low-Level to Inactive Waste Collection Tank</i>	2	Set				
53			<i>Circulation Pump</i>	2	Set				
54			<i>Coarse Filter</i>	4	Set				
55			Liquid Radioactive Waste Monitoring						
56			<i>Monitoring Tank</i>	3	Set				
57			<i>Discharge Pump</i>	3	Set				
58			<i>Fine Filter</i>	2	Set				

b) Sertifikat kesesuaian

- Barang-barang dipastikan sesuai dengan spesifikasi (SGS atau SI melalui MK)

c) Hasil uji dan inspeksi

- Dilakukan oleh lembaga yang tersertifikasi dan menjadi tanggung jawab vendor (untuk barang import di luar negeri) contoh: SGS atau SI

d) Laporan ketidaksesuaian

- Disampaikan oleh MK kepada owner
- Tindakan lanjut akan dijabarkan di kontrak

e) Code dan standar yang dipakai

- Dalam proyek ini akan menggunakan standar Nasional, internasional dan standar negara asal

Dalam konstruksi RDE, keberterimaan desain perlu mematuhi peraturan dan standar yang berlaku, serta persyaratan-persyaratan keselamatan lain yang relevan. Kriteria keberterimaan desain meliputi peraturan, standard, code, termasuk ketentuan yang ditetapkan, Kriteria keberterimaan desain untuk code dan standard harus diterima oleh badan pengawas nasional di Indonesia. Detail kriteria keberterimaan desain diberikan dalam spesifikasi desain. Peralatan yang telah didesain sesuai standard, dapat diterima jika kondisi tingkat kinerja sesuai dengan fungsi keselamatan. Desain seismik dan kualifikasi yang diperlukan untuk semua kategori kelas seismik dari komponen perpipaan dan peralatan didasarkan pada skenario seismik dari instalasi. Tabel 1 memperlihatkan kriteria keberterimaan desain/kualifikasi untuk perpipaan dan komponen peralatan PLTN dan Tabel 2 memperlihatkan kriteria keberterimaan desain seismik/kualifikasi untuk perpipaan dan komponen peralatan PLTN.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam keberterimaan desain sebagai berikut:

1. Bentuk bangunan akan dilakukan sayembara sesuai ketentuan perpres 54 tahun 2010 tentang pengadaan barang dan jasa pemerintah.
2. Disain memenuhi persyaratan dari Kerangka Acuan Kerja (KAK) perencanaan; dan
3. Memenuhi persyaratan standar baru tentang keselamatan dari IAEA dan Undang undang bangunan gedung nomor 28 tahun 2002 didalam membuat program perencanaan, konsep perencanaan/ sketsa gagasan dan konsultasi dengan pemerintah daerah setempat mengenai peraturan daerah/perijinan bangunan.
4. Detail desain dan pemilihan jenis material harus memenuhi ke Akurasian (derajat tingkat kesempurnaan yang diperoleh dari pengukuran) terhadap bentuk dan kekuatan struktur
5. Desain/Detail desain harus mencantumkan "Building Codes" yang sesuai dengan building codes terkait dengan metode, kekuatan, keandalan, keselamatan dan keamanan bangunan dan instalasinya.
6. *Quality assurance of Design* (penjaminan system desain) dapat diyakinkan dengan membuat *quality target (hold point)* pada tiap tiap detail desain terhadap hasil

pekerjaan yang akan diharapkan seperti: Pekerjaan Arsitektur, Struktur, Mekanikal & Elektrikal dan Tata lingkungan lainnya.

Tabel 1. Kriteria Keberterimaan Desain/Kualifikasi untuk Perpipaan dan Komponen Peralatan PLTN

Equipment Class	Service Requirements			
	Operational Requirements	Environmental Requirements		
		Seismic ⁴⁾	Non-seismic ⁵⁾	EMC ⁶⁾
Mechanical Equipment				
Pipelines, Pipe Supports and Penetrations	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	no specific requirements	no specific requirements
Small Bore Pipes, HVAC Ducts	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], specific screening approaches [10,11]	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], specific screening approaches [10,11]	no specific requirements	no specific requirements
Valves (motor, fluid and hand operated)	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], OTT-87 [15]	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], ASME QME 1-1994 (2000) [12,13], OTT – 87 [14]	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [19], IEEE Std 323-1983 [20], ASME QME 1/1994 (2000)[12,13], OTT – 87 [15]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Valve Actuators	related IEC/IEEE design standards, OTT-87 [15]	IEC 980-1989 [14], ASME QME 1-1994 (2000) [12,13], IEEE Std 344-1987 [16], IEEE Std 382-1985 (1996) [17,18], OTT-87 [15]	IEC 60780[19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21], ASME QME 1-1994 (2000) [12,13], IEEE Std 382-1985 (1996) [17,18], OTT-87 [15]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]

Equipment Class	Service Requirements			
	Operational Requirements	Environmental Requirements		
		Seismic ⁴⁾	Non-seismic ⁵⁾	EMC ⁶⁾
Pumps	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9]), IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], ASME QME 1-1994 (2000) [12,13]	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21], ASME QME 1-1994 (2000)[12,13]	no specific requirements
Tanks, Heat Exchangers, Filters	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	no specific requirements	no specific requirements
Diesel and Motor Generators	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9])	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9]), IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16],	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Ventilators, Air Handlers, Chillers	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9]), related IEC/IEEE design standards	ASME BPVC Section III ⁷⁾ (analysis) [7,8], anchorage (e.g. [9]), IEC 980-1989 [14] IEEE Std 344-1987 [16],	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Supporting Platforms	codes for capacity evaluation of steel structures	codes for capacity evaluation of steel structures	no specific requirements	no specific requirements
Cranes, Transport Devices	codes for capacity evaluation of steel structures	codes for capacity evaluation of steel structures	no specific requirements	no specific requirements
Electrical Equipment				
Switchgears (low and medium-voltage) and Distribution Cabinets/Panels	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures, anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Motor Control Centers	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14] IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures, anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Transformers	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]

Equipment Class	Service Requirements			
	Operational Requirements	Environmental Requirements		
		Seismic ⁴⁾	Non-seismic ⁵⁾	EMC ⁶⁾
Batteries and UPS	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Battery Chargers and Inverters	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Cables with Accessories	related IEC/IEEE design standards	no specific requirements	IEC 60216-1 to 5 [25], IEC 60332-1 to 3 [26], IEC 60811-1 to 5 [27], IEEE Std 383-1974 [28], IEEE Std 572-1985 [29]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Cable Supporting Structures	codes for capacity evaluation of steel structures, anchorage (e.g. [9])	codes for capacity evaluation of steel structures anchorage (e.g. [9])	no specific requirements	no specific requirements
Cable Penetrations	related IEC/IEEE design standards	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16],	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21], IEC 60772 [30], IEEE Std. 317/1983 [31]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
I&C Equipment				
I&C Cabinets and Panels	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures, anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Sensors on Mechanical Components	related IEC/IEEE design standards	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16],	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Transmitters on Racks	related IEC/IEEE design standards, anchorage (e.g. [9])	IEC 980-1989 [14], IEEE Std 344-1987 [16], codes for capacity evaluation of steel structures, anchorage (e.g. [9])	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23], US NRC RG 1.180 [24]
Relays, Contactors, switches etc	related IEC/IEEE design standards	IEC 255-21-3 [32], ANSI/IEEE C37.98-1987 [33]	IEC 60780 [19], IEC 60068-1 to 5 [20], IEEE Std 323-1983 [21]	IEC 61000-1 to 6 [22], IEEE Std 384-1992 [23]

Tabel 2. Kriteria Keberterimaan Desain Seismik/Kualifikasi Untuk Perpipaan Dan Komponen Peralatan PLTN

Equipment Class	Verification Requirements		
	Structural Integrity ¹⁾	Seismic Functionality ²⁾	Verification as Built ³⁾
Mechanical Equipment			
Pipelines, Pipe Supports and Pipe Penetrations	analysis required [7,8,9] for an each system	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Small Bore Pipes, HVAC Ducts	analysis [7,8] or specific screening approach [10,11] required for an each system	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Valves (motor, fluid and hand operated)	analysis [7,8] or indirect verification required for an each valve model	testing or indirect verification [12,13,14,15,16] required for an each valve model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Valve Actuators	no requirements	testing or indirect verification [12,13,14,15,16,17,18] required for an each actuator model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Pumps	analysis [7,8,9] or indirect verification required for an each pump model	testing or indirect verification [12,13,14,16] required for an each pump model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Tanks, Heat Exchangers, Filters	analysis [7,8,9] or indirect verification required for an each component model	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]

Equipment Class	Verification Requirements		
	Structural Integrity ¹⁾	Seismic Functionality ²⁾	Verification as Built ³⁾
Diesel and Motor Generators	analysis [7,8,9] or indirect verification required for an each generator model	testing or indirect verification [14,16] required for an each pump model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Ventilators, Air Handlers, Chillers	analysis [7,8,9] or indirect verification required for an each component model	testing or indirect verification [14,16] required for an each pump model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Supporting Platforms	analysis or indirect verification required for an each platform	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Cranes, Transport Devices	analysis or indirect verification required for an each platform	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Electrical Equipment			
Switchgears (low and medium voltage) and Distribution Cabinets and Panels	analysis or indirect verification required for an each cabinet/panel housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Motor Control Centers	analysis or indirect verification required for an each cabinet/panel housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Transformers	analysis or indirect verification required for an each transformer housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each transformer model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Batteries and UPS	analysis or indirect verification required for an each transformer housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Battery Chargers and Inverters	analysis or indirect verification required for an each transformer housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Cables with Accessories	only proper attachment to the cable supporting structure	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Cable Supporting Structures	analysis or indirect verification required for an each typical cable supporting structure [34]	no requirements	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Cable Penetrations	no requirements	testing or indirect verification [14,16] required for an each penetration model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]

Equipment Class	Verification Requirements		
	Structural Integrity ¹⁾	Seismic Functionality ²⁾	Verification as Built ³⁾
I&C Equipment			
I&C Cabinets and Panels	analysis or indirect verification required for an each typical housing structure	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Sensors on Mechanical Components	no requirements	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Transmitters on Racks	analysis or indirect verification required for an each typical rack	testing or indirect verification [14,16] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]
Relays, Contactors, Switches etc. (detached)	no requirement	testing or indirect verification [30,31] required for an each component model	final inspection using the GIP-VVER procedure [5]

- f) Catatan pengadaan, instruksi penyimpanan, instalasi dan pengawetan
- g) Klasifikasi keselamatan
- h) Kode klasifikasi, tanggal efektif kode
- i) Persyaratan kinerja teknis, manual operasi dan pemeliharaan; dan Kondisi batas operasi
- j) Persyaratan jaminan kualitas
- k) Persyaratan sertifikasi dan keahlian personel
- l) Gambar terbangun
- m) Bill of material
- n) Persyaratan dokumentasi dan waktu pengujian

II. MANUFAKTUR DAN ASEMBLI

- F. Menjamin kemudahan mengakses fasilitas dan merekam untuk titik penyaksian (*witnessing*) atau audit dari badan pengawas, pemanufaktur, dan pendisain
 - Pihak kontraktor harus memberikan jaminan kepada auditor di dalam melaksanakan inspeksi dan audit untuk desain dan pabrikasi.
- G. Implikasi *manufaturing* terhadap desain
 - kontraktor harus menjamin adanya perubahan Implikasi manufaturing tidak mengubah fungsi, komponen, sub sistem dan sistem
- H. Pengadaan item-item pada jalur kritis dan dengan waktu tunda (*lead*) panjang
 - Kontraktor akan menyusun critical path dan long lead items

- I. Persyaratan lingkungan, suhu, kelembaban, kimia air, debu, dll, disekitar pabrik/ruang kerja (*work station*)
- J. Lokasi asembli komponen
 - Kontraktor menyediakan lokasi asembli yang mudah diakses
- K. Persyaratan pengiriman, pemaketan, penyimpanan dan penanganan
 -
- L. Aplikasi teknik/metode terbaru untuk manufaktur, asembli, inspeksi dan pengujian
- M. Uji kualifikasi peralatan dan yang uji terkait
- N. Metode pembersihan
- O. Penggunaan peralatan special yang tervalidasi dan terqualifikasi
- P. Spesifikasi dan keahlian personel
- Q. Dokumen prosedur dan persyaratan untuk verifikasi kualitas manufaktur dan asembli
- R. Kemamputelusuran peralatan penting terhadap keselamatan

A. Persyaratan pekerjaan konstruksi

c) Infrastruktur pendukung (transportasi dan akses lainnya)

A.1. Layanan

A.1.1. Gas

Tanki-tanki gas yang digunakan dalam konstruksi akan segera diinstal sebelum kegiatan konstruksi. Perpipaan gas bawah tanah akan dibangun dari stasiun gas menuju lokasi fasilitas penggunaan seperti, bengkel fabrikasi, perakitan modul dan area outfitting , dengan tetap mensinergikan instalasi bawah tanah lainnya dan jalan.

Tanki gas yang dipersiapkan antara lain:

- Argon;
- Gas Acetylene/MAPP;
- Oxygen;
- Nitrogen;
- Propane;
- dan gas lainnya yang dibutuhkan.

A.1.2. Udara Tekan

Kompresor udara dihubungkan dengan pipa bawah tanah menuju gedung konstruksi dan area perakitan akan sudah terinstal sebelum pra perakitan utama dan fabrikasi bejana sampai di tapak.

A.1.3. Daya Listrik

Evaluasi menyeluruh kebutuhan total energi listrik untuk konstruksi, startup dan pengujian perlu dilakukan selama proses enjinereng akhir. Termasuk didalamnya ukuran transformenter sementara dan lokasi penempatannya yang dapat mendukung pelaksanaan konstruksi. Evaluasi juga meliputi suplai daya listrik yang mencukupi seluruh pengujian pendahuluan saat startup. Jaringan listrik akan diinstal disaat-saat awal bagian awal dari jadwal pengembangan tapak. Pekerjaan ini akan dikoordinasikan dengan konstruksi perpipaian dan jalan. Dengan menginstal jaringan listrik sementara yang bersinergi dengan jaringan listrik desain, koridor jaringan listrik yang efektif akan membantu dalam faktor keselamatan, kemudahan dalam identifikasi lokasi, perawatan jaringan, dan biaya keseluruhan.

Suplai listrik oleh PLN dari gardu apa.....dengan daya.....dan di backup dengan genset...kVA

A.1.4. Pengisian bahan bakar

Bahan bakar (solar maupun bensin) digunakan selama konstruksi tapak. Fasilitas penyimpanan bahan bakar sementara dibutuhkan serta tindakan pencegahan kebakaran yang tepat untuk fasilitas tersebut. Truk pengangkut bahan bakar dibutuhkan untuk keperluan pengisian bahan bakar derek besar (*large crane*) dan peralatan berat lainnya, sehingga ketentuan/SOP untuk mobilitas dan parkir truk tersebut akan dibuat terlebih dahulu.

A.1.5. Suplai Air untuk konstruksi

Peralatan air sementara yang diangkut truk maupun angkutan rel dapat digunakan untuk suplai air selama konstruksi. Sistem air yang utama akan dijadwalkan dapat beroperasi secepatnya.

Kebutuhannya untuk apa, diambil darimana, berapa kubik (akan ditentukan oleh kontraktor)

A.2. Fasilitas

A.2.1. Gedung Sementara Administrasi Konstruksi

Kriteria desain akan sesuai dengan spesifikasi tapak/owner, berdasar pada rencana kedepan dari owner untuk bangunan tersebut. Ukuran bangunan administrasi ini disesuaikan dengan kebutuhan yang akan datang dan juga kebutuhan selama konstruksi. Pada beberapa kasus, bangunan ini tetap dipertahankan setelah RDE telah selesai dibangun dan kemudian diubah menjadi bangunan permanen.

A.2.2. Fasilitas Pendukung Konstruksi

Fasilitas sementara pendukung konstruksi akan tersedia dan beroperasi sebelum mulainya kegiatan konstruksi. Fasilitas yang diusulkan akan meliputi kantor dan ruangan penyimpanan, ruang rapat dan kamar kecil untuk staf konstruksi. Fasilitas sementara dengan menggunakan trailer biasa digunakan pada saat tahap awal, untuk mendukung rombongan awal personel proyek. Fasilitas untuk staf konstruksi akan sudah selesai setidaknya 7 hingga 8 bulan sebelum pengecoran awal pondasi nuclear island.

Seiring dengan fasilitas pendukung konstruksi sementara, parkir konstruksi akan didirikan di dekat konsentrasi pekerjaan. Parkir untuk kontraktor ditempatkan diluar dari pagar pembatas, dengan gerbang akses terbatas untuk personel dan kendaraan dengan akses ke daerah yang berbeda dibatasi untuk personel dengan keterampilan tertentu.

A.2.3. Parkir Konstruksi

Parkir konstruksi akan didesain dan ditata untuk memfasilitasi jalan keluar-masuk secara cepat dan aman. Jalur pejalan kaki yang aman akan disediakan dan desain akan direview untuk menghindari terciptanya titik buta (blind spot) untuk pengemudi yang keluar masuk tapak saat suasana gelap.

A.2.4. Fasilitas Pencampur beton

Konsep desain diperlukan untuk perhitungan akurat kebutuhan beton untuk pengembangan tapak. Sebagian besar aktivitas pengecoran pada RDE baru merupakan bagian kritis dan akan dikerjakan secara paralel dengan berbagai kegiatan pengecoran tapak pada hari yang sama. Pada dasarnya, seluruh struktur beton dibangun secara bersamaan. Beton menjadi komoditi yang kritikal. Lokasi dan ukuran fasilitas beton, dan juga fasilitas pendukungnya, sangat penting untuk suksesnya proyek.

A.2.4 Penanganan Material dan Pergudangan

Hal terpenting, sebelum dimulainya konstruksi, adalah program manajemen material, yang meliputi prosedur tertulis, pengadaan, pergudangan, penyimpanan di luar dan area untuk material. Rencana bangunan gudang akan menampilkan ketentuan ruang kantor yang cukup untuk administrasi gudang dan personel manajemen material serta untuk koordinator pergudangan pusat untuk semua sub-kontraktor tapak.

A.2.5. Area untuk penyimpanan dan meletakkan material ukuran besar dan modul

Dalam kaitannya dengan fasilitas gudang, sebuah tempat akan disediakan untuk penyimpanan luar dan area meletakkan material. Jumlah pra-pekerjaan seperti pra-fabrikasi, pra-perakitan dan perakitan modul, memerlukan area yang sedekat mungkin dengan calon bangunan RDE. Area ini akan juga ditempatkan sedekat mungkin dengan jalur jalan dan rel untuk fasilitas *unloading*.

A.2.6. Bengkel dan fasilitas Fabrikasi

Bengkel fabrikasi dilokasi akan segera dibangun untuk menghindari penundaan jadwal karena keterlambatan pengiriman material, operasional fasilitas bengkel akan dibutuhkan untuk proses fabrikasi dan perakitan modul, dan untuk pengerjaan ulang atau modifikasi berbagai macam logam, pipa, rak, saluran HVAC, baja diperkuat dan baja tanam yang diperlukan. Dikarenakan peranan bengkel fabrikasi yang multiguna, bengkel akan diperlengkapi untuk mendukung semua tipe fabrikasi logam.

A.2.7. Fasilitas kesehatan sementara

Sangat memungkinkan pada awal proyek, kantor keselamatan tapak sementara dipergunakan untuk melayani pertolongan pertama di lokasi tapak dan tempat untuk staf keselamatan dan kesehatan. Jika RDE baru berlokasi difasilitas yang ada, pelayanan kesehatan dimungkinkan sudah tersedia.

A.2.8. Fasilitas pengujian di lokasi

Untuk memenuhi jadwal pembangunan yang cepat, dibutuhkan fasilitas pengujian di lokasi, seperti laboratorium pengujian beton. Lokasi yang direkomendasikan untuk laboratorium pengujian beton berdekatan dengan fasilitas pencampur beton utama. Laboratorium pengujian melakukan monitoring harian dari

operasi fasilitas pencampur beton. Selain pengujian beton, fasilitas akan mengakomodasi pengujian tanah dan pengujian rebar. Hal ini diperlukan untuk pemilihan acak, pengujian dan pemantauan rebar saat tiba di lokasi. Selain itu, setiap jenis mekanisme penyambungan rebar mekanis yang digunakan disyaratkan untuk uji tegangan secara acak.

Fasilitas uji akan memiliki (a) tempat pengelasan yang cukup dengan peralatan las yang tepat dan pengujian peralatan untuk melakukan kualifikasi tukang las untuk kontraktor, dan (b) area untuk sertifikasi tube bending.

A.3. Area Perakitan

A.3.1. Area untuk perakitan, pendirian dan pengangkatan peralatan dan modul

Sebuah daerah tertentu dari tapak konstruksi di dekat Bangunan Reaktor dan Derek angkat berat akan disiapkan untuk peralatan dan modul untuk mendukung metode konstruksi *open-top* untuk peralatan besar. Daerah tambahan diperlukan untuk mendukung jalur kritis kegiatan utama di lokasi seperti peralatan dan line perakitan struktural dan penyimpanan. Area yang mampu menahan beban berat dengan dilengkapi pagar pembatas diperlukan untuk tiap-tiap perakitan. Semua area tersebut akan disediakan dan dilengkapi dengan layanan udara dan listrik konstruksi sementara. Akan dipertimbangkan untuk penggunaan beberapa lokasi penyimpanan yang diperlukan untuk memastikan kelancaran mobilitas dari pra-kerja, dan untuk menghindari gangguan dengan unit kerja yang berdekatan.

A.3.2. Area untuk perakitan, pendorongan dan pengangkatan modul

Daerah ini disediakan untuk perakitan modul besar untuk teknologi RDE maju. Oleh karena itu daerah perakitan ini akan lengkap dan tersedia dengan semua layanan satu tahun sebelum pengecoran pertama, dan di dekat derek berdaya angkat sangat berat. daerah perakitan modul dan mengangkat disyaratkan untuk mampu menahan beban berat dan mudah diakses. Lebih dari satu daerah mungkin diperlukan, tergantung pada kondisi dilapangan tapak.

A.3.3. Spoils, puing-puing, tanah uruk struktural borrow pits

Area ini digunakan untuk menumpuk kelebihan tanah dan pembuangan tanah yang tidak cocok selama proses pengupasan tanah bagian atas, grading dan penggalian. Area tumpukan spoils akan memiliki waktu tinggal tumpukan sependek

mungkin. Ukuran area dapat ditentukan oleh seleksi dan review dari tes tanah tertentu.

A.4. PERALATAN

A.4.1. Persyaratan Crane ringer atau *Heavy lift crawler*

Sebuah derek berdaya angkat sangat berat tunggal diperlukan untuk pembangunan RDE baru dengan konstruksi open-top modul dan alat berat. Hal ini membutuhkan landasan kuat, sebelum pengecoran *Nuclear island* pertama. Alat pengangkut beban bergerak diperlukan untuk membawa modul dan perlengkapan berat lainnya dari daerah perakitan ke derek berdaya angkat sangat berat. Beberapa perlengkapan berat termasuk Reactor Pressure Vessel dan Pembangkit Uap; baja dan peralatan modul besar; modul kerangka bangunan besar; modul peralatan; komponen dari NSSS; dan komponen generator turbo.

A.4.2. Crane konstruksi berat

Sebuah studi mengenai derek akan dilakukan untuk menentukan jumlah dan ukuran Dereks yang diperlukan untuk mendukung tahap kritis konstruksi dari masing-masing maju RDE. Setiap tapak akan dievaluasi secara rinci. Sebuah laporan penggunaan terjadwal akan dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam tahapan kritis keseluruhan proyek. Jalur derek berat tidak boleh terganggu oleh instalasi utilitas bawah tanah.

A. Jalan dan Area Parkir sementara

Kontraktor akan membangun semua jalan yang dibutuhkan dalam daerah Konstruksi, dipelihara, ditandai dan terus dibuka oleh Konsorsium selama pekerjaan Konstruksi.

B. Instalasi

Konsorsium akan menyediakan semua bahan, peralatan dan alat yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan dalam Kontrak.

Konsorsium bertanggung jawab untuk penyediaan dan pengoperasian semua fasilitas bongkar muat dan transportasi dan mengangkat bahan dan

komponen untuk bongkar muat Lokasi konstruksi dan dalam area konstruksi dan untuk membuat semua yang diperlukan kontak dengan pihak yang berwenang.

Konsorsium bertanggung jawab untuk penyediaan, pemasangan dan pemeliharaan lokakarya, gudang, fasilitas penyimpanan yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaannya. Selain itu Konsorsium juga akan menyediakan pencahayaan sementara di area konstruksi.

C. Kantor

Konsorsium akan melakukan pembangunan dan pemeliharaan kantor sementara, sanitasi, komunikasi dan fasilitas listrik, dll untuk Konsorsium, Pemilik dan Insinyur berada dalam lingkup Konsorsium.

D. Koneksi telepon

Konsorsium menyediakan telepon (jarak jauh dan panggilan internasional) dan jaringan telex untuk pertukaran pusat lokasi yang harus disediakan oleh Konsorsium.

Konsorsium bertanggung jawab untuk membuat koneksi internal ke pusat pertukaran. Konsorsium akan melakukan pembagian saluran telepon *off-site*. Untuk penggunaan telepon ini, tarif nominal dan biaya harus dibayar oleh Konsorsium.

E. Pasokan dan Pembuangan Air

Pengaturan sebuah sistem air minum dan distribusi air baku sementara pada Lokasi pembangunan menjadi tanggung jawab Konsorsium. Jika tidak ada sumber air yang sesuai dekat lokasi, ketentuan untuk air minum dan air baku seperti peralatan pengolahan air harus disediakan oleh Konsorsium.

Konsorsium bertanggung jawab selama konstruksi untuk pengolahan dan pembuangan limbah serta perlindungan air tanah. Dalam hal ini, dengan tetap harus memperhitungkan persyaratan dari otoritas lokal yang sesuai.

F. Listrik

Konsorsium harus memasok kebutuhan Listrik untuk konstruksi dari generator diesel sementara maupun dari grid (PLN). Penyiapan, pengoperasian dan pemeliharaan semua sistem tegangan rendah sementara juga koneksi ke terminal dari sistem distribusi utama dalam tanggung jawab Konsorsium.

G. *Housekeeping* lokasi kerja Konsorsium

Konsorsium akan selalu menjaga bahan yang disimpan dalam urutan yang baik, lokasi bebas sampah dan kelebihan material dan harus membuang semua sampah dan limbah material yang disebabkan oleh operasi dan meninggalkan wilayah kerja dalam keadaan bersih, rapi dan teratur yang memungkinkan akses tanpa hambatan maksimal.

Konsorsium akan menyediakan semua fasilitas dan layanan yang diperlukan untuk mencapai kondisi kebersihan yang diperlukan. Konsorsium akan bertanggung jawab untuk perlindungan lingkungan area lokasi kegiatan terkait yang menjadi lingkup pekerjaan. Konsorsium akan bertanggung jawab untuk memastikan pencegahan yang memadai untuk melindungi bahan dan fasilitas terhadap resiko kebakaran. Konsorsium akan mengambil langkah-langkah yang dianggap perlu untuk melindungi bahan dan fasilitas terhadap pencurian atau sabotase.

H. Fasilitas Tempat Tinggal

Konsorsium akan menyediakan, memelihara dan mengoperasikan sebuah tempat tinggal (dormitory) dan fasilitas nyaman untuk pekerjaan. Lokasi, konstruksi, operasi dan pemeliharaan tempat tinggal dan fasilitas akan dikordinasikan dan harus atas persetujuan dari pemilik.

Selain itu Konsorsium akan mematuhi semua hukum lokal dan peraturan yang mempengaruhi bangunan, pemeliharaan, atau operasi desa dan bertanggung jawab atas setiap dan semua kerusakan atau klaim yang dihasilkan dari tidak memadai atau fasilitas yang tidak tepat.

Konsorsium akan menyediakan kantin untuk karyawan Konsorsium dan sub-kontraktornya. Konsorsium akan memasang dan memelihara listrik dan pasokan air ke tempat tinggal dan sistem distribusi internal. Konsorsium akan memasang dan memelihara sistem pembaungan sampah dan limbah cair rumah tangga dan instalasi pengelolaan. Konsorsium menyediakan sarana transportasi reguler dari daerah Konstruksi ke tempat tinggal dan sebaliknya untuk konsorsium dan sub-kontraktornya.

I. Perlengkapan lainnya

- Pendingin Ruangan/AC

Instalasi AC sementara dan biaya operasional dari semua bangunan dan fasilitas di Kawasan Konstruksi dan tempat tinggal selama masa konstruksi dalam tanggung jawab Konsorsium.

- Bahan bakar
Konsorsium menyediakan bahan habis pakai (bahan bakar, minyak, bahan filter, dll) hingga serah terima Instalasi dengan pemilik. Penggunaan tipe bahan bakar selama operasi akan mentaati peraturan yang berlaku
- Pemadam kebakaran 3
Konsorsium menyediakan dan memelihara sistem pemadam kebakaran sementara untuk wilayah Konstruksi dan tempat tinggal selama masa perjaan.

d) Data desain

KODE	URAIAN	POSISI
	KAWASAN INSTALASI	
BAT	TRANSFORMATOR PEMBANGKIT	5 - F
BBT	PEMBATAS HUBUNG SINGKAT	5 - F
GCH	TANGKI AIR DEMINERAL	5 - F
UAX	INDOOR SUBSTATION SUBSTASIUN DALAM RUANGAN	5 - F
UBH	PENAMPUNG PELUMAS	5 - F
UBR	SAKLAR GIGI PEMINDAH DAN GED.PEMASOK DAYA DARURAT	6 - H
UBZ	DUCT KABEL	5 - H
UFC	PENYIMPAN LIMBAH BAHAN BAKAR	5 - I
UJA	GEDUNG REAKTOR	5 - H
UJH	PENGHUBUNG GEDUNG REAKTOR	5 - G
UKA	GEDUNG BANTU REAKTOR	5 - H
UKH	CEROBONG VENTILASI	5 - H
UMA	GEDUNG TURBIN	5 - F
UMY	JEMBATAN PIPA	5 - G
URA	MENARA PENDINGIN (AIR SIRKULASI)	6 - F
URB	MENARA PENDINGIN (AIR LAYANAN)	6 - G
URD	STRUKTUR POMPA UNTUK MENARA PENDINGIN (AIR SIRKULASI)	6 - G
URE	STRUKTUR POMPA UNTUK MENARA PENDINGIN (AIR LAYANAN)	6 - G
UTG	GEDUNG PUSAT SISTEM PEMASOK GAS	5 - I
UYA	GEDUNG OPERASI	6 - H
UYF	PINTU GERBANG KAWASAN	6 - I
UYG	STRUKTUR JEMBATAN	6 - H
UZA	JALAN RAYA	-
UZF	DAERAH PERAKITAN KOMPONEN BERAT	5 - H
UZJ	GERBANG DAN PAGAR	-
	PEMASOK UTILITAS	
	KOLAM	
AT-100	CLARIFIER	4 -B
BB-104	SUMUR AIR BERSIH	4 -B
Y01	KOLAM BILAS	4 -B

KODE	URAIAN	POSISI
BB-101	KOLAM LUMPUR	4 – B
WWT	KOLAM TREATMEN AIR LIMBAH	4 - C
BB-109	SUMBER AIR PEMADAM KEBAKARAN	5 - D
	TANGKI	
BB-105	FILTER AIR TANGKI PENYIMPAN	4 – D
BB-XX A/B	INSTRUMEN TANGKI PENAMPUNG UDARA	4 - D
BB-102	TANGKI PENAMPUNG SERAPAN	4 – C
BB-XX	TANGKI BIO	3 – D
	POMPA	
AP-102 A/B	POMPA BUSTE A/B	4 – C
AP-125 A/B	POMPA SIRKULASI LUMPUR	4 – B
AP-108 A/B	POMPA PENAMBAH AIR BERSIH A/B	4 – D
AP-120 A/B	POMPA AIR PEMADAM KEBAKARAN A/B	5 – D
AP-121	POMPA JOCKEY	5 – D
AP-103 A/B	POMPA AIR TERSARING A/B/C	4 – D
AP-104 A/B/C	POMPA TEKANAN TINGGI	4 – C
AP-105 A/B/C	POMPA PEMINDAH SERAPAN	4 – C
AP-123 A/B	POMPA PENUNJANG BACKWASH	4 – B
	PAKET	
AK-100	AIR PRA-OLAHAN	4 – B
AK-101	AIR OLAHAN TERSARING	4 – C
AK-102	PEMURNIAN AIR OLAHAN	4 – C
AK-103	AIR MINUM	4 – C
AT-102 A/B/C/D	PASIR PENYARING	4 – C
AT-108 A/B/C	UNIT PENCAMPUR DAN OSMOSA PEMBALIK	4 – C
AT-106	ULTRAVIOLET	4 – D
PO4	UNIT PENERING	4 – D
AT-103 A/B/C	FILTER KARBON	4 – C
AT-104 A/B/C	FILTER CARTRIDGE	4 – C
AT-105 A/B/C	UNIT OSMOSA PEMBALIK	4 – C
	KOMPRESOR	
SCA A	KOMPRESOR UDARA A	4 – D
SCA B	KOMPRESOR UDARA B	4 – D
	GEDUNG	
CW	RUANG KONTROL PEMASOK UTILITAS	4 – D
CW-2	WORKSHOP	5 – D
CW-3	GUDANG	6 – D
CW-4	RUMAH JAGA	6 – D
USR	RAK PEMASOK UTILITAS	4 – C
ICR	RAK INTERKONEKSI	5 – D

Deskripsi dan Kantitas Barang

1. Equipment List Reactor Pressure Vessel - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis
<i>Reactor Pressure Vessel</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i> 350 °C
		<i>Working Overpressure pe</i> 3 MPa
		<i>Volume</i> 200 m ³
		<i>Diameter</i> 4500 mm
		<i>Height</i> 12600 mm
		<i>Total Weight</i> 170000 kg
		<i>Allowable Temperature</i> 30 300 °C
		<i>Allowable Pressure</i> 0 4 MPa
		<i>Parts in contact with medium</i> 20 MnMoNi55
<i>Normal system</i>		

2. Equipment List Steam Generation – Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis
<i>Steam Generator Tube Bundle</i>	<i>Water/Steam Helium</i>	<i>Heating Capacity</i> 10000 kW
		<i>Allowable Temperature</i> 30 700 °C
		<i>Allowable Pressure</i> 0 7 MPa
		<i>Parts in contact with medium</i> X10 NiCrAlTi 32 20 (In800)

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis				
<i>Steam Generator Pressure Vessel</i>		<i>Working Temperature</i>	<i>250 °C</i>			
		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3 MPa</i>			
		<i>Volume</i>	<i>200 m³</i>			
		<i>Diameter</i>	<i>1500 mm</i>			
		<i>Height</i>	<i>12350 mm</i>			
		<i>Total Weight</i>	<i>60000 kg</i>			
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>350</i>	<i>°C</i>	
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>4</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>20 MnMoNi55</i>			

3. Equipment List Primary Gas Blower - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis				
<i>Primary Gas Blower</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential Pressure</i>	<i>0.15 MPa</i>			
		<i>Mass Flow</i>	<i>4.3 kg/h</i>			
		<i>Density</i>	<i>2.75 kg/m³</i>			
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>350</i>	<i>°C</i>	
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>4</i>	<i>MPa</i>	

4. Equipment List Helium Supply and Storage System - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis		
<i>Purified Gas Compressor</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential pressure</i>		<i>14MPa</i>
		<i>Mass flow</i>		<i>kg/h</i>
		<i>Density</i>		<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30 300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0 16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		
<i>Purified Gas Compressor</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential pressure</i>		<i>MPa</i>
		<i>Mass flow</i>		<i>kg/h</i>
		<i>Density</i>		<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>		<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>		<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Purified gas receiver</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>			<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>			<i>14MPa</i>
		<i>Volume</i>			<i>m³</i>
		<i>Diameter</i>			<i>mm</i>
		<i>Height</i>			<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>
<i>Compressor Buffer</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>			<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>			<i>14MPa</i>
		<i>Volume</i>			<i>m³</i>
		<i>Diameter</i>			<i>mm</i>
		<i>Height</i>			<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Purified Gas Storage Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>25 °C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>14MPa</i>	
		<i>Volume</i>		<i>4.5 m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>
<i>Purified Gas Storage Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>°C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>14MPa</i>	
		<i>Volume</i>		<i>4.5 m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Purified Gas Storage Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>°C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>14MPa</i>	
		<i>Volume</i>		<i>4.5 m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>
<i>Purified Gas Storage Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>°C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>14MPa</i>	
		<i>Volume</i>		<i>4.5 m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>16</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>

5. Equipment List Helium Purification System - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Heater</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>		<i>3.5</i>	<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>		<i>2.5</i>	<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Recuperative heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Recuperative heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>-200</i>	<i>100</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Nitrogen-to-Helium heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>	<i>3.3</i>	<i>kW</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>-200</i>	<i>40</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Helium blower</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential pressure</i>	<i>0.5</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Mass flow</i>	<i>10.5</i>	<i>kg/h</i>	
		<i>Density</i>		<i>kg/m³</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
<i>Parts in contact with medium</i>					
<i>Dust removal filter</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>250</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>3.8</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Filter element</i>					

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>CuO catalytic converter</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>250</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>3.8</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>	
		<i>Filter element</i>		<i>CuO</i>	
<i>Water seperator</i>	<i>Helium</i>	<i>Flow rate normal</i>	<i>2.3</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Molecular Sieve</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>40</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>2.3</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Activated-carbon Adsorber</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>-180</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>0.667</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>-200</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
			<i>activated carbon</i>		

6. Equipment List Helium Purification System (post-accident) - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Heater</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>3.5 kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>2.5 kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Recuperative heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Recuperative heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>			<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Nitrogen-to-Helium heat exchanger</i>	<i>Helium</i>	<i>Heating Capacity</i>		<i>3.33 kW</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Post-accident Cooler</i>	<i>Helium/Water</i>	<i>Heating Capacity</i>		<i>70.65 kW</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Post-accident blower</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential pressure</i>		<i>MPa</i>	
		<i>Mass flow</i>		<i>kg/h</i>	
		<i>Density</i>			<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			
<i>Helium blower</i>	<i>Helium</i>	<i>Differential pressure</i>		<i>MPa</i>	
		<i>Mass flow</i>		<i>kg/h</i>	
		<i>Density</i>			<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Dust removal filter</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>250</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>3.8</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>	
		<i>Filter element</i>			
<i>CuO catalytic converter</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>250</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>	<i>2.3</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>	
		<i>Filter element</i>		<i>CuO</i>	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Water seperator</i>	<i>Helium</i>	<i>Flow rate normal</i>	<i>2.3</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
<i>Molecular Sieve</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Working Temperature</i>	<i>40</i>	<i>°C</i>	
		<i>Max. allowable pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>	<i>2.3</i>		<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>
			<i>Filter element</i>		

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis		
<i>Activated-carbon Adsorber</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>
		<i>Working Temperature</i>	<i>-180</i>	<i>°C</i>
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>	<i>0.667</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>-200 300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0 3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>
		<i>Filter filling</i>		<i>activated carbon</i>
<i>Commissioning Filter</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Overpressure pe</i>	<i>3</i>	<i>MPa</i>
		<i>Working Temperature</i>	<i>250</i>	<i>°C</i>
		<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>	<i>88.2</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30 300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0 3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316L</i>
		<i>Filter filling</i>		

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Water seperator</i>	<i>Helium/Water</i>	<i>Flow rate normal</i>	<i>55</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>3.9</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316L</i>

7. Equipment List Water extraction System for Helium Supporting System (post-accident) – Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Storage Tank for Condensate</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	<i>30</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure p_e</i>	<i>0</i>		<i>MPa</i>
		<i>Volume</i>	<i>2.5</i>		<i>m³</i>
		<i>Diameter</i>			<i>mm</i>
		<i>Height</i>			<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.15</i>	<i>MPa</i>
			<i>SS316</i>		

8. Equipment List Water extraction System for Helium Supporting System (normal operation)– Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Holding Tank</i>	<i>Condensate</i>	<i>Working Temperature</i>	<i>30</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>0</i>	<i>MPa</i>
		<i>Volume</i>		<i>0.25</i>	<i>m³</i>
		<i>Diameter</i>			<i>mm</i>
		<i>Height</i>			<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.15</i>	<i>MPa</i>
				<i>Parts in contact with medium</i>	<i>SS316</i>
<i>Storage Tank for Condensate</i>	<i>Condensate</i>	<i>Working Temperature</i>	<i>30</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>0</i>	<i>MPa</i>
		<i>Volume</i>		<i>2.5</i>	<i>m³</i>
		<i>Diameter</i>			<i>mm</i>
		<i>Height</i>			<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.15</i>	<i>MPa</i>
				<i>Parts in contact with medium</i>	<i>SSA316</i>

9. Equipment List Radioactively contaminated Helium Storage– Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis	
<i>Radioactively contaminated helium storage tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>MPa</i>
		<i>Volume</i>	<i>2.5 m³</i>
		<i>Diameter</i>	<i>mm</i>
		<i>Height</i>	<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>1.4571</i>
<i>Radioactively contaminated helium storage tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>MPa</i>
		<i>Volume</i>	<i>2.5 m³</i>
		<i>Diameter</i>	<i>mm</i>
		<i>Height</i>	<i>mm</i>
		<i>Total Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>1.4571</i>

10. Equipment List Air Removal System for Primary System, Helium Purification and Fuel Handling Equipment – Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis	
<i>Fluid Pump</i>		<i>Capacity</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>1.4571</i>
<i>Main Vacuum Pump</i>		<i>Capacity</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>1.4571</i>
<i>Backing Pump</i>		<i>Capacity</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>1.4571</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis
<i>Droplet Separator</i>		<i>Flow Rate normal</i> m^3/h <i>Discharge Head</i> m <i>Weight</i> kg <i>Allowable Temperature</i> $^{\circ}C$ <i>Allowable Pressure</i> MPa <i>Parts in contact with medium</i> 1.4571
<i>Dust Removal Filter</i>		<i>Working Overpressure pe</i> MPa <i>Working Temperature</i> $^{\circ}C$ <i>Max. allowable pressure drop</i> $mbar$ <i>Initial pressure drop</i> $mbar$ <i>Flow rate normal</i> m^3/h <i>Total Weight</i> kg <i>Allowable Temperature</i> $^{\circ}C$ <i>Allowable Pressure</i> MPa <i>Parts in contact with medium</i> <i>Filter filling</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis	
<i>Dust Removal Filter</i>		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>MPa</i>
		<i>Working Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Max. allowable pressure drop</i>	<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>	<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	
	<i>Filter filling</i>		
<i>Liquid Filter</i>		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>MPa</i>
		<i>Working Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Max. allowable pressure drop</i>	<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>	<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	
	<i>Filter filling</i>		

11. Equipment List Pressure Relief System for Helium Supporting System and Fuel Handling Equipment– Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis	
<i>Water to Helium Heat Exchanger</i>	<i>Helium/Water</i>	<i>Heating Capacity</i>	<i>kW</i>
		<i>Total Weight</i>	<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	<i>SS316</i>
<i>Compressor</i>		<i>Differential pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Mass flow</i>	<i>kg/h</i>
		<i>Density</i>	<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	
<i>Compressor</i>		<i>Differential pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Mass flow</i>	<i>kg/h</i>
		<i>Density</i>	<i>kg/m³</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Dump Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>°C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>0.2</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Volume</i>	<i>0.5</i>	<i>m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>
<i>Dump Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>°C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>	<i>0.2</i>	<i>MPa</i>	
		<i>Volume</i>	<i>0.5</i>	<i>m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>30</i>	<i>300</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4571</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Dump Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>			°C
		<i>Working Overpressure pe</i>	0.2		MPa
		<i>Volume</i>	0.5		m^3
		<i>Diameter</i>			mm
		<i>Height</i>			mm
		<i>Total Weight</i>			kg
		<i>Allowable Temperature</i>	30	300	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	1	MPa
		<i>Parts in contact with medium</i>			1.4571
<i>Buffer Storage Tank</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	30		°C
		<i>Working Overpressure pe</i>	0.2		MPa
		<i>Volume</i>			m^3
		<i>Diameter</i>			mm
		<i>Height</i>			mm
		<i>Total Weight</i>			kg
		<i>Allowable Temperature</i>	30	300	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	1	MPa
		<i>Parts in contact with medium</i>			1.4571

12. Equipment List JEC Duct Pressure Vessel - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Duct Pressure Vessel</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	250	°C	
		<i>Working Overpressure pe</i>	3	MPa	
		<i>Volume</i>	200	m^3	
		<i>Diameter</i>	700	mm	
		<i>Height</i>	7500	mm	
		<i>Total Weight</i>	7000	kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	30	350	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	4	MPa
		<i>Parts in contact with medium</i>		20 MnMoNi55	
<i>Hot Gas Pipe with Elbow</i>	<i>Helium</i>	<i>Working Temperature</i>	700/250	°C	
		<i>Working Overpressure pe</i>	3	MPa	
		<i>Diameter</i>	500	mm	
		<i>Length</i>	8500	mm	
		<i>Total Weight</i>	4000	kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	30	800	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	4	MPa
		<i>Parts in contact with medium</i>		X10 NiCrAlTi 32 20 (In800)	

13. Equipment List KPF10 Active Liquid Waste Collection- Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis				
LRW Collection Tank	Water	<i>Working Temperature</i>			40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>			0 MPa	
		<i>Volume</i>			20 m ³	
		<i>Diameter</i>			mm	
		<i>Height</i>			mm	
		<i>Total Weight</i>			kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C	
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa	
		<i>Parts in contact with medium</i>			SS316	
LRW Collection Tank	Water	<i>Working Temperature</i>			40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>			0 MPa	
		<i>Volume</i>			20 m ³	
		<i>Diameter</i>			mm	
		<i>Height</i>			mm	
		<i>Total Weight</i>			kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C	
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa	
		<i>Parts in contact with medium</i>			SS316	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis		
<i>Circulation Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>45</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>1.4408</i>
<i>Circulation Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>45</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>1.4408</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20 m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>

14. Equipment List Low-Level Inactive to Liquid Waste - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<p><i>Low-Level to Inactive Waste Collection Tank</i></p>	<p><i>Water</i></p>	<i>Working Temperature</i>		40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>		0 MPa	
		<i>Volume</i>		20 m ³	
		<i>Diameter</i>		mm	
		<i>Height</i>		mm	
		<i>Total Weight</i>		kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa
<i>Parts in contact with medium</i>				SS316	
<p><i>Low-Level to Inactive Waste Collection Tank</i></p>	<p><i>Water</i></p>	<i>Working Temperature</i>		40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>		0 MPa	
		<i>Volume</i>		20 m ³	
		<i>Diameter</i>		mm	
		<i>Height</i>		mm	
		<i>Total Weight</i>		kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa
<i>Parts in contact with medium</i>				SS316	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis		
<i>Circulation Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>45</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>1.4408</i>
<i>Circulation Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>	<i>45</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>1.4408</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20 m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60 °C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7 MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Coarse Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Initial pressure drop</i>		<i>mbar</i>	
		<i>Flow rate normal</i>		<i>20</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>

15. Equipment List Liquid Radioactive Waste Monitoring - Nuclear

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis				
Monitoring Tank	Water	<i>Working Temperature</i>			40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>			0 MPa	
		<i>Volume</i>			20 m ³	
		<i>Diameter</i>			mm	
		<i>Height</i>			mm	
		<i>Total Weight</i>			kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C	
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa	
		<i>Parts in contact with medium</i>			SS316	
Monitoring Tank	Water	<i>Working Temperature</i>			40 °C	
		<i>Working Overpressure pe</i>			0 MPa	
		<i>Volume</i>			20 m ³	
		<i>Diameter</i>			mm	
		<i>Height</i>			mm	
		<i>Total Weight</i>			kg	
		<i>Allowable Temperature</i>	0	60	°C	
		<i>Allowable Pressure</i>	0	0.15	MPa	
		<i>Parts in contact with medium</i>			SS316	

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Monitoring Tank</i>	<i>Water</i>	<i>Working Temperature</i>		<i>40 °C</i>	
		<i>Working Overpressure pe</i>		<i>0 MPa</i>	
		<i>Volume</i>		<i>20 m³</i>	
		<i>Diameter</i>		<i>mm</i>	
		<i>Height</i>		<i>mm</i>	
		<i>Total Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.15</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>		<i>SS316</i>	
<i>Discharge Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>40</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Discharge Head</i>	<i>20</i>	<i>m</i>	
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4408</i>
<i>Discharge Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>	<i>40</i>	<i>m³/h</i>	
		<i>Discharge Head</i>	<i>20</i>	<i>m</i>	
		<i>Weight</i>		<i>kg</i>	
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4408</i>

Deskripsi Equipment	Media	Data Teknis			
<i>Discharge Pump</i>	<i>Water</i>	<i>Capacity</i>		<i>40</i>	<i>m³/h</i>
		<i>Discharge Head</i>		<i>20</i>	<i>m</i>
		<i>Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>1.4408</i>
<i>Fine Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>			<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>
<i>Fine Filter</i>	<i>Water</i>	<i>Max. allowable pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Initial pressure drop</i>			<i>mbar</i>
		<i>Flow rate normal</i>			<i>m³/h</i>
		<i>Total Weight</i>			<i>kg</i>
		<i>Allowable Temperature</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>°C</i>
		<i>Allowable Pressure</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>MPa</i>
		<i>Parts in contact with medium</i>			<i>SS316</i>

B. Kondisi lingkungan kerja

Kontraktor akan menyediakan lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi karyawan, seperti air minum bersih, penerangan yang memadai, suhu, ventilasi, sanitasi, dan peralatan pelindung diri harus tersedia bersama dengan tempat bekerja dengan perabot lengkap. Selain itu, fasilitas dibuat dan dirawat sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan yang berlaku.

Jika disediakan oleh kontraktor, fasilitas asrama dibuat dan dirawat sesuai dengan undang-undang dan peraturan yang berlaku, dan lokasinya terpisah jauh dari area pabrik dan produksi. Semua gedung asrama harus bersih, aman dan pekerja bisa bebas keluar masuk gedung asrama. Fasilitas toilet harus bersih, fasilitas air minum, penyiapan dan penyimpanan makanan harus higienis. Pada prinsipnya kondisi lingkungan kerja RDE dalam pemenuhannya akan mematuhi peraturan yang berlaku.

C. Kendali dan *cleanless* material asing

Pokok-pokok penting yang akan diperhatikan meliputi:

- g) Metode dan teknis untuk pengendalian area tapak, struktur dan sistem individu, fasilitas pada tapak, dan material dan peralatan yang terkait instalasi
- h) Metode pengendalian kondisi lingkungan
- i) Kendali akses personel
- j) Penentuan dan kendali terhadap bahan kimia dan bahan cepat terpakai
- k) Prosedur dan metode pembersihan
 - vii. Pengecekan jalur air
 - viii. Tagging dan locking
 - ix. Inspeksi interior
 - x. Isolasi atau proteksi komponen
 - xi. Pensegelan bukaan pada sistem yang sudah bersih
 - xii. Pengecekan instalasi dan rentetan pemindahan perangkat temporer
- l) Rencana darurat

D. Bukti penerimaan, penanganan, transport, penyimpanan, pengawetan dan pemeliharaan

Pengecekan akan dilakukan pada komponen terkait keselamatan yang diterima di lokasi proyek, diyakinkan bahwa:

- d) Komponen-komponen sesuai permintaan
- e) Tidak mengalami kerusakan selama/pasca pengiriman

- f) Barang tidak palsu, bukan hasil penipuan dan yang dicurigai, tidak masuk lokasi proyek

Inspeksi dilakukan sebelum barang-barang diterima dan digunakan untuk menjamin:

- n) Komponen-komponen terkonfigurasi benar
- o) Identifikasi dan penandaan yang benar
- p) Dokumentasi manufaktur dan assembli, termasuk deviasi yang disetujui jika diperlukan
- q) Rekaman inspeksi dan/atau sertifikat yang mampu lacak untuk konfirmasi keberterimaan
- r) Catatan verifikasi sumber untuk komponen dan dokumentasi
- s) Lapisan pelindung dan segel masih terpasang
- t) Koating dan pengawet tidak rusak
- u) Tidak terdapat kerusakan fisik
- v) Kebersihan yang memenuhi persyaratan desain
- w) Selimut gas inert dan pengering tersedia
- x) Rekaman identifikasi ketidaksesuaian dari catatan inspeksi yang terdeteksi selama proses manufaktur
- y) Pengujian terhadap perangkat keras
- z) Pencegahan terhadap
Kendali diperlukan untuk mencegah pemasangan dan penggunaan komponen yang tidak sesuai

Pertimbangan penyimpanan yang diperhatikan:

- k) Praktik kebersihan dan *housekeeping*
- l) Persyaratan proteksi kebakaran
- m) Persyaratan perlindungan terkait pelapisan, pengawetan, cover dan *sleeves*
- n) Pencegahan kerusakan fisik
- o) Kendali lingkungan, materi di udara, elektrik static, suhu dan kelembaban
- p) Perawatan pencegahan
- q) Keamanan terhadap pencurian, perusakan dan penggunaan tak terotorisasi
- r) Waktu shelf akibat karakteristik kimia dan fisik
- s) Identifikasi komponen-komponen
- t) Proteksi radiasi dan penandaan yang tepat terhadap sumber bahaya radiasi

- E. Verifikasi dan pengujian kegiatan konstruksi
Rekaman verifikasi mencakup:

- j) Identifikasi SSK
- k) Penjelasan bagaimana suatu hasil diverifikasi
- l) Tanggal dan waktu verifikasi
- m) Nama dan organisasi pemverifikasi
- n) Peralatan dan perlengkapan terkalibrasi khusus yang digunakan
- o) Hasil uji dan perbandingan dengan criteria penerimaan
- p) Daftar ketidaksesuaian dan rencana pemenuhannya
- q) Daftar item pekerjaan sangat penting dan tindakan pemenuhan pekerjaan
- r) Konfirmasi tersedia dan terpenuhinya dokumentasi khusus

III. PROTEKSI SSK PENTING TERHADAP KESELAMATAN

Peminjaman terhadap SSK penting terhadap keselamatan terlindungi dari kegiatan konstruksi, melalui tindakan:

- e) Tindakan perawatan pencegahan dan perbaikan untuk menjaga fungsionalitas SSK penting terhadap keselamatan, sesuai persyaratan desain hingga program perawatan operasi dimulai
- f) Menjamin proses fabrikasi/manufacturing, konstruksi dan instalasi tidak berpengaruh terhadap kinerja penuaan SSK penting terhadap keselamatan atau unit reaktor sekitar
- g) Melakukan pemantauan berkala terhadap kondisi lingkungan (suhu, tekanan, kelembaban, debu, pengotor, kadar garam di udara, angin, dan kondisi elektromagnet) untuk meyakinkan bahwa batas tetap terjadi selama konstruksi
- h) Pemanfaatan pembersihan (*housekeeping, cleanliness*) dan perhitungan eklusi material untuk melindungi peralatan kendali, kelistrikan, mekanikal sensitive dari kontaminasi internal dan eksternal

Otorisasi badan pengawas jika ada penggunaan SSK penting terhadap keselamatan secara temporer digunakan untuk SSK yang tidak didesain


IV. SISTEM PELAPORAN

- A. Laporan kontraktor
- B. Laporan harian, mingguan
- C. Laporan bulanan
- D. Laporan penggunaan tenaga asing
- E. Laporan RKL/RPL

**KERANGKA ACUAN KERJA
PENGADAAN JASA KONTRUKSI
ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC)
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**




**ORGANISASI PELAKSANA PROYEK RDE
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2017**

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 1 dari 17

LEMBAR PENGESAHAN

Uraian	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Disiapkan oleh	Dr. Taswanda Taryo			
	Ir. Sriyana, MT.			
	Kurnia Anzhar, M.Si.			
	Dedy Priambodo, ST			
	Ir. Susyadi, M.Sc.			
	Dr. Topan Setiadipura, S.Si. M.Si			
	Ir. Agus Cahyono, M.Eng.			
	Wagiman, SH.			
	Agustinus Bayu Purnomo, M.Eng.			
	Tri Wahyu Widodo, S.Sos.			
	Rr. Arum Puni Rijanti, ST., MT.			
Diperiksa oleh	Ir. Yarianto SBS., M.Si.	Kepala PKSEN		
		Deputi Bidang TEN		
Disahkan oleh	Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto	Kepala BATAN		


	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 2 dari 17

DAFTAR ISI

1. PENDAHULUAN	3
2. MAKSUD DAN TUJUAN	12
3. SASARAN.....	12
4. SUMBER DANA	12
5. NAMA DAN UNIT KERJA PENGGUNA JASA.....	12
6. JANGKA WAKTU PELAKSANAAN	12
7. TAPAK RDE	13
8. SPESIFIKASI TEKNIS.....	13
9. DATA PENUNJANG.....	13
10. PERSYARATAN UMUM.....	14
11. LINGKUP KEGIATAN	15
12. KRITERIA UMUM DAN KELUARAN.....	18
13. PROGRAM ALIH TEKNOLOGI	19
14. TENAGA AHLI.....	19
15. JADWAL KEGIATAN PELAKSANAAN	22
16. PELAPORAN.....	23

LAMPIRAN 1 INFORMASI TAPAK

LAMPIRAN 2 DOKUMEN SPESIFIKASI TEKNIS REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE)

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 3 dari 17

1. PENDAHULUAN


a. Latar Belakang

Energi nuklir mempunyai potensi besar untuk menjadi tulang punggung EBT di masa yang akan datang, dan diharapkan akan menjadi **faktor pengungkit** yang signifikan dalam pemenuhan energi listrik nasional, terlebih lagi teknologi nuklir dapat digolongkan ke dalam teknologi bersih (*clean technology*), yang dapat berperan penting dalam menggerakkan roda ekonomi nasional dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Pemanfaatan energi nuklir telah pula diamanatkan dalam undang-undang, yaitu dalam Undang undang No 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN), bahwa memanfaatkan energi nuklir sebagai salah satu bauran energi nasional pada kurun waktu Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) ke-3 (2015-2019) dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat.

BATAN sebagai salah satu instansi pemerintah yang mengemban misi untuk memanfaatkan teknologi nuklir guna menyejahterakan masyarakat, telah melakukan banyak hal termasuk mengkaji pemanfaatan teknologi nuklir sebagai sumber energi nasional di masa depan. Dalam melaksanakan tugas tersebut BATAN bekerja sama dengan instansi pemerintah terkait, perguruan tinggi dan industri nasional.

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai badan pelaksana dalam pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia dalam upaya penguasaan teknologi nuklir khususnya untuk pembangkit listrik, sedang melaksanakan pembangunan Reaktor Daya Eksperimental (RDE) yang bertipe HTGR dan merupakan reaktor daya non komersial. Pembangunan RDE dimaksudkan sebagai langkah awal pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia dalam bentuk mini sebelum melangkah ke tahap pembangunan PLTN dengan skala besar. Dengan dibangunnya RDE, kelak dapat meningkatkan kepercayaan dan pemahaman masyarakat serta pemangku kepentingan termasuk pengambil kebijakan di bidang energi, bahwa RDE mampu menghasilkan listrik yang aman. Pembangunan RDE diharapkan dapat memberikan penguatan Sumber Daya Manusia (SDM) Indonesia sekaligus menjadi pembelajaran dalam mendesain, membangun, mengoperasikan dan merawat reaktor nuklir jenis pembangkit listrik.

Sebagaimana diketahui, tenaga nuklir merupakan salah satu sumber daya energi yang sudah digunakan di 31 (tiga puluh satu) negara sebagai pembangkit listrik. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat, pemerintah merencanakan untuk memanfaatkan PLTN dalam memenuhi kebutuhan listrik nasional. Rencana untuk membangun PLTN di Indonesia sebenarnya sudah cukup lama, namun terkendala oleh berbagai masalah sehingga belum terlaksana hingga saat ini. Adanya

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 4 dari 17

kendala tersebut, kemudian BATAN menginisiasi untuk membangun RDNK sebagai sarana penguasaan teknologi sebelum melangkah ke tahap pembangunan PLTN dengan skala besar.

Mengacu pada ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2014 tentang Administrasi Pemerintahan, pembangunan RDNK pada dasarnya adalah merupakan suatu keputusan atau tindakan administrasi pemerintahan yang harus didasarkan atas kedaulatan rakyat dan hukum, yang dalam dokumen ini direfleksikan dalam 3 (tiga) pertimbangan pokok, yaitu landasan yuridis, sosiologis, dan filosofis.

Landasan yuridis merupakan pertimbangan atau alasan yang melandasi/mendasari diambilnya keputusan atau tindakan pembangunan dan pengoperasian RDNK yang mengemukakan lingkup dasar pertimbangan hukum tentang pembangunan RDNK, mulai dari konstitusi negara (Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945) hingga peraturan pelaksanaannya, dengan uraian sebagai berikut:

1. Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 sebagaimana telah diamandemen sebanyak 4 (empat) kali


Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (UUD 1945) mengamanatkan bahwa tujuan pembangunan nasional adalah untuk mewujudkan kesejahteraan umum dan mencerdaskan kehidupan bangsa. Untuk mempercepat terwujudnya tujuan pembangunan nasional dapat dilakukan melalui penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi (Iptek) termasuk Iptek nuklir.

UUD 1945 merupakan norma dasar (grundnorm) dalam kegiatan memajukan Iptek nasional. Ketentuan UUD 1945 yang terkait pelaksanaan program kegiatan RDNK adalah:

a. Pasal 28C menyatakan:

“Setiap orang berhak mengembangkan diri melalui pemenuhan kebutuhan dasarnya, berhak mendapat pendidikan dan memperoleh manfaat dari ilmu pengetahuan dan teknologi, seni dan budaya, demi meningkatkan kualitas hidupnya dan demi kesejahteraan umat manusia”. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi harus memperhatikan hak warga negara untuk mendapatkan manfaat dari ilmu pengetahuan dan teknologi.

b. Pasal 31 ayat (5) menyatakan:

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 5 dari 17

“Pemerintah memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan menjunjung tinggi nilai-nilai agama dan persatuan bangsa untuk memajukan peradaban serta kesejahteraan umat manusia”.

Berdasarkan ketentuan tersebut dapat dimaknai bahwa pemerintah berkewajiban memajukan iptek, agar dapat memberikan manfaat bagi bangsa dalam rangka meningkatkan kualitas hidup, kemajuan peradaban dan kesejahteraan bangsa. BATAN sebagai salah satu lembaga pemerintah turut bertanggung jawab atas terselenggaranya kemajuan iptek dalam hal ini pembangunan RDNK, sehingga BATAN akan selalu mengupayakan gagasan terkait memajukan iptek, khususnya iptek nuklir, dengan tetap berlandaskan pada ketentuan peraturan perundang-undangan.

2. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Undang-undang ini merupakan landasan formal (formell gezets) BATAN dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian dan pengembangan iptek nuklir, khususnya terkait dengan pembangunan dan pengoperasian RDNK. Ketentuan dalam Undang-Undang Ketenaganukliran mengenai kewenangan BATAN sebagai Badan Pelaksana diatur sebagai berikut:


a. Pasal 3 ayat (1) menyatakan:

Pemerintah membentuk Badan Pelaksana yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden, yang bertugas melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir.

b. Pasal 13 ayat (1) menyatakan:

Pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning reaktor nuklir non komersial dilaksanakan oleh Badan Pelaksana.

Berdasarkan ketentuan tersebut dapat dimaknai bahwa BATAN sebagai badan pelaksana, adalah satu-satunya lembaga pemerintah yang diberi kewenangan oleh undang-undang untuk melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir. Pemanfaatan tenaga nuklir harus memperhatikan asas pembangunan nasional, keselamatan, keamanan, ketenteraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, serta pemanfaatan bagi sebesar-besar kemakmuran rakyat. Diantara tugas-tugas yang harus diemban oleh BATAN, salah satunya adalah melaksanakan pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning reaktor nuklir nonkomersial.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 6 dari 17

3. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005-2025.

Rencana pembangunan jangka panjang nasional 2005-2025 yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007, merupakan penjabaran dari tujuan negara ke dalam visi, misi, dan arah pembangunan nasional.

Undang-undang ini juga mengamankan PLTN beroperasi 2015-2019 dengan persyaratan keamanan secara ketat. Ketentuan dalam undang-undang ini yang mendasari pembangunan RDNK adalah:


a. Bab IV.1.2. Mewujudkan Bangsa yang Berdaya Saing

Huruf D. angka 32 berbunyi “Pembangunan sarana dan prasarana energi dan ketenagalistrikan diarahkan pada pengembangan sarana dan prasarana energi untuk meningkatkan akses dan pelayanan konsumen terhadap energi melalui: ... (3) pengembangan diversifikasi energi untuk pembangkit listrik yang baru terutama pada pembangkit listrik yang berbasis batubara dan gas secara terbatas dan bersifat jangka menengah agar dapat menggantikan penggunaan bahan bakar minyak dan dalam jangka panjang akan mengedepankan energi terbarukan, khususnya bioenergi, geothermal, tenaga air, tenaga angin, tenaga surya, bahkan tenaga nuklir dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat”.

b. Bab IV.2.3. RPJM ke-3 (2015-2019) berbunyi: “... serta mulai dimanfaatkannya tenaga nuklir untuk pembangkit listrik dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat”.

Kemampuan bangsa untuk berdaya saing tinggi adalah kunci bagi tercapainya kemajuan dan kemakmuran bangsa. Daya saing yang tinggi, akan menjadikan Indonesia siap menghadapi tantangan globalisasi dan mampu memanfaatkan peluang yang ada. Salah satu unsur yang terpenting dalam mewujudkan daya saing bangsa adalah dengan membangun infrastruktur yang maju, PLTN adalah suatu pembuktian untuk mewujudkan itu semua. Dalam RPJM ke-3 (2015-2019) secara tegas dinyatakan bahwa Pemerintah akan mulai memanfaatkan tenaga nuklir untuk pembangkit listrik, dengan senantiasa mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat.

4. Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 7 dari 17

Ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir, yang melandasi pembangunan RDNK adalah:

Pasal 5 ayat (1) Peraturan Pemerintah ini menyatakan bahwa:

“Pembangunan, Pengoperasian, dan Dekomisioning Reaktor Daya nonkomersial atau Reaktor Nondaya nonkomersial dilaksanakan oleh BATAN”

Dalam Pasal ini kembali ditegaskan kewenangan BATAN dalam melaksanakan pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning Reaktor Daya nonkomersial atau Reaktor Nondaya nonkomersial, bahwa BATAN diberi kuasa penuh dalam melaksanakan kegiatan ini, baik dengan melibatkan pihak lain ataupun tidak.

5. Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional


Peraturan Presiden ini menjadi dasar hukum bagi BATAN untuk menjalankan tugasnya sebagai Badan Pelaksana. Ketentuan ini merujuk pada Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, sehingga dapat disimpulkan bahwa BATAN adalah satu-satunya lembaga pemerintah yang dapat melaksanakan kegiatan pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning reaktor nuklir nonkomersial.

6. Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2015 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019

Dalam Lampiran (Buku II) dijelaskan bahwa BATAN melaksanakan penyiapan pembangunan PLTN dalam bentuk: (1) peningkatan penguasaan teknologi PLTN untuk mewujudkan (deployment) PLTN komersial; (2) peningkatan kapasitas SDM PLTN; (3) pelatihan manajemen proyek untuk proyek PLTN komersial; dan (4) peningkatan penerimaan publik terhadap PLTN. Penyiapan ini juga termasuk meningkatkan kemampuan BATAN memproduksi bahan bakar nuklir dan mengelola limbah nuklir PLTN.

Dalam Tabel 9.2 Sasaran RPJMN 2015-2019 Bidang Infrastruktur disebut juga: “Pelaksanaan pilot project reaktor daya PLTN dengan kapasitas sekitar 10 MW, beserta penyusunan roadmap, kelembagaan dan sosialisasinya”.

Butir 6.6.7 Peningkatan Kapasitas Inovasi dan Teknologi: “Arah Kebijakan dan Strategi di bidang energi, akan dimulai pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 8 dari 17

(PLTN), serta inovasi dan layanan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) berskala kecil (100 kW – 5 MW)”;

Butir 6.7.3. Kedaulatan Energi: “Sasaran peningkatan bauran energi baru dan terbarukan (EBT) terdiri atas: ... (iii) pelaksanaan pilot project reaktor daya PLTN dengan kapasitas sekitar 10 MW (iv) ...”.

Berdasarkan hal tersebut di atas, terlihat bahwa pemerintah sudah fokus terhadap pembangunan PLTN yang secara tegas dinyatakan dalam arah kebijakan dan strategi pembangunan nasional sebagaimana tertuang dalam RPJMN 2015 - 2019. Hal ini merupakan tantangan bagi pemerintah untuk melakukan persiapan pembangunan PLTN termasuk didalamnya untuk memproduksi bahan bakar nuklir dan mengelola limbah nuklir PLTN.

Berdasarkan ketentuan perundang-undangan yang telah diuraikan di atas bahwa rencana pembangunan RDNK yang menjadi keputusan BATAN telah sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan program pembangunan nasional yang telah dicanangkan oleh pemerintah, dengan pertimbangan yuridis sebagai berikut:


1. Kesesuaian dengan Konstitusi

Bahwa rencana pembangunan RDNK telah sesuai dengan tujuan pembangunan nasional sebagaimana tertuang dalam Pembukaan, Pasal 28C dan Pasal 31 ayat (5) UUD 1945 sebagaimana telah diamandemen sebanyak 4 (empat) kali yang merupakan norma dasar (grundnorm) dalam memajukan kegiatan Iptek nasional.

2. Kesesuaian dengan Undang-Undang sebagai landasan formal Langkah BATAN yang berinisiatif melakukan pembangunan RDNK telah sesuai dengan ketentuan Pasal 3 ayat (1) dan Pasal 13 ayat (1) Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran yang merupakan landasan formal (formell gezets) BATAN dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian dan pengembangan Iptek nuklir. Langkah BATAN melakukan pembangunan RDNK untuk menunjukkan bahwa teknologi nuklir adalah aman dan bermanfaat bagi pemangku kepentingan di Indonesia, sehingga nantinya dapat menerima PLTN yang telah menjadi program pembangunan nasional sebagaimana telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005 - 2025.

3. Kesesuaian dengan Peraturan Pelaksana di bawah Undang-Undang

Kewenangan BATAN untuk melakukan pembangunan RDNK telah sesuai dengan Pasal 5 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir juncto Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 9 dari 17

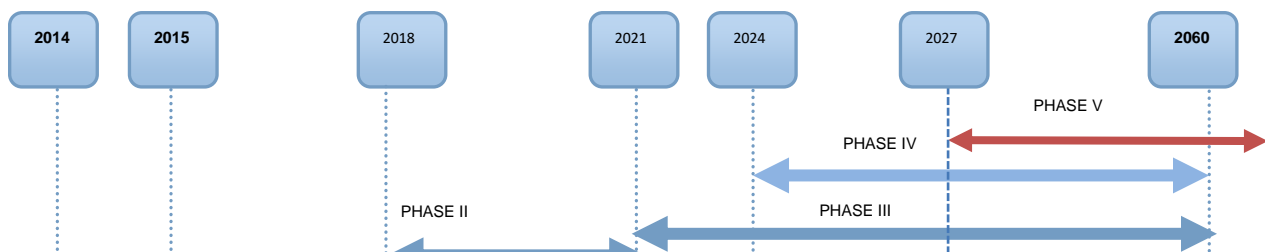
tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional, yang memberikan landasan untuk BATAN dalam melaksanakan pembangunan RDNK dengan tetap memperhatikan peraturan teknis terkait sebagaimana diuraikan dalam Subbab Peraturan Perundang-Undangan Lain terkait RDNK di atas.


Berdasarkan Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, dinyatakan bahwa penyediaan listrik yang memanfaatkan teknologi nuklir secara komersial dilakukan oleh pihak swasta, BUMN maupun koperasi. Dalam hal pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkitan listrik komersial, BATAN berperan penting sebagai organisasi pendukung teknis (*Technical Supporting Organization, TSO*). BATAN sejauh ini telah melakukan berbagai studi dan sosialisasi terkait persiapan pembangunan PLTN komersial dalam rangka memperkuat posisi infrastruktur nasional sebagai pemangku kepentingan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 2 tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir, Pasal 5 dinyatakan "Pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning reaktor daya nonkomersial (RDNK) atau reaktor non-daya non-komersial (RNDNK) dilaksanakan oleh BATAN.

Dalam rangka mewujudkan visi BATAN 2015-2019, yaitu "Unggul di Tingkat Regional, Berperan dalam Percepatan Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa" BATAN mendapat tugas untuk membangun dan mengoperasikan Reaktor Daya Eksperimental (RDE), yang dikategorikan sebagai Reaktor Daya Non Komersial (RDNK). Reaktor ini diharapkan mempunyai banyak kegunaan yaitu untuk menghasilkan listrik dan penelitian ko-generasi untuk pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT), seperti produksi hidrogen, gasifikasi dan pencairan batubara, dan aplikasi lain seperti desalinasi, pengolahan mineral dan lain-lain sehingga reaktor ini akan menjadi reaktor daya serbaguna (RDSG).

RDE akan dikembangkan dalam 5 fase, seperti dapat dilihat pada Gambar 1, dengan perkiraan kerangka waktu yang merupakan analisis awal BATAN. Pada saat ini telah dilakukan fase pra proyek (Fase I) yang merupakan tahap penyiapan proyek secara komprehensif termasuk kelayakan proyek dan desain rekayasa awal (*preliminary engineering design*). Kegiatan penyusunan dokumen desain basis lanjutan (*extended basic design*) ini merupakan kelanjutan fase I dan bagian dari fase II.



	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 10 dari 17

Gambar 1. Fase Proyek RDE

- Fase I Kegiatan Pra-Proyek: 2014-2017
 - Fase II Implementasi Proyek EPC/Turnkey Project (*Engineering, Procurement, Construction / EPC*): 2018-2021
 - Fase III Komisioning dan O&M RDE (termasuk kegiatan eksperimen): 2021-2060
 - Fase IV Pengembangan EBT terpadu – Riset Kogenerasi dan Lab Aplikasi Panas : 2024-2030
 - Fase V Deploy PLTN Komersial berbasis RDE (2027-)
- Diganti


Catatan: KONTRAKTOR Pelaksana harus dapat memberikan tanggapan, analisis dan rincian terkait jadwal keseluruhan pembangunan RDE dan pengembangannya yang diharapkan dapat dilaksanakan secepat mungkin namun masih realistis dan tetap memperhatikan faktor keselamatan secara ketat dalam situasi dan kondisi pembangunan di Indonesia termasuk sistem perizinan yang berlaku.

b. Tujuan Program RDE

Tujuan umum pelaksanaan program atau proyek RDE ini adalah hilirisasi penelitian dan pengembangan BATAN di sektor energi dan peningkatan kualitas SDM Indonesia di bidang nuklir sebagai pengembangan energi baru dan terbarukan dalam rangka mendorong terpenuhinya amanat UU No. 17 Tahun 2007.

Secara khusus, tujuan pembangunan dan pengoperasian RDE adalah:

- 1) Mendemonstrasikan pengoperasian PLTN kecil secara aman selama masa hidupnya, yaitu sekurang-kurangnya 40 tahun.
- 2) Terselenggaranya program (litbang) terpadu **energi baru dan terbarukan**.
- 3) Meningkatkan penguasaan teknologi (desain, konstruksi, operasi dan perawatan) PLTN generasi maju.
- 4) Meningkatkan penguasaan manajemen proyek pembangunan PLTN.
- 5) Mengembangkan RDE sebagai induk PLTN komersial.
- 6) Mendukung kedaulatan energi masa depan.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 11 dari 17

7) Penyediaan listrik untuk mendukung program kemaritiman.


c. Teknologi dan Ukuran Daya (dikaitkan dengan generasi III+ memenuhi kriteria Gen IV)

Pilihan teknologi adalah reaktor jenis HTGR (*High Temperature Gas Cooled Reactor*) dengan pertimbangan:

- 1) Teknologi lebih maju dibandingkan reaktor generasi III dan III+
- 2) Selain menghasilkan listrik dapat dikembangkan untuk ko-generasi, panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk produksi hidrogen, pencairan/gasifikasi batubara, dan aplikasi panas lainnya.
- 3) Sistem pendinginan primer menggunakan gas helium.
- 4) Menggunakan sistem steam turbine.
- 5) Mengingat output daya yang relatif kecil, lokasi RDE tidak harus di tepi pantai atau sungai yang besar, dapat dibuat kolam pendingin buatan dan cooling tower.
- 6) Teknologi RDE ini akan menjadi master PLTN untuk komersialisasi di masa yang akan datang.

Ukuran daya adalah sekitar 10 MWth dengan pertimbangan:

- 1) RDE merupakan reaktor litbang, daya yang dipilih adalah seminimal mungkin namun masih dapat digunakan untuk produksi listrik dan eksperimen ko-generasi.
- 2) RDE dengan daya minimal mungkin akan memberikan risiko yang seminimal mungkin, terutama dalam kegiatan eksperimen.
- 3) Indonesia merupakan negara kepulauan yang memerlukan banyak pembangkit listrik dengan ukuran daya relatif kecil dan reaktor ini dapat ditingkatkan dayanya sesuai kebutuhan pasar di Indonesia.
- 4) Kebutuhan lahan tidak luas.
- 5) Proyek RDE akan meningkatkan partisipasi nasional dalam hal manajemen proyek konstruksi sipil, M&E dan sarana penunjang.
- 6) Perusahaan nasional telah mampu mengembangkan desain dan manufaktur untuk BOP (turbin, generator, kondensor) mencapai kapasitas yang dapat mendukung program pembangunan RDE ini.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 13 dari 17

7. TAPAK RDE (Pak Sriyana)



Gambar 2. Lokasi Tapak RDE di Kawasan Puspiptek


Tapak RDE terletak di dalam Kawasan Puspiptek Serpong, Kelurahan Muncul, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan Tangerang Selatan (Gambar 2). Informasi awal kondisi tapak dapat dilihat pada LAMPIRAN 1.

8. SPESIFIKASI TEKNIS (Divisi Rekayasa, Konstruksi)

Spesifikasi teknis RDE diuraikan dalam LAMPIRAN 2 yang tak terpisahkan dari dokumen KAK ini.

9. DATA PENUNJANG (Divisi Rekayasa, Konstruksi)

- 1) **PENGGUNA** akan menyediakan data yang sudah tersedia, yaitu Desain rekayasa awal (*Preliminary Engineering Design*) RDE
- 2) Apabila dirasa kurang mencukupi, **KONTRAKTOR** diharuskan untuk mencari data sendiri.
- 3) **KONTRAKTOR** harus memeriksa kebenaran informasi yang digunakan dalam pelaksanaan tugasnya, baik yang berasal dari **PENGGUNA** maupun yang dicari sendiri. Kesalahan/kelalaian pekerjaan sebagai akibat dari kesalahan informasi menjadi tanggung jawab sepenuhnya dari **KONTRAKTOR**.


	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 14 dari 17

10. PERIJINAN (PENYIAPAN DOKUMEN dll) (Divisi Perijinan) (bapeten dan selainnya)

- 1) Dalam proses penyusunan dokumen yang terkait dengan proses perizinan di BAPETEN, KONTRAKTOR harus berkonsultasi kepada BAPETEN.
- 2) "BATAN hanya administrasi"

11. PERSYARATAN UMUM (Divisi Pengadaan)

- 1) **KONTRAKTOR** harus berupa konsorsium yang terdiri dari perusahaan Nasional dan Asing, yang memenuhi kualifikasi untuk pekerjaan ini atau yang berlaku di negara pelaksana.
- 2) **KONTRAKTOR** dapat mengusulkan skema pendanaan dari negara asal sebagai tambahan penilaian.
- 3) **KONTRAKTOR** dan/atau mitra dan/atau tenaga ahlinya harus memiliki pengalaman dalam desain, konstruksi dan manajemen proyek, PLTN jenis HTGR serta penyusunan dokumen lelang dan studi kelayakan pembangkit listrik atau proyek yang sejenis.
- 4) **KONTRAKTOR** harus memiliki Sertifikat Sistem Manajemen Mutu (ISO 9001:2008 atau yang setara di negara pelaksana).
- 5) **KONTRAKTOR** harus menindaklanjuti rekomendasi yang merupakan hasil evaluasi dan reviu yang dilakukan oleh **PENGGUNA**.
- 6) Ketidaksepakatan antara **KONTRAKTOR** dan **PENGGUNA** harus diselesaikan oleh kedua belah pihak, dengan tetap mengacu pada tujuan dan sasaran pekerjaan.
- 7) Dalam dokumen penawaran teknis (proposal), **KONTRAKTOR** harus membuat Rencana Mutu Kontrak dan bagian dari Sistem Manajemen level 2 yaitu Prosedur kerja (*Work Procedure, WP*) dan Rencana Kerja dan Jadwal Kerja (*Work Plan & Work Schedule, WP/S*).
- 8) Kegiatan yang dilakukan harus sesuai dengan WP dan WP/S. Dalam hal terjadi ketidaksesuaian, **KONTRAKTOR** harus memperbaiki/mengulangi pekerjaan.
- 9) Desain, Pengadaan, Konstruksi, Komisioning, dan Delivery dilakukan sesuai dengan metode ilmiah yang telah teruji dan mengacu pada pedoman yang telah dipublikasikan oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA), lembaga nasional/internasional yang kredibel, *best practices* dan/atau peraturan nasional.
- 10) **KONTRAKTOR** harus menggunakan *code & standard* dan perangkat lunak yang telah diakui secara internasional dan/atau telah teruji.
- 11) Semua risiko personel dan peralatan yang terlibat/digunakan dalam kegiatan ini menjadi tanggung jawab **KONTRAKTOR**.

	<p style="text-align: center;">KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL</p>	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 15 dari 17

- 12) Semua hasil kegiatan sehubungan dengan kontrak menjadi milik **PENGGUNA**, termasuk data mentah, sketsa, gambar rancangan, foto, dll. sebelum dan setelah dianalisis.
- 13) **KONTRAKTOR** harus menyediakan kantor dilengkapi ruang rapat yang memadai di Serpong, Tangerang Selatan untuk memfasilitasi semua pertemuan dengan **PENGGUNA** selama jangka waktu kegiatan.
- 14) **KONTRAKTOR** berkewajiban untuk menyelenggarakan *Project Review Meeting* (PRM) secara berkala paling sedikit 2 (dua) kali dalam satu bulan.
- 15) **PENGGUNA** dapat meminta **KONTRAKTOR** untuk memfasilitasi penyelenggaraan pertemuan khusus.
- 16) **KONTRAKTOR** diharapkan dapat memberikan estimasi biaya investasi RDE dan rincian biaya pertahun pada saat memasukkan proposal teknis.
- 17) **KONTRAKTOR** diwajibkan membuat maket hasil rancangannya dan video visual RDE interaktif yang harus selesai 1 bulan sebelum berakhirnya kontrak.
- 18) **KONTRAKTOR** diwajibkan menyelenggarakan workshop.
- 19) **KONTRAKTOR** harus melaporkan setiap proses dan kemajuan secara periodik kepada Manajemen Konstruksi.

12. LINGKUP KEGIATAN

Lingkup kegiatan EPC yang berupa penyusunan dokumen desain rinci (*detail design*), pengadaan (*procurement*) dan konstruksi (*Construction*) RDE meliputi:


1) Perencanaan dan Jadwal proyek (*Project Schedule*)

KONTRAKTOR harus mempersiapkan *bar chart* dan jadwal *milestone* untuk keseluruhan aktivitas proyek RDE, yang memperlihatkan persiapan proyek sampai komisioning RDE. Jadwal implementasi proyek akan dibuat menggunakan perangkat lunak yang relevan.

2) Menyusun Desain Rinci (*Detail Design*) (Divisi Rekayasa)

KONTRAKTOR mengerjakan desain rinci (*detail design*) RDE dengan menggunakan data hasil survei, penyelidikan lapangan, atau kumpulan data sekunder yang ada, dan URD. Muatan desain paling sedikit meliputi:

- a. Reaktor dan peralatan bantu
- b. Sistem Keselamatan, termasuk *helium inventory control system*
- c. Sistem Kedaruratan
- d. Sistem Proteksi Fisik

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 16 dari 17


- e. *Intermediate Heat Exchanger* dan peralatan bantu
- f. Antarmuka untuk Kogenerasi
- g. *Steam Generator* dan peralatan bantu
- h. Turbin Uap dan peralatan bantu
- i. Sistem Pendingin (helium dan air) dan peralatan bantu
- j. Sistem Penanganan Bahan Bakar
- k. Sistem Pengolahan Limbah dan Sistem Pengolahan Limbah Air
- l. Sistem BOP (*Balance of Plant*) termasuk: *demineralizer, compressed air system, fire protection*.
- m. *Start Up* dan *Shut Down* RDE termasuk konfigurasi catu daya
- n. Gardu induk (*substation*)
- o. Sistem Instrumentasi dan Kendali (I&K), pemilihan konfigurasi I&K, tipe, perangkat keras, dan persiapan arsitektur perangkat lunak.
- p. Spesifikasi peralatan elektrikal RDE termasuk ukurannya.
- q. Struktur, Pondasi, Arsitektur untuk konstruksi yang tidak terbatas pada:
 1. Gedung Reaktor
 2. *Conventional island*
 3. *Main transformer, UAT*
 4. *Water Treatment Plant*
 5. *Cooling Water System/Cooling Tower*
 6. *Tanks*
 7. *Fuel handling* dan tempat penyimpanan bahan bakar bekas
 8. Waste management dan tempat penyimpanannya
 9. Ventilasi dan Cerobong
 10. Gedung administrasi
 11. Bengkel kerja dan gudang
 12. Gardu induk (*Substation*).
- r. Bangunan lainnya yang dianggap penting sesuai dengan tujuan RDE.

3) Pengadaan (*Procurement*) (Divisi Pengadaan)


KONTRAKTOR harus ...

4) Konstruksi

- a. **KONTRAKTOR** harus mengidentifikasi dan meminimalkan sedini mungkin segala potensi risiko dalam manufaktur komponen dan penundaan konstruksi. Risiko tersebut harus diidentifikasi dalam proses manajemen perubahan desain dan konsekuensi yang ditimbulkan harus dievaluasi.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 17 dari 17

- b. Dalam pemilihan sub-pemasok, **KONTRAKTOR** harus melaksanakan secara seksama untuk meminimalkan potensi resiko manufaktur dan penundaan konstruksi. **KONTRAKTOR** harus mengevaluasi sub-pemasok dengan mempertimbangkan aspek berikut, namun tidak terbatas pada:
- Kualifikasi menurut peraturan yang berlaku,
 - Sistem manajemen keselamatan,
 - Sistem manajemen mutu,
 - Rekam keselamatan dan mutu,
 - Kemampuan teknis termasuk peralatan dan prasarana yang diperlukan,
 - Rekam produksi atau pasokan-layanan,
 - Ketersediaan sumber daya manusia yang berkualitas, dan
 - Peralatan dan perlengkapan konstruksi.
- c. **KONTRAKTOR** harus mampu mengukur kemajuan proyek.
- d. Dalam pengukuran kemajuan proyek, **KONTRAKTOR** harus memiliki perangkat untuk menganalisis kemajuan proyek dengan mengukur kinerja proyek melalui aspek berikut ini, namun tidak terbatas pada:
- kemajuan desain engineering,
 - kemajuan pengadaan dan manufacturing,
 - kemajuan instalasi perangkat keras dan konstruksi, dan
 - efektivitas manajemen proyek.
- e. **KONTRAKTOR** harus mengevaluasi kemajuan proyek secara berkala untuk mengidentifikasi adanya penyimpangan biaya, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan.
- f. **KONTRAKTOR** harus menetapkan *milestone* proyek.
- g. **KONTRAKTOR** harus menyelenggarakan pertemuan berkala untuk memantau dan mengendalikan kemajuan proyek.
- h. Untuk pemantauan dan pengendalian kemajuan proyek, **KONTRAKTOR** harus menggunakan perangkat berikut, namun tidak terbatas pada:
- pertemuan laporan proyek, dan
 - laporan status proyek.
- i. **KONTRAKTOR** harus melaksanakan dan mengkoordinasikan semua kegiatan konstruksi sesuai dengan persyaratan dan spesifikasi teknis dan baku mutu yang berlaku.
- j. **KONTRAKTOR** harus membuat kategorisasi pekerjaan konstruksi dalam bentuk struktur rincian pekerjaan (*Work Breakdown Structure/WBS*) dan paket pekerjaan (*Work Package/WP*).
- k. **KONTRAKTOR** harus membuat skedul proyek yang berfungsi sebagai katalis dan pengendalian proyek selama fase konstruksi.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 18 dari 17

- I. **KONTRAKTOR** harus membuat skedul proyek selalu terbaru secara berkala dalam rangka untuk memelihara manfa'atnya sebagai alat perencanaan dan kendali yang berkelanjutan.

5) Sistem Manajemen


- a. **Kontraktor harus menyusun dokumentasi sistem manajemen terintegrasi yang mencakup keselamatan, kesehatan, mutu, keamanan dan lingkungan hidup.**
- b. **Kontraktor harus menyiapkan sistem manajemen sesuai persyaratan IAEA sejak awal proyek. Sistem manajemen tersebut setidaknya harus mencakup disain, pengadaan, pekerjaan, layanan, pemilihan SDM, kontraktor dan pemasok, serta mencakup jaminan mutu untuk dokumen disain, pengelolaan SDM, pemilihan fabrikasi dan subkontraktor, serta penerapan prinsip dan prosedur komisioning serta rekaman konstruksi dan komisioning**
- c. **Kontraktor harus menetapkan struktur organisasi dan program umum untuk sistem manajemen**
- d. **Kontraktor harus menetapkan jaminan mutu dalam disain, fabrikasi, pengadaan, pengangkutan, pemasangan dan komisioning yang setidaknya mencakup kendali mutu dan audit mutu**
- e. **Kontraktor harus melaksanakan inspeksi dan pemantauan di fabrikasi dan di lokasi proyek**
- f. **Kontraktor harus melaksanakan kualifikasi sub kontraktor**
- g. **Kontraktor harus menyusun program manajemen risiko dan analisis risiko proyek awal.** Program manajemen risiko setidaknya mencakup hal-hal sebagai berikut:
 - i. Identifikasi risiko yang berpotensi memberi dampak terhadap proyek
 - ii. Evaluasi risiko secara kualitatif (risiko utama yang perlu dianalisis lebih lanjut) dan kuantitatif
 - iii. Strategi untuk meminimalkan risiko
 - iv. Pemantauan dan pengendalian terhadap risiko yang teridentifikasi dan kedaruratan selama pelaksanaan proyek

13. KRITERIA UMUM DAN KELUARAN (Administrasi dan Divisi Pengadaan)

13.1. KRITERIA UMUM

Dalam proses pembuatan dokumen desain basis lanjutan (*extended basic design*), pekerjaan yang akan dilaksanakan oleh **KONTRAKTOR** harus memperhatikan kriteria umum yaitu:

- 1) **KONTRAKTOR** harus membuat secara rinci isi keluaran.
- 2) **KONTRAKTOR** harus menjamin bahwa keluaran sudah memenuhi persyaratan keselamatan berdasarkan peraturan yang berlaku.

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 19 dari 17

- 3) **KONTRAKTOR** dalam membuat desain basis lanjutan harus mempertimbangkan potensi industri dalam negeri semaksimal mungkin dengan tidak mengurangi persyaratan dan standar keselamatan.
- 4) **KONTRAKTOR** dalam melakukan kegiatan ini harus melakukan verifikasi lapangan termasuk verifikasi tapak RDE di Serpong.
- 5) Mengacu pada ketentuan tata ruang dan tata bangunan yang ditetapkan oleh Kementerian terkait dan Pemerintah Daerah setempat (Provinsi dan Kabupaten/Kota).
- 6) Desain bangunan RDE dan pendukungnya harus menerapkan prinsip estetika seimbang, serasi, dan selaras dengan lingkungannya.
- 7) Efisien dalam penggunaan sumber energi dalam pemanfaatan dan pemeliharannya.

13.2. KELUARAN

Keluaran dari kegiatan jasa konstruksi ini yaitu beroperasinya Reaktor Daya Eksperimental.

14. PROGRAM ALIH TEKNOLOGI (Divisi Rekayasa, Konstruksi)

KONTRAKTOR harus menyediakan program dan memfasilitasi alih teknologi antara lain berupa partisipasi desain, dan pelatihan kerja (*workshop*) kepada **PENGGUNA** yang merupakan bagian dari alih teknologi.

15. TENAGA AHLI (Divisi Rekayasa dan Konstruksi)

Untuk melaksanakan tugasnya, **KONTRAKTOR** harus menyediakan tenaga ahli yang memenuhi kualifikasi dan memiliki pengalaman dalam membuat studi kelayakan proyek pembangkit atau yang sejenis, desain HTGR, sehingga semua output dapat dicapai dengan kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan dan tepat waktu.

Tabel 1. Kebutuhan Tenaga Ahli



KERANGKA ACUAN KERJA
PENGADAAN JASA KONSTRUKSI
ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION
(EPC)
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

No.	: 01/KAK/VI/2017
Rev.	: 0
Tanggal	: 02/6/2017
Hal.	: 20 dari 17


No	Posisi	Kualifikasi/Bidang	Jumlah (Orang)	Asing/Indonesia
1	Manajer Proyek	S1/S2, memiliki pengalaman dalam bidang desain rekayasa, pembangkit, studi kelayakan, atau manajemen proyek dan sedikitnya pernah 1 (satu) kali bekerja di posisi Manajer Proyek	1	Indonesia
2	Koordinator Desainer HTGR	S1/S2 T. Nuklir/ Fisika/Mesin/Elektro dengan pengalaman dalam bidang desain reaktor dan pernah mendesain HTGR	1	Asing
3	Ahli Desain Teras (Core Desain)	S1/S2 T. Nuklir/Fisika dengan pengalaman dalam bidang fisika reaktor nuklir dan pernah mendesain HTGR	1	Asing
4	Ahli Thermohidrolika	S1/S2 T. Nuklir/Fisika/T. Kimia/ T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang termohidrolik/perpindahan panas dan pernah mendesain HTGR	1	Asing
5	Ahli Bahan Bakar Nuklir HTGR	S1/S2 Kimia/T. Nuklir/Fisika/T. Fisika dengan pengalaman dalam bidang bahan bakar nuklir dan pernah bekerja di proyek HTGR.	1	Asing
6	Ahli Pengelolaan Limbah Radioaktif	S1/S2 T. Nuklir/Fisika/T. Fisika/Kimia dengan pengalaman dalam bidang pengelolaan limbah radioaktif.	1	Asing
7	Ahli Instrumentasi & Kendali	S1/S2 T. Elektro/MIPA dengan pengalaman dalam bidang instrumentasi dan kendali pembangkit.	1	Asing
8	Ahli Proses	S1/S2 T. Kimia/T. Nuklir/T. Fisika dengan pengalaman dalam bidang desain proses.	1	Asing
9	Ahli Mekanik	S1/S2 T. Mesin/T. Kimia/T. Fisika dengan pengalaman dalam bidang pressure vessel dan komponen lainnya (diluar reactor core).	1	Asing
10	Ahli Mekanik (Reactor Core Internal)	S1/S2 T. Mesin/T. Kimia/T. Fisika/ T. Nuklir dengan pengalaman dalam bidang Reactor Core Internal.	1	Asing



KERANGKA ACUAN KERJA
PENGADAAN JASA KONSTRUKSI
ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION
(EPC)
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

No.	: 01/KAK/VI/2017
Rev.	: 0
Tanggal	: 02/6/2017
Hal.	: 21 dari 17

11	Ahli Grafit Nuklir	S1/S2 T. Ilmu Bahan/T. Metalurgi/ T. Fisika/T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang Grafit grid nuklir.	1	Asing
12	Ahli Kelistrikan	S1/S2 T. Elektro dengan pengalaman dalam bidang electrical Nuclear Power Plant atau sejenis	1	Asing
13	Ahli Thermohidrolika	S1/S2 T. Nuklir/Fisika/T. Kimia/T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang termohidrolik/perpindahan panas	1	Indonesia
14	Ahli Metalurgi	S1/S2 T. Ilmu Bahan/T. Metalurgi /T. Fisika/T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang Metalurgi	1	Indonesia
15	Ahli Balance of Plant	S1/S2 T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang desain Balance of Plant	1	Indonesia
16	Ahli Pembangkitan Uap	S1/S2 T. Mesin/ T. Kimia dengan pengalaman dalam bidang desain Steam Generator	1	Indonesia
17	Ahli Turbin	S1/S2 T. Mesin dengan pengalaman dalam bidang desain turbin dan kondenser	1	Indonesia
18	Ahli Sistem Kelistrikan	S1/S2 T. Elektro dengan pengalaman kerja dalam bidang Plant Electrical System	1	Indonesia
19	Ahli Proses	S1/S2 T. Kimia/T. Nuklir/T. Fisika dengan pengalaman kerja dalam bidang desain proses	1	Indonesia
20	Ahli Substation	S1/S2 T. Elektro dengan pengalaman kerja dalam bidang Substation	1	Indonesia
21	Ahli Struktur	S1/S2 T. Sipil dengan pengalaman kerja dalam bidang struktur dan non struktur	2	Indonesia
22	Ahli Arsitektur	S1/S2 Arsitektur dengan pengalaman kerja dalam bidang arsitektur pembangkit/gedung	1	Indonesia
23	Jaminan Kualitas	S1/S2 Teknik/Non-Teknik dengan pengalaman kerja dalam bidang sistem manajemen atau jaminan kualitas	2	Indonesia
24	Ahli Teknologi Industri	S1/S2 Teknik pengalaman kerja dalam bidang Industri	1	Indonesia

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 22 dari 17

26	Ahli Keselamatan Nuklir	S1/S2 T. Nuklir/Fisika dengan pengalaman dalam bidang keselamatan reaktor nuklir	1	Asing
27	Ahli Keselamatan Nuklir	S1/S2 T. Nuklir/Fisika dengan pengalaman dalam bidang keselamatan reaktor nuklir	2	Indonesia
28	Ahli Reaktor Nuklir	S1/S2 T. Nuklir/Fisika dengan pengalaman dalam bidang keselamatan reaktor nuklir	1	Indonesia
29	Ahli Lingkungan	S1/S2 Lingkungan dengan pengalaman dalam bidang lingkungan dan bersertifikat amdal	1	Indonesia

Pengalaman kerja masing-masing Tenaga Ahli sebagai berikut:


- Manajer Proyek : S1 minimal 10 tahun, S2 minimal 6 tahun
- Koordinator : S1 minimal 10 tahun, S2 minimal 6 tahun
- Tenaga Ahli Asing : S1 minimal 8 tahun, S2 minimal 3 tahun
- Tenaga Ahli Indonesia : S1 minimal 8 tahun, S2 minimal 3 tahun

KONTRAKTOR dapat menggunakan tenaga pendukung sesuai dengan kebutuhan (jumlah dan kualifikasi) untuk membantu kelancaran serta pencapaian target dan mutu kegiatan.

16. JADWAL KEGIATAN (Divisi Penjadwalan)

Tabel 2. Jadwal Kegiatan

Laporan	Bulan ke							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a.								
b.								
c.								
d.								
e.								
f.								
g.								

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 23 dari 17

17. PELAPORAN (sesuaikan dengan EPC berupa progres kegiatan dilampirkan RMK menunggu rincian lingkup) (Administrasi)

KONTRAKTOR harus menyiapkan sekurang-kurangnya laporan seperti di bawah ini dan dapat menambahkan sesuai kebutuhan. Setiap laporan dibuat masing-masing rangkap 3 dalam bentuk *hardcopy* dan *softcopy (flashdisk)* serta dalam bentuk *harddisk* eksternal pada tahap akhir pelaporan.

1) Dokumen Sistem Manajemen

Dokumen sistem manajemen yang memuat antara lain dokumen sistem manajemen mutu minimal level 1 dan 2 harus diserahkan selambat-lambatnya 3 (tiga) minggu sejak SPMK diterbitkan.

2) Laporan Pendahuluan

Laporan Pendahuluan memuat hasil pelaksanaan kegiatan sampai pada bulan kedua. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya (.....) bulan sejak SPMK diterbitkan.

3) Laporan Antara

Laporan Antara memuat hasil pelaksanaan kegiatan sampai pada bulan ke empat. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya (.....) bulan sejak SPMK diterbitkan.

4) Laporan Akhir


Laporan Akhir memuat hasil akhir. Laporan harus diserahkan pada akhir kontrak. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya (.....) bulan sejak SPMK diterbitkan.

5) Laporan Bulanan

Laporan Bulanan memuat laporan kemajuan bulanan. Laporan harus diserahkan selambat-lambatnya 1 (satu) minggu pada bulan berikutnya dan ditulis dalam bahasa Indonesia.

Tabel 3. Pelaporan

Laporan	Keterangan*
I. Laporan Pendahuluan	
1. Desain	ENG

	KERANGKA ACUAN KERJA PENGADAAN JASA KONSTRUKSI ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC) REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL	No. : 01/KAK/VI/2017
		Rev. : 0
		Tanggal : 02/6/2017
		Hal. : 24 dari 17

Laporan	Keterangan*
2. Laporan Rekaman Pelaksanaan Program Jaminan Mutu atau Program Sistem Manajemen Mutu Terpadu	IND
II. Laporan Antara	
1. Desain	ENG
2. Laporan Rekaman Pelaksanaan Program Jaminan Mutu atau Program Sistem Manajemen Mutu Terpadu	IND
III. Laporan Akhir	
1. Desain	ENG & IND
2. Laporan Rekaman Pelaksanaan Program Jaminan Mutu atau Sistem Manajemen	IND
3. Ringkasan Eksekutif (<i>Executive Summary</i>)	ENG & IND
4. Dokumentasi Kegiatan dalam foto	IND
5. Dokumentasi Kegiatan dalam video	IND

* Keterangan: ENG (Bahasa Inggris), IND (Bahasa Indonesia)

LAMPIRAN 4:

**DRAFT DOKUMEN KAK EPC
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**

**KERANGKA ACUAN KERJA
PENGADAAN JASA KONTRUKSI
ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC)
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**

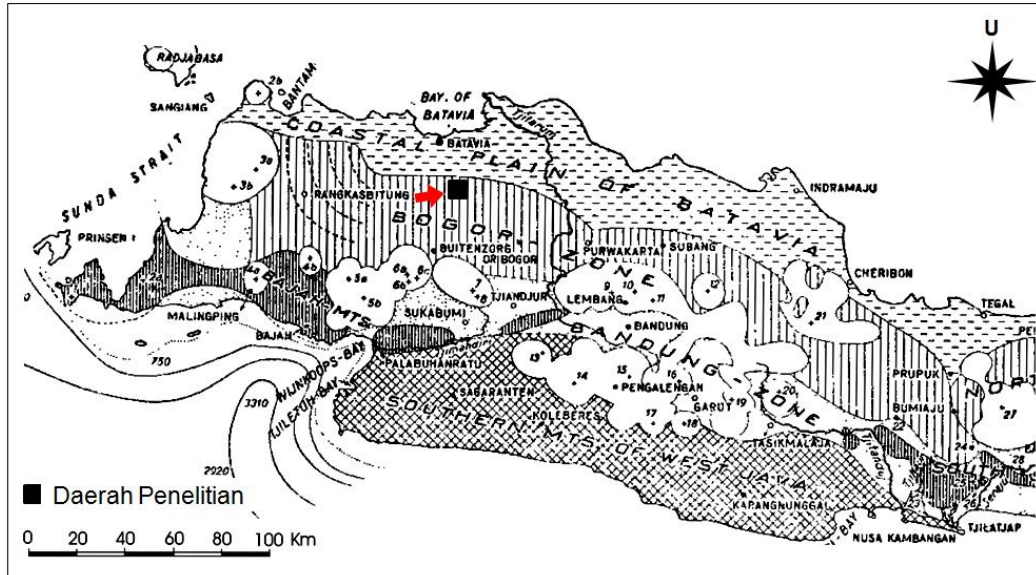
**LAMPIRAN 1
INFORMASI TAPAK**

DRAFT

1. Kondisi Geologi Regional

a. Fisiografi

Secara fisiografi, lokasi penelitian termasuk ke dalam *Bogor Zone* / Zona Bogor (Gambar Lampiran 1-1). Zona ini membentang mulai dari Serang sampai bagian timur Bumiayu dengan batas utara Dataran Pantai Jakarta dan batas selatan Zona Bandung dan Pegunungan Bayah (van Bemmelen, 1949).



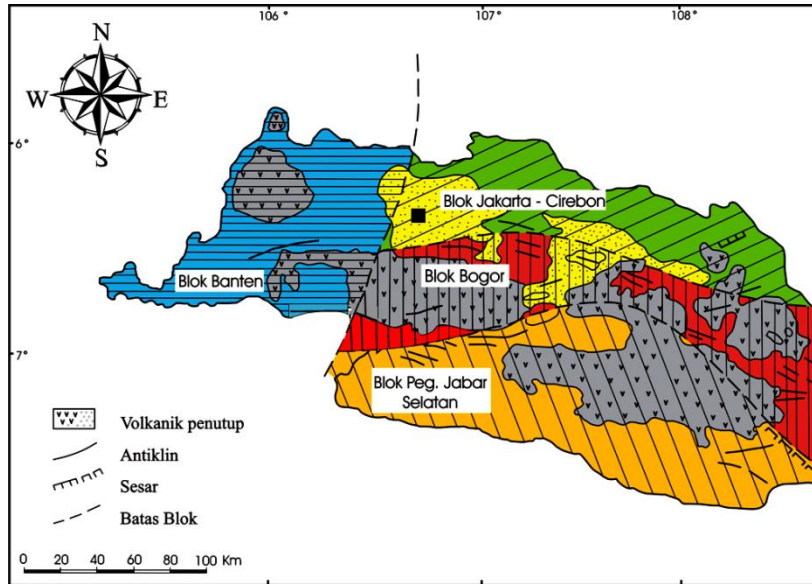
Gambar Lampiran 1-1. Peta Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949).

b. Stratigrafi Regional

Martodjojo (1984) membagi Jawa Barat menjadi empat blok mandala sedimentasi berdasarkan jenis sedimen pembentuknya, yaitu:

- Blok Jakarta-Cirebon di utara
- Blok Banten di barat
- Blok Bogor memanjang sampai timur
- Blok Pegunungan Jabar Selatan di selatan

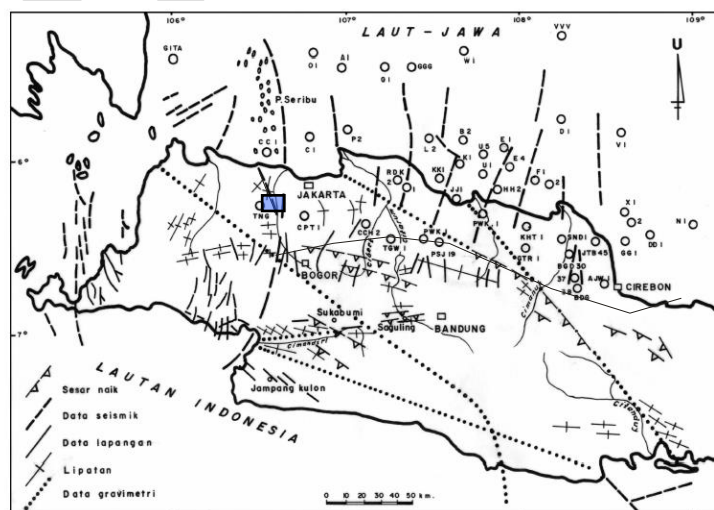
Berdasarkan pembagian mandala sedimentasi tersebut, daerah penelitian terletak pada Blok Bogor (Gambar Lampiran 1-4).



Gambar Lampiran 1-2. Mandala sedimentasi Jawa Barat (Martodjojo, 1984).

c. Struktur Geologi Regional

Pola struktur geologi regional daerah penelitian erat kaitannya dengan tektonik Pulau Jawa, sebagai akibat dari interaksi konvergen antara Lempeng India-Australia dan Lempeng Eurasia (Gambar Lampiran 1-3). Menurut Pulunggono dan Martodjojo (1994) pola struktur dominan yang berkembang di Pulau Jawa adalah pola Meratus yang berarah timur laut – barat daya yang terbentuk pada 80 sampai 53 juta tahun yang lalu (Kapur Akhir – Eosen Awal), pola Sunda berarah utara - selatan terbentuk 53 sampai 32 juta tahun yang lalu (Eosen Awal sampai Oligosen Awal), dan pola Jawa berarah barat - timur yang terbentuk sejak 32 juta tahun yang lalu.



Gambar Lampiran 1-3. Pola struktur dominan di Jawa Barat (Martodjojo, 1984).

- 2) Satuan dataran vulkanik membentuk dataran bergelombang dengan kemiringan lereng kurang dari 5%, kecuali pada lembah sungai yang mencapai 30%. Satuan ini terbentuk oleh konglomerat, batu pasir, batu lanau, batu lempung, konglomerat batu apung, dan tuf batu apung.

3. Tektonik

Kajian tektonik regional oleh Baumann dkk, (1973) menyatakan terdapat 4 (empat) perioda tektonik yang berpengaruh terhadap struktur geologi di bagian barat daya Pulau Jawa antara lain:

a. *Perioda Tektonik Oligosen Akhir-Miosen Awal*

Perioda tektonik pertama kala Oligosen-Miosen yang menyebabkan pengangkatan Lajur Pegunungan Selatan Jawa Barat bagian barat sehingga batu pasir Eosen-Oligosen di daerah Ciletuh terlipat membentuk antiklin berarah timur laut-barat daya. Pada perioda ini terbentuk juga struktur berarah barat-timur, seperti di dataran tinggi Sukabumi, dataran rendah Cibadak sampai Pelabuhan Ratu serta Lajur Cimandiri pada akhir perioda ini.

Di bagian timur daerah Pelabuhan Ratu terjadi gerak vertikal, sedang di bagian barat terjadi letusan vulkanik yang berlangsung hingga Miosen Tengah bagian Bawah disertai perlipatan kecil di dataran tinggi Bayah dan segmen Jampang. Pada Oligosen-Miosen ini diendapkan juga Formasi Jampang di atas Formasi Rajamandala secara tidak selaras yang disertai aktivitas vulkanik.

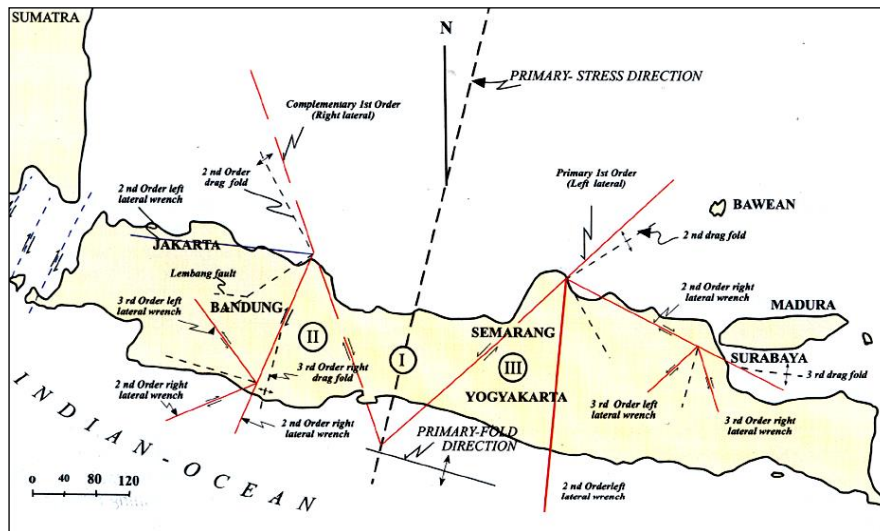
b. *Perioda Tektonik Miosen Tengah*

Pada perioda ini bagian barat daya Pulau Jawa mengalami pengangkatan, perlipatan dan selanjutnya diikuti dengan pembentukan sesar. Struktur geologi yang terjadi hampir mempengaruhi seluruh lipatan dan sesar tua yang memanjang berarah barat-timur. Diduga pula bahwa telah terjadi suatu pembengkokan (*flexure*) pegunungan, selatan Jawa Barat serta terjadi kegiatan vulkanik secara berlanjut. Sebuah sesar naik berarah barat-timur dan anjakan (*thrust*) terjadi di dataran tinggi Bayah dengan perlipatan memanjang dan sesar longitudinal berarah barat-timur terjadi di dataran tinggi Sukabumi, dataran rendah Cibadak-Pelabuhan Ratu, Lajur Cimandiri dan bagian utara penggalan Jampang.

Bagian selatan segmen Jampang terlihat kurang aktif dengan kemiringan landai dan ketika terangkat disertai oleh intrusi batuan yang bersifat asam. Sedar dataran tinggi Honje (sebelah barat Pelabuhan Ratu), dengan batuan gunung api berumur Miosen Awal-Miosen Tengah yang dipengaruhi oleh sejumlah sesar mendatar berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya.

c. *Perioda Tektonik Pliosen-Plistosen*

Pada perioda ini terjadi aktivitas tektonik yang mengangkat kembali Lajur Pegunungan Selatan Jawa Barat yang disertai perlipatan lemah dataran tinggi Honje dan dataran rendah Malingping sebelah barat pada Lajur Cimandiri tersesarkan. Adapun sejumlah sesar mendatar berarah barat daya-timur laut telah memotong dengan arah miring struktur yang telah ada.



Gambar Lampiran 1-5. Pola Sesar Pulau Jawa berdasarkan Konsep Sesar Mendatar Moody and Hill, 1956 (Sidarto, 2008)

d. Periode Tektonik Kuartar

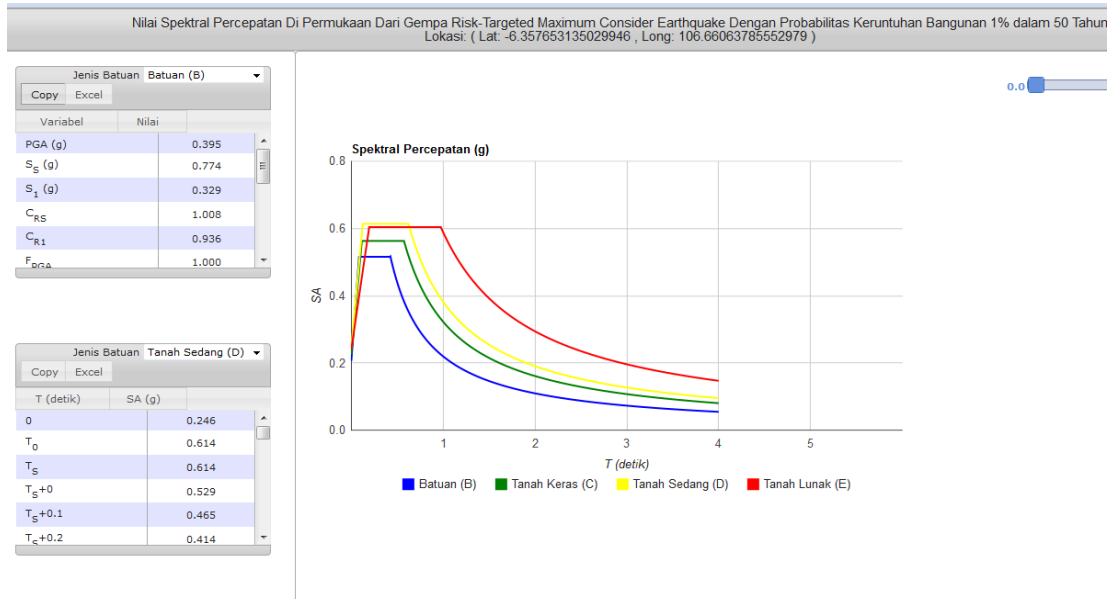
Perioda ini bersamaan dengan aktivitas tunjaman dan gunungapi yang intensif dan dapat diamati hampir seluruh Jawa bagian barat. Kegiatan tektonik seperti sesar dan lipatan ini menjadi penyebab dari berbagai struktur-struktur aktif yang ada sekarang.

Pengaktifan aktivitas tektonik Kuartar di wilayah ini yang mencakup perlipatan, "warping", pensesaran, penurunan dan lain-lain dimulai sejak Plistosen sampai Holosen. Aktivitas tektonik tersebut dipicu oleh benturan antara Lempeng Samudera Hindia-Australia dengan Lempeng tepian benua Eurasia, dimana Lempeng Samudera Hindia-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan tertentu. Deformasi neotektonik di daerah Jampang menghasilkan endapan undak sungai tua yang mengandung emas, sedangkan endapan undak pantai mengandung titanit-magnetit yang menutupi sebagian dataran Jampang dan mencapai ketinggian 250 meter di atas permukaan laut. Masria (1984) menyebutkan bahwa endapan undak pantai di daerah Jampang terangkat sekitar 10 hingga 35 meter di atas permukaan sungai sekarang. Undak sungai di sepanjang aliran sungai Cimandiri dan di sekitar teluk Pelabuhan Ratu terangkat sekitar 5 hingga 30 meter. Sedangkan Katili dan Soetadi (1970) berpendapat bahwa gerak-gerak neotektonik di daerah ini ditandai oleh adanya perlipatan dan rayapan.

4. Tingkat Kegempaan di Tapak

Berdasarkan informasi awal tingkat kegempaan di calon tapak mempunyai nilai PGA maksimum 0.6g pada periode 1 (satu) detik, dengan respon *spectra* seperti pada gambar lampiran 1-6.

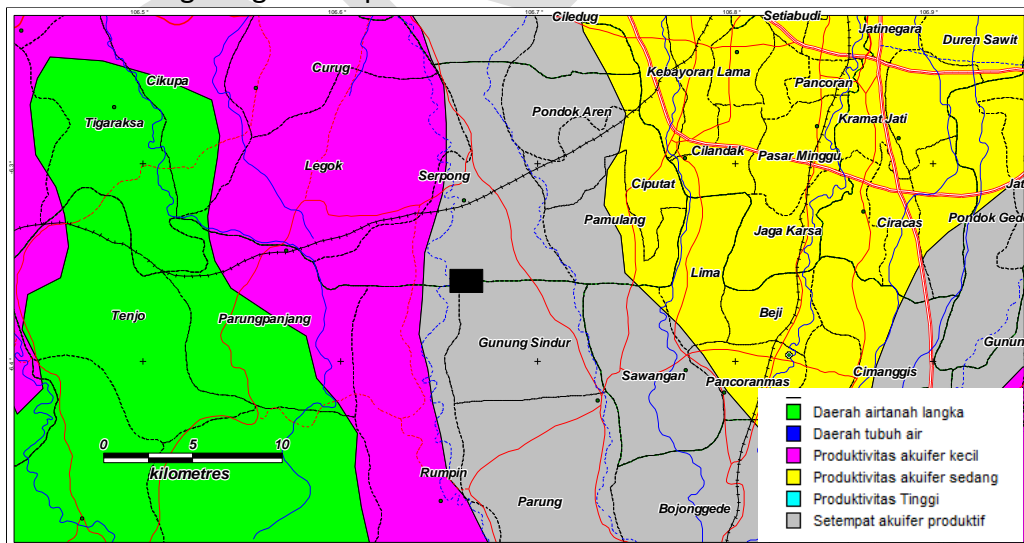
(sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)



Gambar Lampiran 1-6. Nilai Spektral Percepatan di Permukaan dari Gempa di Calon Tapak

5. Hidrogeologi

Secara aspek hidrogeologi, lokasi penelitian termasuk dalam daerah dengan klasifikasi hidrogeologi Setempat Akuifer Produktif.



Gambar Lampiran 1-7. Peta Hidrologi Calon Tapak

**KERANGKA ACUAN KERJA
PENGADAAN JASA KONTRUKSI
ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION (EPC)
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**

**LAMPIRAN 2
DOKUMEN SPESIFIKASI TEKNIS
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE)**

1. PENDAHULUAN

1.1. Karakteristik Instalasi RDE

Instalasi yang akan dibangun berupa satu unit RDE tipe HTGR dengan teknologi yang teruji. RDE ini dapat mengalirkan uap panas ke turbin untuk menghasilkan listrik dan ke instalasi kogenerasi.

1.1.1. Karakteristik Tapak

RDE dibangun di tapak yang memenuhi persyaratan dari sisi geologi, seismotektonik, meteorologi dan geofisika dan aspek lain sesuai peraturan yang berlaku.

1.1.2. Karakteristik Operasi

RDE dioperasikan sebagai reaktor eksperimen dengan daya kecil sekitar 10 MWth dan menghasilkan daya listrik dalam rentang 3 MWe. Di samping produksi listrik, RDE juga dioperasikan untuk pengujian Sistem Aplikasi Panas (SAP) dan eksperimen dasar HTGR.

1.1.3. Instalasi Acuan

Desain RDE dibuat dengan mengacu pada reaktor HTGR berdaya kecil yang pernah beroperasi.

1.2. Persyaratan Keselamatan

1.2.1. Persyaratan

Sesuai dengan Perka Bapeten No.3 tahun 2011 tentang Keselamatan Desain Reaktor Daya.

1.2.2. Persyaratan Umur Pakai

Memiliki umur pakai minimal 40 tahun.

1.2.3. Dekomisioning instalasi

Dekomisioning harus diperhitungkan dalam desain, sehingga pembongkaran dan dekontaminasi dapat terlaksana dengan mudah.

2. SPESIFIKASI PEMBANGKIT DAYA

2.1. Unit Reaktor

2.1.1. Teras reaktor

1. Rapat daya rerata RDE berada pada rentang $2,0 \text{ W/cm}^3 \leq PD \leq 4,0 \text{ W/cm}^3$.
2. Panas sisa dalam teras dapat dibuang hingga keluar bejana dengan mekanisme alamiah. Temperatur maksimum bahan bakar pada operasi normal di bawah 1200°C , sedangkan pada saat kecelakaan di bawah 1600°C .
3. Teras RDE dapat padam hanya dengan batang kendali pada kolom reflektor.
4. RDE didesain dengan koefisien temperature total negatif yang memadai.
5. RDE didesain sehingga efek penambahan reaktivitas akibat insiden penyisipan air lebih kecil daripada akibat penarikan semua batang kendali.

Tabel 2.1 Parameter teras reaktor

Parameter	Satuan	Nominal
Daya termal	MWth	Sekitar 10
Rerata rapat daya	W/cm ³	2,0 ≤ PD ≤ 4,0
Temperatur He sisi masuk/keluar teras	oC	250 - 400/700 - 1000
Jenis bahan bakar	-	UO ₂
Pengayaan U-235	%	<20
Fraksi bakar maksimum	MWd/tU	90.000
Fraksi bakar rerata	MWd/tU	22.000 - 80.000

2.1.2 Struktur Teras

1. Struktur teras terdiri dari reflektor grafit, komponen logam dan insulator panas.
2. Struktur teras harus memiliki kekuatan yang menjamin integritas dan keandalannya dalam kondisi apapun.
3. Struktur teras harus menjamin keberlangsungan pendinginan teras.
4. Struktur teras harus dapat membatasi temperatur dan fluens neutron cepat.
5. Struktur teras harus dapat menjamin akses untuk memasukkan perlengkapan instrumentasi dan sensor.
6. Komponen logam pada struktur teras didesain berdasarkan ASME Section III *Subsection NG* dan Code Case N-201-4 atau ekivalennya.
7. Komponen grafit didesain berdasarkan batasan pada ASTM D 7219-08 *Standard Specification for Isotropic and Near-isotropic Nuclear Graphites* atau ekivalennya.

2.1.3 Sistem kendali dan pemadaman reaktor

1. Sistem pemadaman harus memiliki reaktivitas pemadaman yang memadai.
2. Batang kendali sistem kendali dan sistem pemadaman dimasukkan di reflektor.
3. Bahan penyerap neutron adalah B₄C atau yang sesuai.
4. Sistem pemadaman didesain dapat jatuh hanya dengan gaya gravitasi.
5. Sistem pemadaman utama dikendalikan oleh sistem proteksi reaktor, sistem pemadaman cadangan dapat diaktifkan secara manual ketika diperlukan.
6. Kedua sistem pemadaman juga digunakan untuk kendali reaktor sehingga memungkinkan terjadinya perubahan daya 50–100%.
7. Setiap batang kendali harus dilengkapi dengan indikator posisi.
8. Sebagian aliran pendingin dialirkan untuk mendinginkan batang kendali.
9. Sistem pemadaman reaktor harus dapat membuat reaktor subkritis panas akibat kecelakaan dalam waktu yang cukup lama, meskipun dipostulasikan terjadi kegagalan batang kendali dengan reaktivitas terbesar (*failure of the highest-worth control rod*).

- 10 Ketika reaktor mengalami trip, mekanisme penggerak batang kendali didesain sehingga ketika catu daya listrik bagi motor penggerak batang kendali terputus, maka batang kendali jatuh hingga posisi paling bawah karena gaya gravitasi.
- 11 Sistem pemadaman reaktor cadangan harus mampu membuat reaktor subkritis hingga mencapai berapapun temperatur operasi terendah pada semua jenis operasi, untuk durasi waktu yang tak terbatas.

2.2 Spesifikasi Unit Konversi Daya

2.2.1 Gambaran Umum Unit Konversi Daya

1. Konfigurasi unit konversi daya reaktor RDE harus menerapkan siklus tak langsung, satu sistem primer dan dua sistem sekunder, untuk sistem pembangkit listrik, dan dimungkinkan untuk pengembangan sistem aplikasi panas.
2. Sistem pendingin primer harus menggunakan gas helium untuk memindahkan panas dari teras reaktor ke sistem pendingin sekunder melalui *Intermediate Heat Exchanger*.
3. Untuk unit konversi daya listrik menggunakan siklus Rankine.
4. Air pendingin tersier tersebut selanjutnya harus didinginkan oleh menara pendingin.

Tabel 2.2 Spesifikasi desain unit konversi daya RDE

Parameter	Satuan	Nilai	Keterangan
Tekanan sistem primer	MPa	3	
Temperatur He masuk reaktor	°C	250 - 400	
Temperatur He keluar reaktor	°C	700 - 1000	
Temperatur uap	°C	~ 520	
Temperatur keluar turbin	°C	~ 41	
Kadar air maksimum keluar turbin	%	10	
Beda Temperatur maksimum sisi inlet-outlet pendingin	°C	5	
Daya listrik keluar	MWe	~ 3	efisiensi konversi daya minimal mencapai 35% tanpa pemanfaatan selain listrik

2.2.2 Turbin Generator

1. Sistem turbin generator harus merupakan pasangan turbin uap dan generator.
2. RDE harus menggunakan turbin dan generator dengan efisiensi yang tinggi untuk menghasilkan efisiensi konversi daya minimal mencapai 35%.
3. Dalam hal penggunaan turbin bertingkat, sistem pemanasan kembali dan penggunaan separator uap yang keluar dari HPT sebelum memutar LPT harus disediakan. Air yang

- dihasilkan oleh separator bisa dimanfaatkan sebagai ekonomisator untuk meningkatkan temperatur air yang hendak diinjeksikan kembali ke pembangkit uap.
4. Generator yang digunakan harus jenis generator sinkron tiga fasa standar berpendingin udara dengan daya keluaran sekitar 3 MWe dan frekuensi tegangan sebesar 50 Hz.
 5. Kecepatan maksimum putaran sistem turbin generator sebesar 3000 RPM.

2.2.3 Penukar Panas Unit Konversi Daya (UKD)

1. Penukar panas dalam UKD adalah pembangkit uap (SG, *Steam Generator*) dan kondenser. Kondenser yang digunakan harus tipe *shell and tube* dengan material tube adalah titanium.
2. Beda temperature maksimum sisi inlet-outlet harus didesain 5 °C. Pembangkit uap yang digunakan pada bagian *tube* harus berbahan titanium.

2.2.4 Sistem Pemurnian Helium

1. Sistem Pemurnian Helium (SPH) harus didesain untuk memenuhi fungsi utama memurnikan pendingin helium dari pengotor gas dan partikel debu sampai pada batas yang dipersyaratkan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai batas maksimum gas pengotor pada pendingin helium

Gas pengotor	H2O	CO	N2	H2	CH4	O2	CO2
Nilai batas (ppmV)	≤ 0,2	≤ 3	≤ 1	≤5	≤1	≤0,02	≤0,6

2. SPH harus didesain untuk memenuhi fungsi utama yaitu menghilangkan kontaminan gas antara lain : H2O (air), O2 (oksigen), CO (karbon monoksida),

2.2.5 Sistem *make-up* helium

Sistem Make-up Helium (SMH) harus didesain untuk mencakup fungsi pengisian kembali kebocoran helium yang terjadi setiap saat dari Sistem Pendingin Reaktor, sistem ini terdiri dari tangki-tangki silinder helium dalam satu rak yang terdiri dari beberapa tangki helium murni, sebuah katup kendali

Kondisi	Nilai
Kebocoran harian pendingin utama (per hari)/ <i>daily leakage</i>	7,5 ‰ (maximum)
Kemurnian helium	100%
Kapasitas penyimpanan Tangki HMS	Menyesuaikan desain dengan daya RDE

3. BAHAN BAKAR

Bahan bakar yang digunakan adalah UO_2 dengan pengayaan rendah dalam bentuk TRISO. Karakter utama bahan bakar ditunjukkan pada table 3.1

Tabel 3.1 Karakteristik nominal Bahan Bakar untuk RDE

Karakteristik	Satuan	Nilai Nominal
Kernel bahan bakar		
Komposisi material		UO_2
Diameter	μm	500 - 600
Densitas	g/cm^3	$\geq 10,4$
Pengayaan uranium (<i>equilibrium core</i>)	% U^{235}	<20
Rasio U/O		~ 2
Partikel bahan bakar terlapis		
Material lapisan		TRISO
Diameter partikel terlapis	μm	~ 900
Ketebalan lapisan PyC Buffer	μm	60 - 95
Ketebalan lapisan dalam PyC	μm	30 - 40
Ketebalan lapisan SiC	μm	25 - 35
Ketebalan lapisan luar PyC	μm	40 - 45
Densitas lapisan PyC Buffer	g/cm^3	$\leq 1,10$
Densitas lapisan dalam PyC	g/cm^3	$\sim 1,9$
Densitas lapisan SiC	g/cm^3	$\geq 3,18$
Densitas lapisan luar PyC	g/cm^3	$\sim 1,9$
Sferisitas		$\leq 1,2$
Matrik grafit		
Densitas	g/cm^3	Memenuhi persyaratan spesifikasi ASTM D7219-08 tentang standard specification for Isotropic and near-isotropic nuclear graphites
Boron Equivalent	ppm	$\leq 3,0$

4. SISTEM PENYIMPANAN DAN PENANGANAN BAHAN BAKAR

Penanganan (*Loading dan Unloading*) dan Penyimpanan Bahan Bakar (*FHSS*) harus dapat berfungsi untuk melakukan semua penanganan dan penyimpanan bahan bakar yang diperlukan selama seluruh siklus hidup dari RDE, mencakup hal berikut:

- Pemuatan awal teras
- Pemuatan saat Kritikalitas pertama
- Pemuatan saat teras penuh
- Pemuatan dan pengeluaran bahan bakar ke dan dari teras reaktor untuk kondisi operasi daya
- Pemuatan bahan bakar bekas (*spent fuel*) ke tangki bahan bakar bekas
- Pemuatan bahan bakar segar untuk menggantikan bahan bakar bekas.

5. PENGATURAN TATA LETAK RDE

1. Tata letak bangunan utama RDE berada di Kawasan Puspipstek Serpong dan terdiri dari bangunan utama yaitu gedung reaktor (*reactor building*), gedung turbin (*turbine building*) dan gedung sarana penunjang yang meliputi gedung layanan (*service building*) dan gedung pendukung (*auxiliary building*).
2. Gedung layanan harus berisikan sistem dan komponen yang digunakan bersama seperti fasilitas penanganan limbah cair, bahan bakar, serta sebagai tempat untuk ruang pengendalian. Gedung pendukung meliputi di antaranya gedung diesel generator, gedung penyimpan bahan bakar, gedung penyimpan limbah, ruang sarana sistem pendinginan reaktor, dan ruang pompa pemadam api.
3. Tata letak gedung pada tapak RDE mencakup area nuklir dan area konversi energi, serta area tambahan lain untuk sarana penunjang. Tata letak dimungkinkan untuk peningkatan efisiensi, efektivitas dan keselamatan.
4. Bangunan untuk Bahan bakar bekas, penanganan bahan bakar, dan area pemanfaatan panas (*heat utilization area*) harus berada di lokasi dekat gedung reaktor, namun masih dapat menjamin keselamatan reaktor dengan mempertimbangkan aspek kemudahan akses dan efektivitas pengoperasian.
5. Faktor efisiensi dan efektivitas juga harus dipertimbangkan pada penempatan sistem *make up water*, gedung untuk aktivitas perawatan, *condensate source tank*, *standby power building* serta tangki penyedia bahan bakar.
6. Gedung reaktor dan gedung turbin harus memiliki area di atas permukaan dan area di bawah permukaan tanah. Beberapa komponen utama seperti bejana reaktor dan penukar panas intermediate (IHX) dapat ditempatkan pada lokasi di bawah permukaan (level 0) untuk mendukung kestabilan dan pertimbangan faktor keandalan.
7. Pengaturan tata letak harus dipertimbangkan agar dapat meminimalkan konsekuensi yang disebabkan oleh *design basis* dan *beyond design basis* karena kejadian internal maupun eksternal.

8. Pengaturan tata letak gedung dan komponen RDE harus dilakukan mencakup pertimbangan faktor keselamatan, kemudahan penanganan pada kondisi kedaruratan, dan keamanan instalasi reaktor.
9. Tata letak harus mempertimbangkan aspek estetika mengingat reaktor ini akan menjadi reaktor demo yang melayani kunjungan publik, sehingga bisa meningkatkan opini penerimaan PLTN.

6. SISTEM BANTU

6.1. Sistem Pendingin Aktif

Sistem pendingin aktif harus terdiri dari sejumlah rangkaian tertutup independen yang diisi dengan air demineralisasi yang telah diberi inhibitor untuk mencegah terbentuknya kerak dan endapan di penukar panas (HE). Rangkaian tertutup ini berfungsi memindahkan panas melalui HE ke sistem pembuang panas utama.

6.2. Sistem Pendingin Rongga Reaktor

1. Sistem Pendingin Rongga Reaktor (*Reactor Cavity Cooling System, RCCS*) harus didesain untuk dapat menerima air pendingin dari EPCC (*Equipment Protection Cooling Circuit*). Rangkaian tertutup EPCC diisi dengan air demineralisasi yang telah ditambah dengan inhibitor untuk mencegah terjadinya kerak dan endapan di HE. Rangkaian ini memindahkan panas melalui *Heat Exchanger (HE)*.
2. Komponen RCCS harus diklasifikasikan sebagai komponen keselamatan dan secara seismik harus dirancang mampu berfungsi setelah peristiwa *Safe Shutdown Earthquake (SSE)*.
3. Berkaitan dengan operasi RCCS, sistem ini harus memiliki aliran tetap, dengan fluida air, berfungsi menghilangkan panas dari rongga (*cavity*) reaktor. Panas yang diakumulasi oleh RCCS selama operasi normal harus dapat dipindahkan ke EPCC dan pada akhirnya panas ditransfer ke Sistem Pembuang Panas Utama (*Main Heat Sink System/MHSS*) untuk dilepas ke lingkungan. Kehilangan EPCC akan mengakibatkan RCCS otomatis terhubung ke menara pendingin sebagai *back up*. Kehilangan EPCC serta menara pendingin akan mengakibatkan RCCS mengkonversi secara otomatis operasi pasif, modus yang dapat terus beroperasi tanpa bantuan minimal 72 jam.
4. Vendor harus menyediakan air dari DWS (*Demineralized Water System*) dan/atau *Fire Protection System (FPS)* agar dapat digunakan untuk menggantikan kehilangan air karena penguapan, dan dengan cara ini, waktu operasi pasif dapat diperpanjang tanpa batas. Setelah penggunaan FPS, tangki RCCS akan terkuras dan diisi ulang dengan air demineralisasi, diikuti oleh *blowdown make-up* untuk mengembalikan kimia air. Desain harus menyediakan fitur *start-up* dari EPCC yang memungkinkan operasi aktif dari RCCS dapat dipulihkan setiap saat selama operasi pasif, asalkan tingkat air di tangki masih berada di atas outlet pipa.
5. Desain RCCS harus dapat memenuhi fungsi dan persyaratan sebagai berikut :

- a. Memberikan perlindungan pencegahan radiasi thermal yang menimpa langsung ke dinding beton rongga (*cavity*) reaktor.
 - b. Menghilangkan semua sisa panas dari rongga reaktor selama operasi normal, sehingga mampu mempertahankan permukaan beton pada rongga (*cavity*) di bawah batas desain.
 - c. Menghilangkan semua sisa panas /panas peluruhan yang dipindahkan ke rongga (*cavity*) reaktor selama terjadi kejadian kehilangan pendingin helium.
 - d. Dalam kejadian hilangnya kapasitas pemompaan aktif EPCC, untuk menghilangkan panas dari rongga reaktor pasif, dan untuk melepaskan panas ini ke atmosfer dalam bentuk uap.
 - e. Mampu beralih dengan mudah dari operasi aktif ke pasif tanpa intervensi mekanik, listrik ataupun manusia.
 - f. Memastikan bahwa suhu bahan bakar tidak melebihi suhu maksimum yang diizinkan, bersama-sama dengan desain jalur perpindahan panas dari bahan bakar ke permukaan luar RPV. RCCS diperlukan membantu sistem pendingin gas dalam mengendalikan suhu RPV selama operasi normal dan juga pada saat kejadian hilangnya pendingin gas paksa yang dipostulasikan. RCCS memiliki efek minimal terhadap suhu bahan bakar.
6. RCCS harus didesain untuk mampu beroperasi dalam mode operasi normal (RCCS akan beroperasi aktif pada laju alir penuh), mode pada saat reaktor *shutdown*, dan proses perawatan tetapi bahan bakar masih berada di teras (RCCS beroperasi pada laju alir penuh). Pada proses perawatan dan tidak ada bahan bakar di teras maka RCCS tidak dioperasikan, dan pada saat reaktor trip (karena kegagalan operasi, kehilangan pendingin) tanpa kehilangan daya listrik luar, RCCS akan beroperasi secara aktif pada laju alir penuh.
 7. Jika daya listrik dari luar hilang, RCCS harus mampu beroperasi pada laju alir penuh dengan *back up* menara pendingin dengan daya listrik berasal dari diesel generator.
 8. RCCS harus didesain sedemikian rupa sehingga tujuan dari sistem kendalinya dapat tercapai seperti:
 - a. Untuk menginterpretasikan sinyal dari instrumen pemantauan proses dan menggunakan sinyal ini untuk memulai alarm, pembacaan atau tindakan otomatis, atau untuk mempersiapkan sistem untuk panduan intervensi.
 - b. Untuk menafsirkan sinyal yang berasal dari tindakan operator, dan untuk memulai atau mengubah mode operasional yang sesuai.

7. SISTEM OTOMATISASI

Sistem Otomatisasi RDE adalah sistem instrumentasi dan kendali, baik yang terkait dengan keselamatan (*safety related*) dan tidak terkait dengan keselamatan (*non-safety related*), digunakan sebagai sistem proteksi otomatis, pengendalian, pemantauan reaktor, dan sebagai perangkat antarmuka interaksi operator dengan sistem-sistem pada reaktor. Sistem Otomatisasi RDE harus didesain dapat beroperasi dengan selamat pada batas yang telah ditentukan oleh parameter keselamatan. Sistem ini sekurang-kurangnya dan tidak terbatas hanya pada: Sistem Antarmuka

Manusia dan Mesin, Sistem Proteksi Reaktor, Sistem Kendali Operasi, Sistem Instrumentasi, Sistem Pemantauan dan Proteksi Peralatan, Sistem Pemantauan Pasca Kecelakaan, Sistem Pemantau Seismik, Sistem Pemantau Daerah Radiasi, Sistem Pengukur Fraksi bakar Bahan Bakar, Sistem Pemadaman Manual, dan Sistem Pemantauan dan Proteksi Peralatan, serta Simulator untuk pelatihan.

Sebagai persyaratan umum, sistem instrumentasi dan kendali harus didesain agar:

1. melaksanakan pengendalian secara selamat dan aman pada batas operasi yang telah ditentukan, dan diimplementasikan oleh desain sistem kendali operasional instalasi RDE berdasarkan parameter desain operasi dan merespons semua kejadian operasi terantisipasi; dan sistem proteksi reaktor harus dirancang untuk dapat merespons dan mengolah sinyal parameter proses yang lebih tinggi dari batas yang diperbolehkan;
2. memenuhi persyaratan keselamatan yang ditetapkan badan regulasi, dengan mewujudkan prinsip-prinsip pertahanan berlapis dan beragam, dan gagal-selamat dalam desainnya;
3. mempertimbangkan kemudahan penggantian sistem untuk mengantisipasi aspek penuaan komponen;
4. mengutamakan keandalan dan ketersediaan instalasi melalui penerapan prinsip desain kegagalan tunggal tidak menyebabkan pemadaman reaktor, memiliki redundansi, keragaman, independensi dan pemisahan fisik, inspeksi dan diagnosis diri secara online, serta kemampuan pengukuran jamak (*multiple measurements*), agar tidak terjadi pemadaman reaktor yang tak diinginkan;
5. memenuhi ketentuan (code) dan standar yang berlaku secara internasional dan/atau negara pemasok.

Sistem Antar Muka Manusia dan Mesin

Sistem Antarmuka Manusia dan Mesin (SAMM) harus didesain dan tersedia pada Instalasi RDE. Ketersediaan pembangkit, kondisi operasi, pencegahan kecelakaan, dan pengendalian kecelakaan dapat dilakukan oleh operator dengan berinteraksi melalui sistem ini. Sistem Antarmuka harus tersedia di Ruang Kendali Utama (RKU), untuk pengendalian reaktor selama kondisi operasi normal dan abnormal; dan di Ruang Kendali Darurat (RKD) untuk alternatif pengendalian dan pemadaman reaktor selama dan setelah RKU tidak dapat beroperasi/tersedia.

Sebagai persyaratan utama, SAMM harus didesain untuk:

1. Dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan keandalan operasi Instalasi RDE melalui desain arsitektur yang terintegrasi, modular mudah digunakan oleh operator, supervisor maupun staf keteknikan;
2. Dapat menyederhanakan fungsi pengoperasian Instalasi RDE dengan penerapan *Human Factor Engineering* (HFE), menghilangkan kemungkinan kesalahan operator, mengurangi beban kerja operator, dan tersedia dukungan fasilitas referensi dan prosedur yang terintegrasi dengan sistem komputer di RKU;
3. Memungkinkan operator untuk melakukan pengendalian, pemantauan dan tugas

diagnostik dengan efektif, efisien, dan selamat dengan tetap memenuhi faktor kenyamanan;

4. Mendukung aspek operator sebagai pusat pengendali (*human-centred automation*) agar dapat memastikan berbagai masalah yang mungkin timbul dapat direspons.

7.1. Sistem Proteksi Reaktor

Sistem Proteksi Reaktor (*Reactor Protection System -RPS*) harus didesain untuk dapat mengendalikan Instalasi RDE agar saat operasi pembangkitan panas teras tidak melebihi batas yang ditentukan dengan menjaga kondisi sub-kritis reaktor, dan setelah kejadian DBA dipastikan kondisi sub-kritikalitas jangka panjang terjaga. RPS berfungsi untuk memadamkan reaktor secara otomatis bila terjadi gangguan, dengan mengaktifkan batang kendali pancung (*Control Rod Scram-CRS*) dan insersi penyerap neutron.

Sebagai persyaratan utama, RPS harus didesain sekurang-kurangnya untuk dapat:

1. Mengukur variabel proses reaktor, mendeteksi kondisi normal AOO (*Anticipated Operational Occurrences*), DBA (*Design Basic Accident*) maupun BDBA (*Beyond Design Basic Accident*) pada Instalasi RDE dan mengaktuator reaktor trip secara otomatis untuk mempertahankan integritas reaktor dan mencegah konsekuensi radiologis yang mungkin terjadi;
2. Menyediakan dua macam kendali reaktivitas yang berbeda (*independent*) yaitu dengan cara insersi batang kendali, dan penyerap neutron, yang harus mampu menjaga margin pemadaman saat postulasi batang kendali gagal beroperasi (*stuck rod*) atau pun kecelakaan terburuk lainnya;
3. Memproses variabel penting fungsi sistem proteksi reaktor untuk deteksi kejadian DBA (namun tidak terbatas), antara lain kelebihan daya reaktor, peningkatan suhu dan tekanan pendingin primer, kelajuan kenaikan daya berlebih, kehilangan tekanan pendingin primer, deviasi laju alir pendingin primer, rasio laju alir helium terhadap laju alir air dan sebaliknya, penurunan tekanan uap air sistem sekunder, dan kegempaan;
4. Memenuhi prinsip dasar sistem keselamatan yaitu sederhana, tidak dipengaruhi sistem non-keselamatan atau sistem keselamatan lainnya, dan tidak dipengaruhi sistem kendali, berdasarkan redundansi dan keragaman, gagal-selamat, *fault-tolerance*, memiliki kelas keselamatan 1E, menggunakan ketentuan (*code*) dan standar yang berlaku internasional, sehingga sistem dapat berkinerja efisien, akurat, kemudahan untuk pengujian, dengan mempertimbangkan teknologi terbukti, andal, dan syarat lisensi;
5. Menjamin efek fenomena alami, operasi normal, pemeliharaan, pengujian (*testing*) dan kecelakaan terpostulasi pada kanal redundan tidak menyebabkan kehilangan fungsi proteksi atau harus bisa didemonstrasikan untuk dapat diterima pada berbagai basis lain yang terdefiniskan.

7.2. Sistem Kendali Operasi

Sebagai persyaratan utama, sistem kendali operasi harus didesain agar mampu untuk:

1. Memenuhi fungsi koordinasi beberapa sistem kendali dan grup fungsi Instalasi RDE, mengurangi jumlah operator, mengurangi kesalahan operator, menyediakan mekanisme *start-up* dan *shut down* yang cepat dan lebih ekonomis, menetapkan kondisi tunak (*steady state*) setelah kejadian trip, meningkatkan ketersediaan (*availability*) terhadap ketiadaan/kerusakan komponen dengan mengaktifasi redundansi;
2. Menjamin agar batasan (*set points*) operasi Instalasi RDE tercapai dan terjaga, harus tersedia sistem pemantauan aktuator untuk menjamin akurasi, kelengkapan informasi dan tepat waktu saat menampilkan status Instalasi;
3. Menyediakan hierarki kendali yang jelas dan terdedikasi hanya untuk level tertentu, mulai dari terendah sampai tertinggi baik untuk kalang terbuka maupun tertutup. Tiap sistem kendali harus tergantung dari level kendali di bawahnya, kegagalan yang terjadi pada level yang lebih tinggi tidak boleh mempengaruhi level dibawahnya;
4. Menyediakan sistem manual sebagai tambahan dari sistem kendali otomatis untuk menunjang aspek keselamatan. Mode otomatis dan manual harus dapat dipilih oleh operator dengan mudah dan perpindahan antar mode harus dapat dilakukan dengan lancar;
5. Memenuhi fungsi utama meliputi: (1) ragam cara (*platform*) untuk pemadaman reaktor, (2) menutup untai kendali beberapa variabel instalasi, (3) *interlocking* proses, (4) menampilkan proses dan informasi variabel instalasi untuk melaksanakan supervisi dan pengendalian, dan (5) mengeksekusi perintah operator;
6. Mengendalikan reaktivitas dengan pengaturan batang kendali pengatur dan sejumlah batang kendali *bank* baik untuk kendali *start-up*, *shut down*, maupun operasi normal;
7. Mengkoordinasi dan mengatur beberapa unit komponen sistem kendali, seperti kendali proses perpindahan panas, dan konversi daya sebagai fungsi dari permintaan beban, kondisi pembangkit dan jaringan.

7.3. Sistem Instrumentasi

Persyaratan utama, Sistem Instrumentasi didesain untuk memenuhi beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Sistem instrumentasi proses harus tersusun dari sensor-sensor, preamplifier dan amplifier kanal untuk kendali dan pemantauan instalasi RDE, antara lain untuk mengolah kuantitas elektrik, suhu, tekanan, level, aliran (helium, air, uap air dsbnya), posisi (batang kendali, *switch* dsbnya), nilai pH, dsbnya;
2. Katup isolasi untuk pengukuran proses harus disediakan di luar daerah batas sistem, dapat dioperasikan tanpa perangkat tambahan, perpipaan sistem instrumentasi harus seragam dan tersertifikasi, posisi bukaan katup instrumen harus berindikasi jelas, lengkap dengan untai uji, terhubung langsung dengan

- transmitter*, tahan bocor dan mudah diganti;
3. Akurasi dan kualitas perangkat pengukuran harus memenuhi kriteria: (1) transduser tekanan $\leq 0,5\%$, (2) transduser tekanan *differential* $\leq 0,5\%$, (3) *gauges* $\leq 1\%$; pada operasi normal posisi penunjukkan harus sekitar 2/3 batas ukur maksimum;
 4. Instrumen pemantauan neutron didesain dan disiapkan untuk memberikan informasi fluks neutron, distribusi fluks, laju perubahan fluks di teras dengan akurasi yang terjamin;
 5. Sistem pemantauan fluks neutron menyediakan sinyal *trip* ke RPS, ke sistem kendali Batang Kendali dan ke sistem informasi Instalasi di RKU (Ruang Kendali Utama) dan RKD (Ruang Kendali darurat), pada setiap mode operasi yaitu *start-up*, *shutdown*, seluruh rentang daya, maupun selama dan setelah kecelakaan;
 6. Instrumentasi termokopel pengukur suhu harus tersedia di seluruh bagian penting instalasi RDE yaitu bagian atas reflektor, sekeliling reflektor, *hot gas cell*, *bottom plate*, *bottom carbon bricks*, *fuel discharge tube*, kanal radiasi, dan silinder bejana tekan teras dan lain-lain dengan pertimbangan kecukupan informasi untuk keselamatan pengoperasian reaktor. Akurasi dan keandalan harus didesain berkelas 1E, dengan galat akurasi sekurang-kurangnya $\pm 1.5^\circ \text{C}$ untuk temperatur ($0^\circ \text{C} \leq t \leq 375^\circ \text{C}$) atau $\pm 0.4\% t$ ($375^\circ \text{C} < t \leq 800^\circ \text{C}$);
 7. Kegagalan pembangkit uap harus dapat dideteksi secara akurat untuk mencegah kecelakaan *water ingress* dan/atau *air ingress* menjadi lebih parah.

7.4. Sistem Pemantauan dan Proteksi Peralatan

Persyaratan utama Sistem Pemantauan dan Proteksi Peralatan (*Equipment Monitoring and Protection System - EMPS*) harus didesain agar dapat:

1. Memantau parameter-parameter kritis peralatan berupa indikasi potensial kerusakan peralatan dan menginisiasikan tindakan pencegahan ketika batas keselamatan operasi peralatan terlampaui, dan melindungi peralatan-peralatan utama yang bernilai investasi tinggi seperti mesin-turbo terhadap kecepatan putar, vibrasi dan kompresi berlebihan.
2. Mendeteksi secara dini struktur utama yang akan berimplikasi pada postulasi kecelakaan ataupun penuaan seperti jalur pipa, struktur bejana dan katup-katup, harus dirancang dengan standar yang ketat dilengkapi fasilitas diagnostik internal.

7.5. Sistem Pemantauan Pasca Kecelakaan

Persyaratan utama Sistem Pemantauan Pasca Kecelakaan (*Post Accident Monitoring PAM*) harus didesain sekurang-kurangnya dapat:

1. Menyediakan sistem pemantauan keselamatan, pencatatan dan sistem tampilan tambahan selama dan pasca kecelakaan terpostulasikan;
2. Menampilkan informasi dalam RKU dan RKD kepada operator selama operasi

normal, kondisi DBA dan BDBA, untuk memudahkan operator dalam menilai status keselamatan Instalasi RDE, melalui penilaian perkembangan indikator parameter penting keselamatan;

3. Catu daya listrik UPS selama minimal 24 jam harus tersedia, dan dirancang dengan kualifikasi tahan pada rentang kondisi kasus-kasus DBA, termasuk kondisi *Safe Shutdown Earthquake (SSE)*.

7.6. Sistem Pemantau Seismik

Persyaratan utama Sistem Pemantau Seismik harus didesain agar mampu untuk:

1. Memberikan indikasi gerakan tanah akibat aktivitas kegempaan, baik di gedung reaktor atau daerah tapak sekitar sekaligus mencatat gerakan tanah untuk analisis riwayat kegempaan, dan paling tidak terdapat di empat lokasi dengan sensor triaksial dengan perekam terpasang lokal dan di peralatan kendali, dilengkapi catu daya baterai cadangan internal, dan dengan pengendali terpusat dengan fasilitas perekaman jarak jauh;
2. Menempatkan posisi sensor di bangunan reaktor dipilih agar dapat mewakili posisi sesuai ketentuan persyaratan desain dan juga untuk mewakili titik-titik tertentu dalam analisis seismik struktur bangunan reaktor, yang selaras dengan pengukuran pondasi dan dua pengukuran di reaktor (struktur bangunan reaktor dan bagian atas reaktor);
3. Menyediakan fasilitas perekam untuk sistem instrumentasi seismik dengan desain redundansi.

7.7. Sistem Pemantau Daerah Radiasi

Persyaratan utama, Sistem Pemantau Daerah Kerja harus didesain agar mampu untuk:

1. Memantau daerah radiasi instalasi RDE, mengukur tingkat paparan radiasi gamma di dalam lokasi-lokasi tertentu, menampilkan hasil pengukurannya di ruang kendali utama, dan mengaktifkan alarm di ruang kendali utama dan ruangan-ruangan tertentu lokasi detektor berada, apabila terdeteksi radiasi melebihi nilai tertentu yang telah ditetapkan;
2. Mengukur, memberikan indikasi dan mengaktifkan alarm serta mencatat tingkat paparan radiasi gamma di berbagai lokasi strategis dalam instalasi RDE, untuk memberi peringatan pada personil agar terhindar dari paparan radiasi yang tidak perlu, dan sistem terus beroperasi normal sepanjang waktu baik selama beroperasi maupun saat pemadaman dan saat terjadi kondisi kedaruratan/kecelakaan;
3. Memberikan informasi tingkat radiasi ruangan tertentu ke dalam ruang kendali utama agar personil terhindar dari paparan radiasi pada saat terjadi kecelakaan radiasi, dan mendeteksi pemindahan material radioaktif yang tidak perlu atau tidak semestinya, yang dilakukan oleh orang yang tak berwenang.

7.8. Sistem Pengukur Fraksi-Bakar Bahan Bakar

Persyaratan utama pengukur fraksi-bakar bahan bakar untuk Instalasi RDE, harus didesain agar :

1. Tersedia untuk mengukur fraksi-bakar bahan bakar RDE dengan metode evaluasi spektroskopi sinar gamma atau metode lainnya yang terjamin akurasi;
2. Dapat menentukan korelasi aktivitas radioisotop pemantau fraksi bakar bahan bakar untuk mengklasifikasikan antara grafit dan bahan bakar, membedakan antara bahan bakar dengan fraksi bakar rendah dan tinggi, dan menggolongkan bahan bakar masih dapat digunakan dan bahan bakar bekas yang sudah tidak dapat digunakan lagi.

7.9. Simulator Pelatihan (opsional)

Persyaratan utama desain Simulator Pelatihan di antaranya adalah:

1. Harus tersedia untuk pelatihan dan lisensi operator Instalasi RDE, dengan model simulasi kondisi *real time*, digunakan sebagai sarana validasi antarmuka operator dan desain kendali otomatisasi, dan untuk pengembangan dan validasi prosedur operasi;
2. Kasus malfungsi pada level sistem, harus dapat dimasukkan lewat terminal instruktur, yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil proses dan perilaku operator. Instruktur harus diberi informasi operasi simulator ketika parameter tertentu mendekati nilai-nilai diluar model atau perilaku pembangkit yang dikenal;
3. Harus menjadi replika yang sama seperti sistem Antarmuka di RKU, sehingga mampu melakukan simulasi dalam beberapa pilihan kecepatan tertentu. Sistem ini juga harus mendukung fungsi jeda, *scenario capturing*, dan *start-off* dari skenario yang diambil;
4. Perangkat keras simulator harus dapat melakukan simulasi pada berbagai pilihan kecepatan, dan mendukung fungsi jeda, *scenario capturing*, dan memulai dari skenario tertentu;
5. Simulator perangkat keras harus menyediakan replika yang identik dengan Sistem Kendali Operasi termasuk perilakunya.

8. SPESIFIKASI TEKNIS SISTEM KELISTRIKAN

RDE harus mampu memberikan antarmuka sistem catu daya listrik ke fasilitas dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Konfigurasi antarmuka catu daya RDE:
 - a. Catu daya elektrik harus didesain kompatibel dengan fasilitas jaringan distribusi di kawasan Puspiptek.
 - b. Desainer harus mengembangkan konfigurasi dan persyaratan desain untuk koneksi kelistrikan antara generator dan transformator tegangan rendah (*low*

- voltage).
- c. Desainer harus menyiapkan *offsite* power system termasuk di dalamnya Main Transformator 9 kV/380V dan *Auxiliary Transformer* 9 kV/380V, Emergency transformer 20 kV/380V serta Panel Tegangan Menengah 9 kV dan 20 kV.
 - d. Desainer harus menyiapkan *onsite* power system berupa sistem jaringan kelistrikan yang memberi catu daya internal/ *house load* pada saat operasi normal dan kondisi *Loss of Offsite Power* (LOOP) termasuk didalamnya Panel Tegangan Rendah 380V/220V, UPS dan Generator Set.
2. Desainer harus merancang sistem redundansi sebagai catu daya cadangan pada saat terjadi LOOP dan kecelakaan. Sistem ini harus didesain mampu memberikan catu daya > 8 jam (Regulatory Guide (RG) 1.15).
 3. Desainer harus merancang sistem catu daya DC sebagai cadangan yang independen saat terjadi LOOP/kecelakaan, dan sebagai catu daya cadangan sistem instrumentasi & control dalam kondisi operasi normal maupun operasi darurat. Pada saat keadaan darurat harus mampu memberikan pasokan catu daya > 2 jam.
 4. Karakteristik catu daya listrik :
 - a. Kesesuaian dengan jaringan listrik yang tersedia
 - b. Tegangan distribusi menengah (20kV) dan rendah (380V/220V)
 - c. Fasa (3 fasa dan 1 fasa)
 - d. Frekuensi, 50 hz, dan *Power Factor* (0.9)
 5. Kualitas catu daya listrik
 - a. Frekuensi dan karakteristik tegangan harus seimbang sesuai dengan jaringan yang tersedia.
 - b. Koreksi faktor daya harus dirancang oleh desainer.

9. STRUKTURSIPIL

9.1.1 Deskripsi Tata Letak

Area nuklir merupakan bagian yang mendukung dan melindungi (PPB-*primary pressure boundary*) maupun sistem pendukung. Bagian dalam area nuklir dan fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Gedung reaktor harus meliputi struktur bangunan yang mewadahi PBB dan sistem pendukung. Gedung ini harus dirancang untuk mampu menahan beban dan tekanan dari ancaman bahaya eksternal akibat tindakan manusia maupun faktor alam, meliputi gempa bumi, tubrukan pesawat, banjir maupun faktor udara dan cuaca. Gedung reaktor harus dapat dioperasikan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer untuk mencegah bahan radioaktif tidak keluar apabila terjadi kebocoran.
2. Gedung reaktor harus mempunyai sekat penahan di sekeliling untuk menjaga bejana tekan reaktor (*Reactor Pressure Vessel-RPV*) dan unit konversi tenaga (*Power Conversion Unit – PCU*). Rongga Reaktor (RC) merupakan bagian yang mewadahi RPV dan Sistem Pendingin Rongga Reaktor (RCCSS). Sekat penahan tersebut harus mampu menjadi penahan sekunder terhadap kejadian DBA

eksternal. Sedangkan Rongga Reaktor harus dapat berfungsi sebagai penghalang primer bagi RPV pada kejadian DBA internal. Selain itu RC harus bisa digunakan untuk melindungi RPV dan RCCS dari gangguan seismik. Sekat penahan tersebut juga harus dapat mengungkung radiasi tinggi di RPV dan PCU serta sebagai perisai radiasi untuk personel/pekerja di reaktor.

3. Pada kejadian kegagalan (pecah/bocor) di PPB atau pipa bertekanan tinggi, sistem pengungkung harus dirancang sedemikian hingga agar mampu menjaga lepasan produk fisi ke lingkungan di bawah batas yang diizinkan. Meskipun pada kondisi awal transien tekanan dilepaskan ke lingkungan produk fisi yang keluar berupa helium sangat rendah harus di bawah batas yang diizinkan.
4. Pada kejadian pipa pecah dengan diameter kecil maka pembebasan tekanan harus dapat dilakukan melalui sistem HVAC, sedangkan pada kejadian pipa pecah berukuran besar pembebasan dilakukan melalui Sistem Pembebas Tekanan (PRS-Pressure Relief System). Untuk itu PRS harus dapat ditutup agar semua lepasan dijaga tetap dalam sistem pengungkung sampai sistem filtrasi diaktifkan untuk menyaring isotop aktif yang ada.

9.1.2 Deskripsi Fungsi

1. Integritas struktur dari gedung reaktor harus dijamin mampu menahan beban ekstrim seperti dalam persyaratan yang ditetapkan maupun berdasar pengalaman kejadian yang berpotensi merusak instalasi reaktor nuklir. Analisis keselamatan dan kajian probabilistik harus disediakan untuk mempertimbangkan faktor eksternal yang mungkin terjadi.
2. Gedung reaktor harus tetap dapat mengungkung material radioaktif tidak terlepas ke lingkungan.
3. Material konstruksi utama berupa beton konkrit yang diperkuat dengan mempertimbangkan persyaratan ketahanan dari tapak. Standar yang dapat digunakan dalam rancangan konkrit yang diperkuat adalah ACI-349 dan untuk struktur *steelwork* adalah ANSI AISC N690. Standar konstruksi terutama mengacu pada ketentuan yang diberikan dalam SABS 1200.
4. Gedung reaktor harus terhubung dengan semua bagian dan peralatan utama yang ada dalam gedung. Spesifikasi dari penghubung tersebut seperti ukuran yang dipersyaratkan, prosedur instalasi dan akses perawatan harus dipertimbangkan dalam penentuan tata letak.
5. Persyaratan fungsi dalam rancangan gedung reaktor harus mempertimbangkan:
 - a. Pembagian daerah radiasi (*radiation zoning*)
 - b. Perisai (*shielding*)
 - c. Kendali akses
 - d. Kemampuan dekontaminasi.
 - e. Keselamatan nuklir dan industri.
 - f. Proteksi kebakaran dan pemisahan area.
 - g. Kemampuan peralatan untuk mengangkat.
 - h. Mitigasi bahaya banjir.
 - i. Implementasi *Defence in Depth* dan ALARA.

- j. Resistansi terhadap internal dan eksternal DBAs.
- k. Fasilitas untuk instalasi, perawatan dan dekomisioning.
- l. Penyimpanan limbah radioaktif dan bahan bakar baru maupun bekas.
- m. Kesesuaian dengan persyaratan lingkungan.
- n. Konstruktabilitas (kemampuan pembangunan) gedung.

9.2 *Conventional Island*

Desainer harus menyediakan *Conventional island* yang merupakan bagian dalam pembangkit daya yang mendukung bagian selain PCU, yaitu generator. Generator harus mampu menjaga ketersediaan fungsi utamanya berupa:

- a. Sebagai ruang akses ke generator untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan.
- b. Sebagai tempat generator transformer dan komponen pendukung generator, seperti breaker, SFC.
- c. Sebagai tempat untuk sistem minyak pelumas untuk turbin, kompresor dan generator.

9.3. Gedung Pendukung

1. Desainer harus menyediakan gedung pendukung yang dapat memuat berbagai sistem pembangkit dan tidak berinteraksi langsung dengan gedung reaktor maupun gedung layanan. Gedung pendukung harus meliputi beberapa gedung lainnya antara lain:
 - a. Gedung diesel generator.
 - b. Gedung bahan bakar diesel yang berisikan tangki penyimpanan bahan bakar untuk diesel generator.
 - c. *Cooling Water Plant Room* yang berisikan *heat exchangers*, pompa dan perlengkapan untuk *active cooling system*, RCCS, dan penukar panas untuk *Main heat sink system*.
 - d. Tempat penyimpanan Helium
 - e. Rumah pompa proteksi kebakaran dan tangki penyimpanan air untuk sistem proteksi kebakaran.
 - f. Lokasi tempat transformer berada.
 - g. Gedung perkantoran/Gedung administrasi dan peragaan
 - h. Gedung pengamanan
 - i. Tempat penyimpanan bahan bakar bekas
 - j. Bengkel kerja dan gudang
 - k. Gardu induk
 - l. Ventilasi dan Cerobong
2. Gedung pendukung, baik gedung diesel generator, gedung bahan bakar diesel dan gedung penyimpanan minyak pelumas harus memenuhi persyaratan yang ditentukan, di antaranya adalah sebagai berikut :
 - a. Semua bocoran atau rembesan minyak bahan bakar harus ditampung dan dikumpulkan. Tidak boleh ada bocoran bahan bakar di tanah sekitar

- lokasi.
- b. Harus dilengkapi proteksi kebakaran dan ledakan.

9.4 Karakteristik Gedung Reaktor dan Ketahanan Terhadap Potensi Bahaya.

Susunan dan struktur gedung reaktor dan sistem pendukung harus dirancang mengikuti standar dan persyaratan keselamatan agar mampu mengantisipasi dampak negatif yang disebabkan oleh bahaya/gangguan eksternal. Bahaya eksternal yang harus dipertimbangkan di antaranya meliputi kebakaran, gempa, ledakan kimia, gangguan petir, angin, gunung api, banjir dan bencana akibat ulah manusia.

9.5 Sistem Proteksi Fisik

Susunan dan struktur gedung reaktor dan sistem pendukung harus dirancang mengikuti standar dan persyaratan keamanan agar mampu mengantisipasi dampak negatif yang disebabkan oleh bahaya/gangguan internal dan eksternal.

10. FITUR KESELAMATAN

1. RDE harus dapat memenuhi prinsip-prinsip dasar keselamatan berikut:
 - a. RDE harus mempunyai probabilitas yang sangat rendah untuk dilakukannya tindakan evakuasi atau tindakan mitigasi lainnya selama operasi RDE bagi masyarakat yang tinggal pada atau di luar zona eksklusif.
 - b. Kondisi ini harus dicapai tanpa perlu tindakan pencegahan atau mitigasi berbasis sistem aktif.
2. Sistem yang harus ada pada keselamatan pasif reaktor (namun tidak terbatas) adalah sebagai berikut:
 - a. Desain dan kualitas bahan teras reaktor dan struktur teras reaktor yang sesuai untuk menjamin transportasi panas selama kondisi tak terencana.
 - b. Struktur teras reaktor dan sifat RPV harus dapat menjamin geometri teras reaktor harus pada tingkat aman dan tidak mengalami deformasi akibat dari pengaturan bahan bakar di teras atau peningkatan reaktivitas melebihi batas yang ditentukan.
 - c. RCCS (kecuali komponen aktif) harus mempunyai tingkat keselamatan utama untuk melindungi struktur sipil dari kelebihan panas dengan berbagai fitur yang tersedia, baik dengan reduksi, dan penurunan daya reaktor ke tingkat yang telah ditentukan jika sebagian dari RCCS tidak tersedia, atau metode lain yang cukup untuk menjamin keselamatan reaktor.
 - d. Sistem Proteksi Reaktor (RPS) dan batang kendali yang terkait harus memiliki tingkat keselamatan untuk menjamin bila terjadi insersi tiba-tiba (*prompt insertion*) yang cepat dari batang kendali yang berakibat pada kelebihan daya dapat segera terdeteksi.
3. Panas luruh yang dihasilkan dari pengoperasian harus dapat ditransfer secara alami (*passive decay heat removal*) di mana sejauh mungkin tidak diperlukan

komponen aktif yang memerlukan catu daya, gerakan katup pneumatik atau pengoperasian sistem *valve*. Hal ini dapat dilakukan sebagai berikut (namun tidak terbatas):

- a. Teras reaktor yang dirancang harus memiliki rasio permukaan-ke-volume yang besar untuk mentrasfer panas secara efisien ke penukar panas eksternal ke RPV.
 - b. Material di jalur transportasi panas harus terbuat dari material yang bersesuaian dengan kelas keselamatan yang disyaratkan.
 - c. Pemindah panas dari RCCS harus memberikan perpindahan panas pasif dengan kapasitas yang cukup untuk membuang semua panas sisa selama beberapa hari tanpa campur tangan operator secara aktif.
 - d. Sumber panas peluruhan harus dapat dibatasi dan dikendalikan dengan cara membatasi tingkat daya reaktor.
 - e. Pendinginan aktif di teras reaktor harus dapat dijamin oleh sistem yang tersedia untuk operasi normal dan pada kondisi tak terencana, tapi sistem aktif ini harus tidak dibutuhkan untuk memastikan bahwa suhu bahan bakar dalam rentang yang aman.
 - f. Setiap kenaikan suhu bahan bakar, baik disengaja atau tidak disengaja yang bisa mencapai rezim operasi aman, harus dibatasi oleh umpan balik negatif yang melekat pada teras reaktor, dan tidak menghasilkan ekskursi daya yang signifikan pada reaktor.
4. Dalam kecelakaan *depressurization*, di saat tekanan di dalam rongga melebihi batas yang ditentukan, maka *exhaust pipe* (pipa pembuangan) harus dapat secara otomatis dibuka sehingga tekanan dilepaskan ke atmosfer melalui cerobong asap. Oleh karena itu, desain pengungkung harus didasarkan pada prinsip rilis risiko rendah.
 5. Jika batas-batas pada *Helium Pressure Boundary* (HPB) terlewati, bangunan bertindak sebagai penghalang tersier pelepasan bahan radioaktif ke lingkungan. Bangunan harus mencakup sistem penahanan yang mampu menahan pulsa tekanan agar tidak melewati batas yang disyaratkan, dan harus dapat menyaring kebocoran kecil untuk mengeluarkan produk fisi.
 6. Pengungkung bersama dengan sistem ventilasi kecelakaan, harus berfungsi sebagai penghalang terhadap rilis radioaktivitas ke lingkungan. Untuk ventilasi gedung reaktor harus dilengkapi oleh filter HEPA yang mempunyai efisiensi tinggi terhadap produk fisi (berkisar pada 90 % untuk produk Yodium, dan 99% untuk produk fisi lainnya).
 7. Dosis radiasi kepada masyarakat yang disebabkan oleh pelepasan radioaktif untuk operasi normal maupun kecelakaan harus dapat ditentukan serendah mungkin sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
 8. Pada kondisi operasi normal dan kecelakaan dosis efektif maksimum individu yang diterima publik mengikuti peraturan yang berlaku.
 9. Desain sistem keselamatan harus memberikan perisai yang memadai terhadap Struktur, Sistem dan Komponen (SSC) yang perlu dijaga ketersediaannya selama operasi, untuk mencegah paparan berlebihan dari pekerja radiasi.

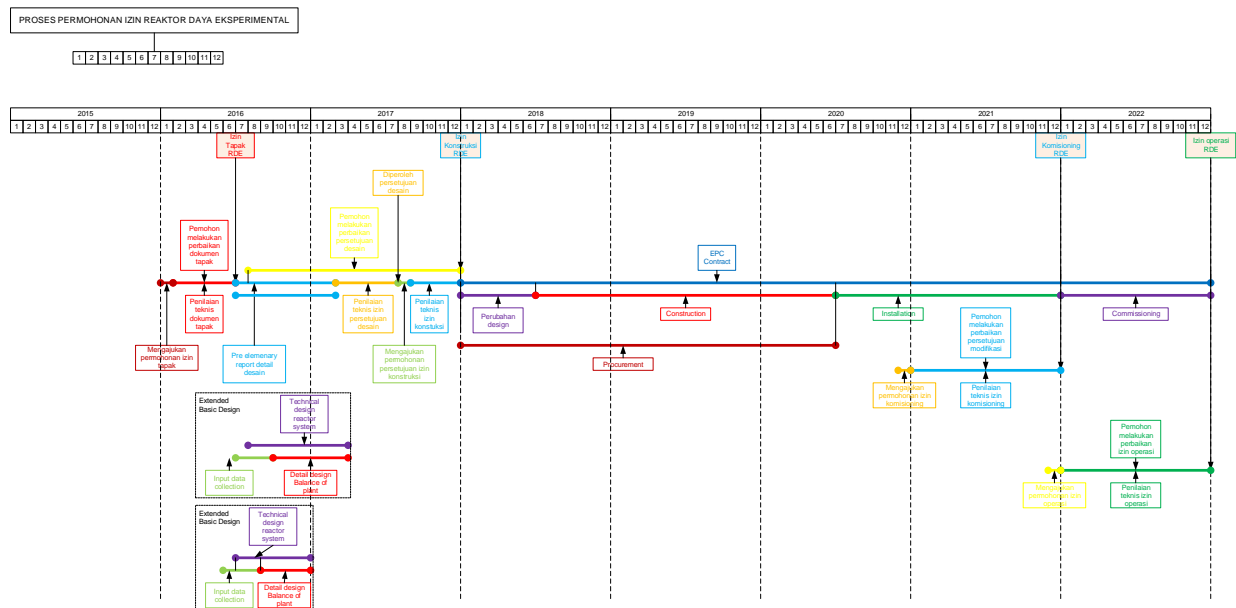
LAMPIRAN 5:

**DRAFT DOKUMEN KONTRAK EPC
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL**

LAPORAN PELAKSANAAN KEGIATAN PENYUSUNAN DRAFT DOKUMEN KONTRAK EPC RDE

LATAR BELAKANG

Rencana pembangunan RDE membutuhkan persiapan yang matang; rinci dan terukur, mengingat proyek ini diharapkan menjadi proyek PLTN daya pertama di Indonesia. Pada tahun 2016 telah didapatkan dokumen konseptual desain RDE dan pada tahun 2017, Basic Engineering Desain RDE diharapkan akan dapat diselesaikan. RDE diharapkan akan dapat dibangun pada tahun 2019 sebagaimana roadmapnya berikut ini:



Gambar 1. Roadmap RDE

TUJUAN

Menyusun draft format dokumen kontrak EPC RDE berdasarkan data dan informasi yang tersedia pada tahun berjalan, yang dapat digunakan dalam kegiatan kontrak EPC RDE nantinya (setelah vendor terpilih).

MANFAAT

1. Dengan draft format dokumen kontrak EPC RDE, akan menjadi salah satu acuan bagi BATAN dalam membuat dokumen kontrak EPC RDE apabila RDE dibangun.
2. Menjadi sarana pengembangan SDM BATAN untuk menyusun dokumen kontrak EPC.

BIAYA

Biaya kegiatan ini diambil dari DIPA PKSEN dan merupakan sub dari kegiatan RDE dengan besar biaya sebesar Rp ... Juta

METODOLOGI

Berdasarkan rapat pendahuluan yang dilakukan oleh Tim, maka Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE ini dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Melakukan diskusi antar anggota tim.
2. Mempelajari dokumen kontrak EPC PLN (PLTU Tenayan) sebagai salah satu referensi
3. Mengumpulkan data berupa:
 - a. aturan, guideline, code dan standar yang perlu dipertimbangkan dalam kontrak seperti dari IAEA, LKPP, FIDIC, BAPETEN, dsb.
 - b. dokumen kontrak PLTN di negara vendor/IAEA
 - c. masukan dari narasumber.
4. Mengkombinasikan format kontrak dari PLTU Tenayan dengan guideline dari IAEA disesuaikan dengan kebutuhan RDE dengan masukan dari Bapeten dan narasumber lainnya
5. Alihbahasa (tergantung ketersediaan dana)

ANGGOTA TIM

Anggota tim diangkat dalam SK Kepala PKSEN nomor 23/SEN/II/2017 dengan formasi sbb:

Pengarah	: Ir. Yarianto Sugeng Budi Susilo, M.Si	(PKSEN)
Penanggung Jawab	: Ir. Sriyana, MT	(PKSEN)
Ketua	: Dr. Suparman	(PKSEN)
Wakil Ketua	: Elok S. Amitayani, S.Si, MT	(PKSEN)

Sekretaris	: Sufiana Solihat, ST	(PKSEN)
Anggota	: Wiku Lulus Widodo, M.Eng	(PKSEN)
	Aries Tris Yulianto, MT	(PKSEN)
	Imam Bastori, ST	(PKSEN)
	Kurnia Anzhar, M.Si	(PKSEN)
	Sanuri, SE	(PKSEN)
	Tri Wahyu Widodo, S.Sos, MM	(BKHH)
	Haris Sutarta, SH	(BU)
	Rustama	(PTRR)

PELAKSANAAN KEGIATAN

Kegiatan dimulai dengan melakukan rapat koordinasi antar anggota tim pada tanggal 7 Maret 2017 untuk mengumpulkan informasi terkait kondisi terakhir kegiatan RDE, *brainstorming*, dan menyusun metodologi pelaksanaan kegiatan (Notula Rapat terlampir).

Dalam rapat disepakati bahwa langkah awal dari kegiatan adalah mempelajari dokumen kontrak PLTU Tenayan, dengan difokuskan pada Buku 1, Buku 2, dan Buku 5 (total ada 5 Buku) untuk kemudian dimodifikasi sesuai dengan kasus kontrak RDE. Setiap anggota tim mendapat bagian dari Dokumen Kontrak PLTU Tenayan yang total berjumlah 880 halaman. Target pelaksanaan adalah 1 bulan dari tanggal rapat, atau sekitar awal April 2017 akan dikumpulkan.

Beberapa hal-hal penting yang harus dimasukkan dalam kontrak antara lain:

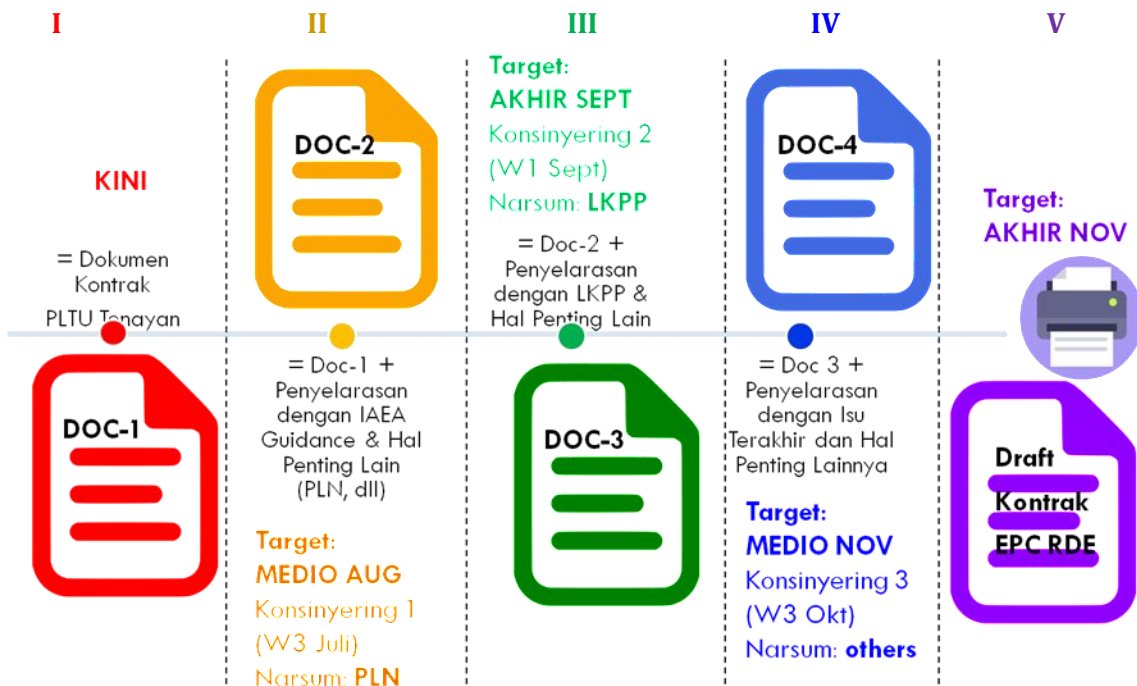
1. Kontrak harus mewadahi (melindungi) kepentingan BATAN.
2. Kekayaan intelektual BATAN harus diatur juga dalam kontrak
3. Terkait pemakaian uang Negara (jangan sampai merugikan keuangan negara).
4. Masalah volume pekerjaan dan keberterimaan pekerjaan harus didefinisikan dalam kontrak dengan jelas.
5. Engineering yang dilakukan: konsep-basic-detail. Ketika detail desain, semua komponen harus sudah terkonfirmasi.
6. Dibutuhkan 3 kompetensi utama dalam penyusunan dokumen kontrak, yaitu ahli teknik, ahli hukum, dan ahli ekonomi.

7. Terdapat 3 hal penting yang harus ada dalam kontrak yakni: 1. Biaya (nilai & pembayaran), 2. waktu (durasi), dan 3. kualitas (spek. Pekerjaan, termasuk unsur safety)
8. Kerangka pembiayaan yang memungkinkan: 1. Softloan, 2. G2G, atau 3. DIPA
9. Terkait verifikasi & validasi barang yang diterima. Bagaimana menguji/menghitung efisiensi dan output (voltage, daya) pembangkit.
10. Terkait tenaga kerja. Bagaimana agar tenaga kerja pada level tertentu dapat diambil oleh tenaga kerja lokal atau tenaga asing hanya dapat mengambil pekerjaan pada level tertentu. Mempertimbangkan peraturan Menaker.
11. Tanggung jawab pekerjaan harus tetap ada di kontraktor utama.
12. Bagaimana mengatur perubahan desain, karena perubahan desain mungkin terjadi.
13. Ijin-ijin terkait industri nasional (lisensi, sertifikasi). Siapa mengurus apa (ijin transportasi, ijin layak operasi, PLN, dsb).
14. HOLD POINT (titik tunda): kapan pekerjaan dihentikan karena suatu sebab, spt inspeksi. Akan mengakibatkan keterlambatan. Siapa yang bertanggung jawab.
15. Manajemen Konstruksi (MK) dapat ditentukan dengan suatu kesepakatan yang terpisah dari kontrak.
16. SDM dari BATAN dapat dimasukkan ke dalam MK.
17. MK dan Tim Pengawas dari BATAN harus diberi ruang dalam kontrak untuk mengawasi kesesuaian seluruh kegiatan proyek yang berlangsung dengan Speksifikasi Teknis yang telah ditetapkan .
Mulai dari tahap 1) fabrikasi → 2) penerimaan → 3) instalasi
18. SDM yang berasal dari BATAN dapat dimasukkan dalam MK.
19. MK dapat ditentukan dengan suatu kesepakatan yang terpisah dari kontrak EPC.
20. BPK, Bapeten atau badan pengawas lainnya bisa masuk dalam inspeksi dan menemukan ketidaksesuaian dengan peraturan. Bagaimana menjembatannya.
21. Bagaimana mengatur barang-barang *long lead items* (butuh pengerjaan yang lama).
 - a. Pada kasus HTR PM, kontrak belum ditandatangani tapi barang sudah dipesan (vessel, SG)
 - b. Menurut IAEA - SSG 38 - sudah harus melaporkan ke badan pengawas negara setempat kalau sudah ada pemesanan komponen PLTN

Dikumpulkan berbagai informasi tambahan dari luar seperti:

1. Dalam proyek EPC PLN (PLTU Tenayan), vendor berasal dari China dengan sistem pembiayaan berasal dari pinjaman (satu arah) dan tanpa lelang. Dalam pengerjaannya, owner cukup menyediakan konsep desain, selanjutnya mengikuti desain yang sudah ada di suatu negara (vendor) untuk kegiatan basic desain, detail desain, hingga konstruksi.
2. Proyek pembangkit komersial PLN memiliki keistimewaan, jika dana berasal dari non APBN proyek dapat langsung dikerjakan.
3. Peraturan baru LKPP memberikan insentif/kemudahan dalam pengadaan barang dan jasa untuk penelitian.

Pada April 2017, disusun rencana pelaksanaan kegiatan disusun dalam roadmap pelaksanaan kegiatan sebagaimana Gambar 1 berikut. Sebagai *Start Point* adalah dokumen kontrak PLTU Tenayan yang telah dikonversi ke dalam format Doc untuk dimodifikasi sesuai kebutuhan RDE.



Gambar 2. Roadmap Pelaksanaan Kegiatan

Roadmap pelaksanaan kegiatan terdiri dari 5 tahap, yakni

- Tahap I : konversi dokumen kontrak PLTU Tenayan ke format Doc. Ini sebagai Doc-1
- Tahap II : memasukkan IAEA guidance dan masukan dari narasumber PLN ke dalam Doc-1. Ini sebagai Doc-2.
- Tahap III : Memasukkan masukan dari narasumber LKPP ke dalam Doc-2. Ini sebagai Doc-3.
- Tahap IV : Memasukkan isu/hal penting lainnya ke dalam Doc-3. Ini sebagai Doc-4.
- Tahap V : Mencetak dokumen sebagai Draft Dokumen Kontrak EPC RDE

Secara keseluruhan, kegiatan baru selesai sampai Tahap 1. Pada sekitar bulan Mei 2017, anggaran untuk kegiatan ini dinolkan sehingga kegiatan tidak dapat dilanjutkan. Sebagai output terakhir dari kegiatan ini adalah Konversi Dokumen Kontrak PLTU Tenayan (Buku I, II, dan V) disimpan dalam dalam cloud berikut:

Buku 1:

https://drive.google.com/drive/folders/1NkbzV6dNaCAnF3g4Tw73za6B6_qSx8Co?usp=sharing

Buku 2:

<https://drive.google.com/drive/folders/1B3Xe2Zg9Z58Nfr0omkLkCSDnb6BQu6m?usp=sharing>

Buku 5:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Ojz7CXsrWh1lriOiEdeLjz6dOY4da0gQ?usp=sharing>

KESIMPULAN

Kegiatan Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mempersiapkan BATAN dalam menghadapi rencana pembangunan RDE. Draft ini merupakan bekal bagi BATAN dalam membuat dokumen kontrak EPC RDE, agar hal-hal penting yang dapat melindungi kepentingan BATAN dan keuangan negara dan harus dimasukkan ke dalam kontrak tidak sampai tertinggal. Kegiatan ini juga dapat menjadi wadah pembelajaran bagi tim untuk menyusun dokumen kontrak EPC.

Kegiatan tidak dapat diteruskan karena dana diputus, dan baru menghasilkan output dari tahap 1 sesuai roadmap kegiatan, yaitu

1. konversi dari dokumen PDF kontrak PLTU Tenayan ke Format Doc untuk disesuaikan dengan kebutuhan RDE.
2. Masukan dari anggota tim berupa hal-hal penting yang harus dimasukkan dalam kontrak.

**NOTULA RAPAT
 BIDANG KAJIAN DATA TAPAK
 PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLIR**

Judul Rapat : Koordinasi Awal Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE
 Hari, tanggal : Selasa, 7 Maret 2017
 Pukul : 09.00 - selesai
 Tempat : Ruang Rapat IIIc, Kantor Pusat BATAN

- Peserta :
- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Ir. Sriyana, MT | 7. Samuri, SE |
| 2. Elok Satiti Amitayani, MT | 8. Tri Wahyu Widodo, S.Sos., MM |
| 3. Wiku Luhus Widodo, M.Eng. | 9. Harris Sutarta, SH |
| 4. Arief Tris Yuliyanto, MT | 10. Rustama, SE |
| 5. Ir. Imam Bastori | 11. Sufiana Solihat, ST |
| 6. Kurnia Anzhar, M.Si. | |

HASIL PEMBAHASAN

- Agenda Kegiatan:
 • Sharing pandangan & isu terakhir
 • Rencana kerja tim

No	Uraian Kegiatan / Pokok Pembahasan	Tindak Lanjut
1	Status terkini: - Para Kepala dari beberapa Pusat, Deputi TEN dan Kepala BATAN sedang membahas FS di BAPPENAS terkait pengusahaan untuk pendanaan. - BATAN sedang menyusun <i>Basic Design</i> (di PTKRN) → E (<i>Engineering</i>), selanjutnya akan didetailkan dan dibangun dengan cara di "kontrakkan" secara EPC. - <i>Basic design</i> (yang dilakukan di PTKRN) dan LAK untuk Persetujuan Desain/ <i>Design Approval</i> dari BAPETEN. - Dalam dokumen kontrak EPC, <i>basic design</i> dimasukkan ke dalam lampiran (spk. tek EPC). - Isu: BAPPENAS menolak China sebagai calon vendor.	-
2	EPC vs multipackage: - Pekerjaan EPC dilakukan dengan satu main kontraktor (PP 29 tahun 2000) - Engineering: konsep-basic-detail. Ketika detail desain, semua komponen harus sudah terkonfirmasi. - Volume, keberterimaan pekerjaan. - Dibutuhkan 3 komponen utama, yaitu ahli teknik, ahli hukum, dan ahli ekonomi. - 3 hal penting yang harus ada dalam kontrak: Biaya (nilai & pembayaran), waktu (durasi), dan kualitas (spk. Pekerjaan, termasuk	-


	unsur safety).	
3	<p>Kerangka pembiayaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Softloan, G2G, atau DIPA - Isu: China dan Rusia tidak mau mengikuti lelang (<i>no bidding</i>) - Kekayaan intelektual (BATAN) harus diatur juga dalam kontrak 	-
4	<p>Tujuan Kegiatan Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE adalah untuk membuat format dokumen kontrak EPC, yang dapat digunakan dalam kegiatan kontrak EPC RDE nantinya (setelah vendor terpilih).</p>	-
5	<p>Metode yang dapat dilakukan dalam kegiatan ini diantaranya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mempelajari dokumen kontrak EPC PLN (PLTU Tenayan) sebagai panduan - Mencari dokumen kontrak PLTN di negara vendor/IAEA <p>Dalam proyek EPC PLN (PLTU Tenayan), vendor berasal dari China dengan sistem pembiayaan berasal dari pinjaman (satu arah) dan tanpa lelang. Dalam pengajiannya, owner cukup menyediakan konsep desain, selanjutnya mengikuti desain yang sudah ada di suatu negara (vendor) untuk kegiatan basic desain, detail desain, hingga konstruksi.</p>	-
6	<p>Informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PLN komersial memiliki keistimewaan, yakni jika mendapat dana non APBN, proyek dapat langsung dikerjakan. - Peraturan baru LKPP, diberikan suatu insentif (kemudahan) dalam hal pengadaan barang dan jasa untuk penelitian. - Kontrak harus mewadahi (melindungi) kepentingan BATAN, juga terkait pemakaian uang Negara. - Dalam proyek pembangunan Iradiator (PRFN), Manajemen Konstruksi terpisah dengan tim PRFN. - MK dapat ditentukan dengan suatu kesepakatan (<i>agreement</i>) yang terpisah dari kontrak. - SDM yang berasal dari BATAN dapat dimasukkan dalam MK. - MK dan tim pengawas dari BATAN diberi ruang dalam kontrak untuk mengawasi kesesuaian seluruh kegiatan proyek yang berlangsung dengan spektrak (pada tahap fabrikasi, penerimaan, dan instalasi) 	-
7	<p>Kegiatan Tim Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fokus membuat format dokumen kontrak (teknologi dan kerangka pembiayaan diabaikan); ✓ Mengadaptasi dokumen kontrak PLTU Tenayan (fokus pada Buku 1, 2, dan 5) dan mempertimbangkan aturan hukum yang berlaku, serta <i>best practice</i>; ✓ Penyusunan dokumen dalam 2 bahasa (Ind&Eng); ✓ Kegiatan dilakukan dengan: <ul style="list-style-type: none"> - Convert dokumen kontrak PLTU Tenayan 	Tim Penyusunan Draft Dokumen Kontrak EPC RDE

	<ul style="list-style-type: none"> - Editing - Review(perhatikan yang perlu dicermati tiap bab) - <i>Opst</i>: Alibahasa ke Indonesia (tergantung ketersediaan dana) - Review hasil alibahasa - Konsinyering - Cetak November 2017 ✓ Cara pembayaran: <ul style="list-style-type: none"> - Termin pembayaran (hindari istilah <i>turnkey</i>) - atau beri keterangan tambahan jika <i>turnkey</i> dilakukan (berupa footnote) 	
8	<p>Pembagian tugas Convert dokumen kontrak PLTU Teayan ke format Ms. Word:</p> <p>BOOK I (Awal) (ELOK)</p> <p>Part 1 Instruction to Bidder and Addenda Thereto (ELOK)</p> <p>Part 2 General Conditions of Contract and Addenda Thereto (WIKU)</p> <p>Part 3 Special Conditions of Contract and Addenda Thereto (WIKU)</p> <p>Form of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bank Guarantee for Down/Advance Payment (ARIEF) - Bank Guarantee for Progress Payment (ARIEF) <p>Contract Discussion Agreement (CDA) (ARIEF)</p> <p>Tabel-tabel CDA (ARIEF)</p> <p>Lampiran (IMAM)</p> <p>BOOK II</p> <p>Part 4 Technical Requirement and Addenda Thereto (IMAM)</p> <p>Section 4.1 Project Description (IMAM)</p> <p>Section 4.2 Summary of Works (IMAM)</p> <p>Section 4.3 General Technical Requirement</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.3.1 – 4.3.11 (SUFLANA) 4.3.12 – 4.3.18 (HARIS) <p>Section 4.4 General Technical Specifications (HARIS)</p> <p>Section 4.5 Civil Works and Addenda Thereto</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.5.1 (HARIS) 4.5.2 – 4.5.4 (WIDODO) 4.5.5 – 4.5.6 (SANURJ) 4.5.7 – 4.5.8 (RUSTAMA) 4.5.9 – 4.5.10 (KURNIA) <p>BOOK V</p> <p>Part 6 Bid Drawings and Addenda Thereto (KURNIA)</p> <p>(pembagian tugas berdasarkan jumlah halaman)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Harap dikerjakan sesuai dengan pembagian tugas masing-masing. • Pembagian tugas ditetapkan berdasarkan jumlah halaman, dimana jumlah total Buku I, II, dan V yaitu 880 halaman. • Waktu pengerjaan selama =1 bulan (hingga minggu pertama bulan April 2017)

3

9	<p>Resource:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penerjemah tersumpah - Pengetik profesional - Narasumber dari LKPP, PU, PLTN, ESDM 	-
10	<p>Keterkaitan dengan keuangan PKSEN (EPC):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jaminan - Capaian, laporan ketajuan - Cara pembayaran (termin) - Bukti pembayaran 	-


Disetujui oleh :



Elok Satiti Amitayani, MT
NIP. 19800922 200604 2 002

Jakarta, 9 Maret 2017

Notula:



Sufiqa Solihat, ST
NIP. 19901012 201503 2 004

Dokumentasi Rapat



DAFTAR HADIR
ATTENDANCE LIST

Jadul Rapat/Meeting Title : Rapat Koordinasi Awal Pelaksanaan Debt Dis Kontrik EPC RDE
 Tempat/Place : Ruang Rapat Lt. IIIA Kantor Pusat BATAN
 Hari, Tanggal/Day, Date : Selasa, 7 Maret 2017
 Jam/Time : 09.00 s.d.

No	Nama Name	Bidang/Instansi Department/Institution	Waktu Hadir Time of Attendance	Tanda Tangan Signature
1	Sriyuma	PKSEN	09.00	
2	KURNIA A	PKSEN	09.00	
3	Sufiana S.	PKSEN	09.00	
4	Sauwun	PKSEN	09.00	
5	Ariyati Tris Sulistyanti	PKSEN	09.00	
6	Imam B	PKSEN	09.00	
7	Wiku Julus Wiroso	PKSEN	09.00	
8	Rilwanjohi Roko	Teu	09.00	
9	Haris Guntara	BHHC	09.00	
10	Rustama	BPPR	09.15	
11	Elok S A	PKSEN	09.00	

LAMPIRAN 6:

KAJIAN IMPLEMENTASI BAHAN BAKAR THORIUM UNTUK REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL

**KAJIAN IMPLEMENTASI BAHAN BAKAR THORIUM UNTUK
REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE)**

Penanggung Jawab:

Erlan Dewita



**PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLIR (PKSEN)
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL (BATAN)
2017**

DAFTAR ISI

1. Pendahuluan
2. Status terkini teknologi reaktor daya menggunakan bahan bakar thorium
3. Status sumberdaya thorium di Indonesia dan di dunia
4. sifat fisika, kimia dan neutronik bahan bakar thorium serta analisis netronik penggunaan thorium untuk Reaktor Daya
5. Status fasilitas litbang BATAN pendukung riset bahan bakar thorium
6. Analisis Implementasi bahan bakar thorium untuk RDE

ABSTRAK

Kondisi kebutuhan listrik semakin meningkat seiring peningkatan pertumbuhan penduduk, kualitas hidup manusia, dan industri. Kondisi saat ini, kebutuhan listrik beberapa daerah di Indonesia masih belum terpenuhi, sehingga masih sering terjadi pemadaman. Kondisi kecukupan listrik tersebut dapat dilihat dari rasio elektrifikasi, dimana berdasarkan data Tahun 2016 menunjukkan rasio elektrifikasi di Indonesia sekitar 84%, sementara di beberapa wilayah masih rendah, seperti di Papua 39% dan untuk pemenuhan energi masih tergantung pada bahan bakar fosil (minyak, batubara), sehingga jumlah sumberdayanya semakin menipis. Oleh karena itu, pemerintah melalui PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) mengamanatkan untuk meningkatkan porsi Energi Baru Terbarukan (EBT), termasuk energi nuklir, dalam bauran energi nasional. Disamping itu, berdasarkan UU No 17 Tahun 2007 tentang RPJPN dan Perpres 5 tahun 2010 tentang RPJMN 2010-2014, mengamanatkan agar mulai memanfaatkan energi nuklir pada RPJM ke 3 (2015-2019), karena itu, BATAN telah melakukan berbagai upaya untuk memenuhi amanat tersebut sesuai kewenangannya sebagai lembaga Litbang di bidang energi nuklir. Berdasarkan PP No.2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir menyebutkan bahwa BATAN sebagai lembaga litbang energi nuklir mempunyai kewenangan untuk membangun dan mengoperasikan Reaktor Daya Non Komersial, sehingga BATAN berencana membangun dan mengoperasikan Reaktor Daya Eksperimental (RDE). RDE didesain menggunakan tipe reaktor *High Temperature Gas Cooled Reactor* (HTGR), daya 10 MWth (~ 3 MWe) menggunakan bahan bakar tipe *pebble bed*, kernel UO_2 dengan uranium pengayaan 17%. RDE merupakan proyek sangat strategis sebagai jembatan menuju Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) komersial, sebagai pendorong kemandirian energi nuklir, penguasaan teknologi, manajemen proyek PLTN, dan proliferasi budaya keselamatan nuklir, serta sebagai percontohan yang secara langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Dalam rangka untuk merealisasikan salah satu tujuan RDE sebagai pendorong kemandirian energi nuklir, maka akan dilakukan kajian implementasi thorium untuk bahan bakar RDE. Kajian meliputi beberapa aspek, seperti: aspek ketersediaan sumberdaya thorium, karakteristik thorium (sifat fisika, kimia dan neutronik), analisis neutronik thorium untuk RDE, kinerja bahan bakar thorium untuk RDE, strategi pengelolaan limbah bahan bakar thorium, serta kemungkinan aplikasi untuk kogenerasi. Metodologi yang dilakukan untuk pencapaian output adalah kajian dan perhitungan. Hasil kegiatan diharapkan dapat digunakan sebagai acuan/ masukan terkait penggunaan thorium sebagai bahan bakar RDE sehingga tujuan kemandirian dan ketahanan energi nuklir seperti yang diamanatkan dalam undang-undang Kebijakan energi dapat dicapai.

PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik suatu daerah akan meningkat seiring meningkatnya populasi dan pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan energi menyebutkan bahwa terkait kebutuhan energi, Indonesia masih tergantung pada bahan bakar fosil, karena itu dalam PP No.79 Tahun 2014 tentang kebijakan energi dimana pada sasaran bauran energi akan menurunkan prosentase bahan bakar fosil dan meningkatkan prosentase energi baru terbarukan, seperti: energi air, angin dan nuklir. Namun demikian, konstruksi pembangkit listrik berbasis EBT masih sangat rendah dan belum dapat memenuhi permintaan energi. Karena itu, peran energi nuklir (PLTN) sebagai energi bersih dan beskala besar tidak dapat dihindari kontribusinya dalam peran EBT untuk memasok kebutuhan energi di Indonesia.

Sejak 1 Januari 2015, di dunia terdapat total 437 reaktor nuklir yang beroperasi komersial dan terhubung dengan jaringan dengan kapasitas 377 GWe. Sejumlah 437 unit reaktor tersebut membutuhkan **56 600 tU** setiap tahun. Dengan mempertimbangkan perubahan kebijakan yang diumumkan di beberapa negara dan merevisi rencana pengembangan nuklir, kapasitas nuklir dunia diproyeksikan tumbuh menjadi antara 418 GWe net untuk kasus permintaan rendah dan 683 GWe net untuk kasus permintaan tinggi pada tahun 2035, yang menunjukkan peningkatan berturut-turut 11% dan 81%. Dengan demikian, kebutuhan uranium dunia untuk reaktor tahunan (tidak termasuk bahan bakar oksida campuran-MOX) diproyeksikan akan naik menjadi antara 66.995 tU dan 104.740 tU pada tahun 2035. Sementara, produksi uranium dunia cenderung mengalami penurunan sebesar 4,1% pada tahun 2012, yaitu dari 58.411 tU menjadi **55.975 tU** pada 1 Januari 2015, dan produksi tambang uranium global juga menurun 4% sejak tahun 2013. Oleh karena itu, terlihat bahwa pada tahun 2015, kebutuhan uranium lebih tinggi dibanding dengan uranium yang diproduksi, sehingga pada tahun 2015 terjadi defisit uranium.

Dalam rangka menjaga keamanan/ ketahanan serta kemandirian energi, maka perlu dipertimbangkan penggunaan bahan bakar nuklir alternatif. Dewasa ini, potensi penggunaan thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif banyak mendapatkan perhatian dunia. Hal ini disebabkan beberapa kelebihan yang dimiliki, diantaranya: kelimpahannya di alam 3-4 kali lebih tinggi dibanding uranium, konduktivitas panas dan titik leleh thorium yang tinggi (~ 3300°C), tampang lintang serap neutron dalam reaktor termal lebih tinggi dibanding uranium, ketahanan proliferasi tinggi, selain itu bahan bakar thorium memproduksi unsur-unsur transuranium lebih sedikit, sehingga radioaktivitas limbah yang dihasilkan oleh bahan bakar thorium menjadi lebih rendah. Di beberapa negara di dunia, industri tenaga nuklir mempunyai catatan/ sejarah panjang terkait dengan eksperimen daur bahan bakar thorium. Sejarah penggunaan bahan bakar thorium tersebut terdiri

untuk beberapa konfigurasi reaktor, diantaranya: Reaktor Gas Temperatur Tinggi (HTGR), seperti: AVR di Jerman 1967-1988, THTR di Jerman 1985-1989, Dragon di UK 1966-1973, Peach Bottom di Amerika 1966-1972, Fort St Vrain di US 1976-1989, Reaktor PWR (Pressurized Water Reactors (PWR) seperti: shippingport di US 1977-1982 dan Indian Point 1 di US 1962-1980, serta Reaktor Garam Cair (Molten Salt Reactors – MSR), seperti: MSRE ORNL di US 1964-1969.

Penggunaan bahan bakar thorium (Th-232) sebagai bahan bakar reaktor nuklir, selain memiliki karakteristik yang menguntungkan, yaitu akan menghasilkan MA (aktinida minor) yang lebih sedikit, sehingga radioaktivitas limbah bahan bakar yang dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan dengan bila menggunakan bahan bakar uranium[], penggunaan thorium-232 sebagai bahan bakar juga memiliki beberapa tantangan, dimana akan menghasilkan produk fisi Pa-231 yang bersifat penyerap neutron sehingga berpengaruh terhadap kritikalitas reaktor. Untuk menjaga kritikalitas maka selama reaktor beroperasi keberadaan produk fisi tersebut harus dipindahkan dari dalam teras reaktor, selain itu juga akan terbentuk U-232 yang selalu mengkontaminasi U-233 yang bersifat pengemisi sinar gamma energi tinggi dan berdampak akan menyulitkan dalam penanganan dan reprosesing bahan bakar bekas.

Dalam rangka untuk keamanan dan kemandirian energi nuklir di Indonesia, maka perlu dilakukan kajian implementasi bahan bakar thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif. Indonesia, saat ini berencana membangun Reaktor Daya Eksperimental (RDE) yang salah satu tujuannya adalah untuk eksperimen bahan bakar. Oleh karena itu, dalam rangka untuk mendapatkan data sebagai masukan terkait kinerja bahan bakar thorium, maka perlu dilakukan kajian terhadap implementasi bahan bakar thorium sebagai persiapan apabila bahan bakar thorium di implementasikan sebagai bahan bakar reaktor RDE.

Status Terkini Reaktor Berbahan Bakar Thorium

Hingga saat ini, bahan bakar basis thorium sudah digunakan di beberapa negara, seperti Amerika, Jerman, Jepang, India dan Tiongkok. Menurut [World Nuclear Association](#) terdapat 7 tipe reaktor yang dapat dirancang menggunakan thorium sebagai bahan bakar nuklir, yaitu PHWR, HTR, BWR, PWR, FNR, MSR, LFTR. Lima tipe reaktor yang pertama sudah masuk dalam tahap operasional sedang dua yang terakhir masih konseptual, dan saat ini sedang dalam pengembangan di beberapa negara[3,4,5]. Negara India yang memiliki sumberdaya thorium tinggi juga sedang mengoperasikan dan giat melakukan penelitian dan pengembangan terhadap reaktor berbasis thorium. Sedangkan penerapan bahan bakar basis thorium untuk reaktor HTGR, sudah berlangsung selama pertengahan 1950-an hingga pertengahan 1970-an, (Th, U)O₂ dan (Th, U) C₂ diuji dan digunakan sebagai bahan bakar dalam Reaktor Temperatur Tinggi (HTRs), seperti AVR dan THTR di Jerman, dan Fort St. Vrain di USA[6].

STATUS REAKTOR DENGAN BAHAN BAKAR THORIUM*

Name*	Country*	Type*	Power*	Fuel*	Operation period*
AVR	German	HTGR, Exp. (Pebble Bed Reactor)	15 MW(e)	Th+235U Driver Fuel, Coated fuel particles, Oxide & dicarbides	1967–1988
THTR-300	German	HTGR, Power (Pebble Bed)	300 MW(e)	Th+235U, Driver Fuel, Coated fuel particles, Oxide & dicarbides	1985–1989
Lingen	German	BWR, Irradiation - Testing	60 MW(e)	Test Fuel (Th,Pu)O ₂ pellets	1968-1973
Dragon (OECD-Euratom)	UK (also Sweden, Norway & Switzerland)	HTGR, Exp (Pin-In – Block Design)	20 MWt	Th+235U Driver Fuel, Coated fuel particles, Oxide & Dicarbides	1966–1973
Peach Bottom	USA	HTGR, Exp. (Prismatic Block)	40 MW(e)	Th+235U Driver Fuel, Coated fuel particles, Oxide & dicarbides	1966–1972
Fort St Vrain	USA	HTGR, Power (Prismatic Block)	330 MW(e)	Th+235U Driver Fuel, Coated fuel particles, Dicarbide	1976–1989

LANJUTAN*

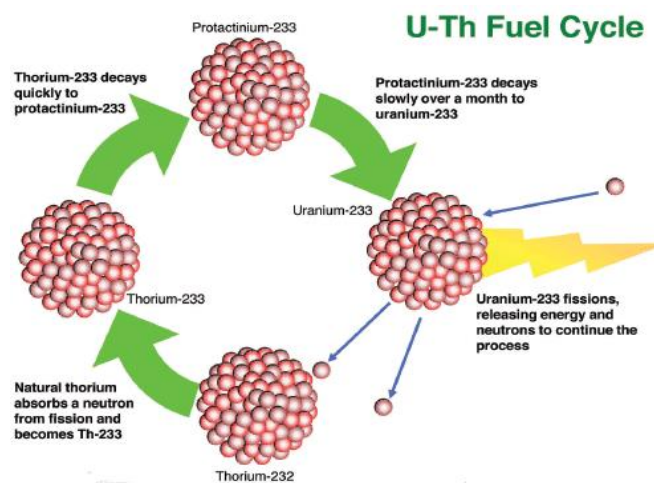
Name*	Country*	Type*	Power*	Fuel*	Operation period*
MSRE ORNL	USA	MSBR	7.5 MWt	²³³ U Molten Fluorides	1964–1969
BORAX-IV&ELK River Station	USA	BWR (Pin Assemblies)	2.4 MW(e); 24 MW(e)	Th+235U Driver Fuel Oxide Pellets	1963 - 1968
Shippingport	USA	LWBR PWR (Pin Assemblies)	100 MW(e)	Th+233U Driver Fuel, Oxide Pellets	1977–1982
Indian Point 1	USA	LWBR PWR (Pin Assemblies)	285 MW(e)	Th+233U Driver Fuel, Oxide Pellets	1962–1980
SUSPOP/ KSTR KEMA	Netherlands	Aqueous Homogenous Suspension (Pin Assemblies)	1 MWt	Th+HEU, Oxide Pellets	1974–1977
NRX&NRU	Canada	MTR (Pin Assemblies)	20MW; 200MW	Th+ ²³⁵ U, Test Fuel	1947 (NRX) + 1957 (NRU); Irradi.-testing of fuel elements

Thorium-232

Thorium merupakan bahan fertil (bahan dapat biak), dimana apabila menyerap neutron maka thorium akan dikonversi menjadi U-233 disertai terbentuknya produk fisi intermediate berupa Protactinium-231 dan produk turunannya berupa unsur thalium yang merupakan pengemisi sinar gamma energi tinggi. Karena itu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, daur bahan bakar thorium merupakan daur bahan bakar nuklir yang menggunakan isotop thorium (Th-232) sebagai bahan fertil. Pemiakan thorium-232 dapat menggunakan reaktor termal atau reaktor cepat, meskipun diawal bahan bakar thorium tersebut membutuhkan bahan fisil (U-235 atau Pu-239) yang digunakan untuk memulai proses pembiakan, karena thorium alam hanya mengandung bahan fisil dalam jumlah yang tidak signifikan yaitu Th-231, sehingga tidak cukup untuk menginisiasi reaksi berantai nuklir. Keuntungan potensial penggunaan daur bahan bakar thorium adalah kelimpahannya di alam 3 sampai 4 kali lebih tinggi dibanding dengan uranium, sifat fisik maupun nuklir yang lebih baik dibanding uranium dimana thorium memiliki titik leleh yang lebih tinggi, konduktivitas panas dan kemampuan menahan gas-gas hasil fisi yang lebih baik, karena itu thorium memberikan margin keselamatan yang lebih tinggi selama reaktor beroperasi. Bahan bakar thorium, juga memiliki ketahanan proliferasi tinggi sehubungan adanya isotop U-232 yang diproduksi dan mengemisikan sinar gamma energi tinggi serta selalu mengkontaminasi isotop U-233, memproduksi aktinida minor dan plutonium dalam jumlah yang lebih sedikit sehingga radioaktivitas limbah yang dihasilkan menjadi lebih kecil. [7] selain itu thorium dioksida (ThO₂) atau thoria dikenal sebagai bahan yang mempunyai kinerja iradiasi yang lebih baik dibanding dengan UO₂. Fitur lain daur thorium yang disukai adalah aktinida minor yang diproduksi lebih rendah dimana aktinida merupakan penyumbang utama radiotoksitas bahan bakar bekas.

Daur thorium juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah bahwa selama daur thorium lebih banyak gas diproduksi setiap proses fisi, seperti: ⁸⁵Kr, ^{131,133,135}Xe, ³H, ³⁵S, ^{125,131}I dan lain-lain. Berdasarkan pengalaman, thorium dioksida dapat menahan lebih banyak gas dibanding uranium dioksida. Isu penting lainnya berkaitan dengan daur ulang, ²³³U yang dihasilkan selalu terkontaminasi dengan ²³²U dan produk turunannya, seperti: ²⁰⁸Tl mengemisikan radiasi gamma dengan energi 2.6 MeV dan waktu paruh pendek. Sebagai akibatnya, radioaktivitas meningkat seiring dengan bertambahnya waktu untuk membiaknya isotop uranium. [8] Pembentukan radionuklida lain dari daur bahan bakar thorium juga akan menyulitkan, karena secara spesifik akan dihasilkan Pa-231, Th-229 dan Th-230 (dengan umur paruh 32.500, 7.900 dan 75.400 tahun) yang memiliki dampak radiologis jangka panjang. Sebagai akibatnya, daur bahan bakar thorium masih membutuhkan pembuatan penyimpanan geologi untuk pengelolaan

produk limbah umur panjang, seperti daur bahan bakar uranium. Saat ini, India merupakan negara yang terdepan untuk industrialisasi daur bahan bakar thorium. Oleh karena Thorium adalah bahan fertil maka untuk penggunaan sebagai bahan bakar reaktor harus disertai bahan fisil uranium pengayaan rendah (LEU), Plutonium (Pu) atau membuat produk antara U-233 terlebih dahulu. Dengan demikian pada tahap awal bahan bakar Thorium harus merupakan campuran dengan LEU atau Pu, dalam bentuk senyawa oksida Thorium (ThO_2) dengan oksida plutonium (PuO_2) atau oksida Thorium dengan oksida Uranium (UO_2) untuk menghasilkan Thorium-MOX (Mixed-oxide). Thorium-232 merupakan isotop dapat biak (fertil). Meskipun, merupakan bahan dapat biak, bila thorium-232 menyerap neutron lambat akan menghasilkan uranium-233 (^{233}U) yang merupakan bahan fisil dengan reaksi sebagai berikut:



Gambar 1. Reaksi thorium dengan neutron

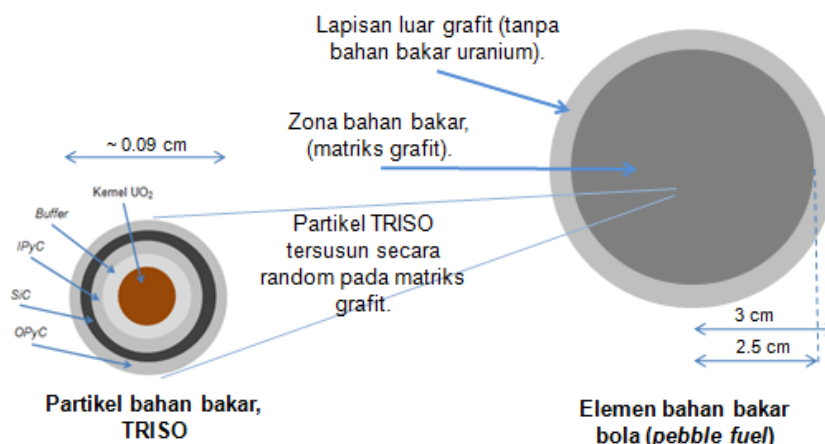
Reaktor berbahan Bakar thorium di Dunia

Industri nuklir memiliki sejarah panjang terkait eksperimen daur bahan bakar thorium dengan menggunakan beberapa konfigurasi reaktor, seperti: *High Temperature Gas Reactor* (HTGR), *Pressurized Water Reactor* (PWR), dan *Molten Salt Reactor* (MSR). Beberapa negara tersebut telah menggunakan thorium dicampur nuklida fisil lainnya sebagai *driver* untuk mendapatkan pengalaman pada perilaku iradiasi bahan bakar tersebut, beberapa contoh diantaranya adalah *High temperature gas cooled reactors* (HTGR) di Jerman dan USA, reaktor air didih (BWR) BORAX-IV dan Elk river *boiling water reactors* (BWR) di USA, reaktor KAMINI di India, dan reaktor pembiak termal jenis PWR yang diberi nama Shippingport di USA. Reaktor pembiak termal ini dioperasikan selama tahun 1977 sampai 1982, dan memproduksi energi listrik 2,5 billion kWh. Uji non-destruktif dari 524 pin bahan bakar bekas dan dengan analisis destruktif terhadap 17 pin bahan bakar bekas menunjukkan bahwa lebih 1,39% bahan fisil masih terkandung dalam bahan bakar bekas, yang menunjukkan bahwa pembiakan memang terjadi pada spektrum

energi panas. Desain reaktor HTGR menggunakan bahan bakar thorium juga telah dilakukan di Oak Ridge National Laboratories pada Tahun 1947. Reaktor berbahan bakar thorium lainnya adalah reaktor THTR-300 di Jerman yang merupakan pembangkit daya komersial pertama dan beroperasi dengan bahan bakar thorium. Reaktor THTR-300 tersebut merupakan reaktor *pebble bed* bertemperatur tinggi dan pendingin gas helium yang memproduksi listrik dari tahun 1983- 1989. Bahan bakarnya adalah TRISO yang mengandung kernel thorium dicampur dengan matriks grafit. Setiap kernel juga mengandung uranium-235 yang berfungsi sebagai *driver* untuk membiakkan thorium. Kernel dibentuk menjadi bola dengan lapisan terluarnya menggunakan grafit. Reaktor THTR-300 telah menghasilkan daya 300 MW.

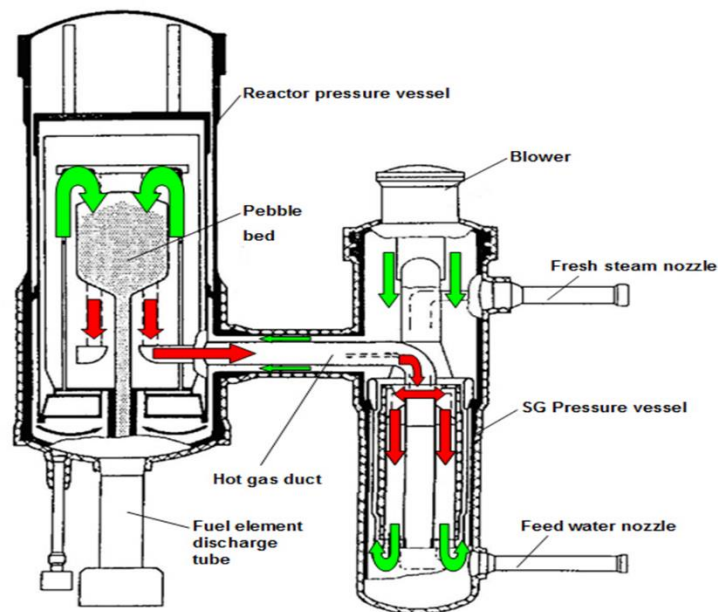
Reaktor Daya Eksperimental (RDE)

Reaktor tipe HTGR merupakan reaktor yang direncanakan akan dibangun sebagai Reaktor Daya Eksperimental (RDE) pertama di Kawasan Puspiptek, Serpong. Reaktor HTGR merupakan reaktor dengan suhu pendingin keluar reaktor tinggi (~ 900°C. Desain reaktor RDE adalah reaktor HTGR dengan bahan bakar tipe bola (*pebble*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, daya termal 10 MWth (~ 3 MWe), bermoderator grafit, menggunakan penggantian bahan bakar secara *online* dengan skema *multipass*, yang artinya elemen bahan bakar lewat melalui teras reaktor beberapa kali sebelum mencapai derajat bakar yang diinginkan. Pendingin primer menggunakan gas helium dan pendingin sekunder menggunakan air. Penggunaan gas helium memiliki beberapa keuntungan karena helium merupakan gas inert dan mempunyai fase tunggal. Skema RDE seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk keperluan daya 10 MWth diperlukan 10.000 bola bahan bakar setiap tahunnya (pemuatan pertama kira-kira 27.000 bola yang terdiri dari 13.000 bola bahan bakar dan sisanya merupakan bola grafit).



Gambar 2. Bahan Bakar tipe bola (Pebble)

Selain sebagai reaktor demo untuk pembangkitan listrik, RDE juga akan menjadi sarana pelatihan/ pembelajaran dalam proyek pembangunan/ pembangunan reaktor daya, sarana untuk riset aplikasi panas proses, dan riset untuk pengembangan bahan bakar PLTN secara mandiri



Gambar 3. Skema Reaktor RDE

Komponen utama dari sistem reaktor terdiri dari Bejana tekan reaktor (Reaktor Pressure Vessel-RPV), steam generator, sebuah Power Conversion Unit (PCU) dan sistem air umpan. Komponen RPV terdiri dari reflektor grafit, carbon thermal shield, metal component, reactor shutdown system dan lain lain. Power conversion unit (PCU) terdiri dari turbin generator unit.

Potensi sumber daya thorium

Thorium merupakan unsur logam tanah jarang yang tidak ditemukan di bumi sebagai unsur bebas melainkan paduan berbentuk senyawa kompleks/ mineral. Sehingga untuk pemanfaatannya, thorium harus dipisahkan terlebih dahulu dari senyawa kompleks/ mineral tersebut. Thorium terdapat pada beberapa mineral tanah jarang-thorium fosfat, seperti monasit yang merupakan senyawa fosfat tanah jarang anhidrat dengan rumus kimia (Ce, La, Nd, Th) PO₄ merupakan mineral dengan kandungan thorium tertinggi

(dalam bentuk thorium dioksida, ThO_2) yaitu rata-rata 6-7%. Recoveri Thorium dari monasit biasanya dilakukan melalui pencucian dengan natrium hidroksida pada temperatur 140°C dilanjutkan dengan proses yang kompleks untuk mengendapkan ThO_2 murni. Monasit juga dapat diperoleh dari konsentrat yang merupakan hasil pengolahan dari endapan timah aluvial bersama dengan zirkon dan xenotim (gambar 1)^[3].



Gambar 1. Mineral kasiterit (SnO_2) dan mineral ikutannya, contoh dari Pulau Bangka, Babel (difoto dari contoh koleksi KPP Konservasi)^[3]

Cadangan thorium dunia terestimasi sekitar 6.355.000 ton^[4]. Terdapat 16 negara yang mempunyai cadangan uranium tinggi, dan berdasarkan data yang diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa India merupakan Negara dengan sumberdaya thorium terbesar dengan jumlah 846.000 ton. Namun demikian, jumlah tersebut berubah-ubah tergantung pada intensifitas kegiatan eksplorasi suatu negara.

Tabel 1. Sumberdaya thorium dunia yang terestimasi

No.	Negara	Jumlah (ton)
1.	India	846.000
2.	Brazil	632.000
3.	Australia	595.000
4.	USA	595.000
5.	Egypt	380.000
6.	Turkey	374.000
7.	Venezuela	300.000
8.	Canada	172.000
9.	Russia	155.000
10.	South Africa	148.000

11.	China	100.000
12.	Norway	87.000
13.	Greenland	86.000
14.	Finland	60.000
15.	Sweden	50.00
16.	Kazakhstan	50.000
17.	Other Countries	1.725.000
	T O T A L	6.355.000

Tidak ada klasifikasi internasional atau standar untuk sumber daya thorium dan sumber daya Th yang diidentifikasi. tidak memiliki arti yang sama dalam hal klasifikasi sebagai sumber daya diidentifikasi U. Source: OECD NEA & IAEA, *Uranium 2014: Resources, Production and Demand* ('Red Book')¹, using the lower figures of any range.

Sedangkan di Indonesia, mineral tanah jarang yang telah diusahakan terdapat di sepanjang jalur timah dan di Kalimantan. Mineral tanah jarang di Kalimantan Barat terdapat berasosiasi dengan cebakan uranium. Zirkon di Kalimantan sebagai mineral ikutan endapan emas aluvial. Pada jalur timah mineral tanah jarang umum dijumpai berupa monasit, xenotim dan zirkon, yang pada pengolahan secara gravitasi, magnetik dan elektrostatik akan terpisah sebagai produk sampingan dari pengolahan timah (Gambar 9). Bangka Barat mempunyai deposit monasit 1,5 milyar ton. Pada neraca Pusat Sumber Daya Geologi, tahun 2007, tercatat sumber daya bijih monasit 185.992 ton. Potensi tersebut terdapat pada daerah-daerah penghasil timah utama meliputi Bangka, Belitung, Kundur dan Kampar. Sedangkan perkembangan akhir-akhir ini dengan kegiatan eksplorasi yang semakin intensif, temuan sumber daya monasit akan meningkat. Selain terdapat sebagai mineral ikutan pada bijih timah dan emas aluvial, mineral tanah jarang terdapat juga bersama dengan bijih uranium. Bijih uranium di Rirang, Kalimantan Barat adalah tipe monasit yang diambil dari lembah Rirang Atas, Tengah dan Bawah.

Resources Map of Radioactive Minerals in Indonesia



- **SPECULATIVE RESOURCES AREA (SRA) IS THE SELECTED AREA BASED ON EXTRAPOLATION OF SECONDARY DATA**
- **INDICATED RESOURCES AREA (IRA) IS SRA COMPLETED BY GEOLOGICAL SYNTHESIS RESULT FROM FIELD STUDY SHOWING POSITIVE INDICATION SUCH AS RADIOMETRY OR GEOCHEMICAL ANOMALY AND INDICATION OF MINERALIZATION**
- **POTENTIAL RESOURCES AREA (PRA) IS IRA COMPLETED BY EXTENTION OF MINERALIZATION BOTH SURFACE AND SUBSURFACE AND EVEN KNOWLEDGE ABOUT RESOURCES ESTIMATION**

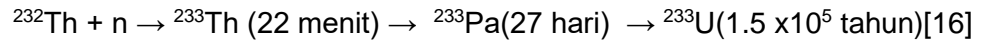
Kandungan unsur dalam bijih Rirang mempunyai nilai ekonomi cukup potensial yaitu uranium (U) 8528,75 ppm, unsur tanah jarang (UTJO3) 60,85 %, fosfat (PO4) 32,84 % dan thorium (Th) 861,5 ppm (Erni dkk., 2004).

Potensi sumberdaya thorium lainnya juga terdapat di daerah Mamuju, Sulawesi Barat [13]. Daerah Mamuju merupakan daerah eksplorasi baru yang cukup menarik, karena memiliki kadar Th dan U yang cukup tinggi. Kadar Th dan U yang tinggi dalam batuan terdapat di sebaran batuan vulkanik Adang. Kadar thorium yang terdapat di dalam batuan mencapai 9.541 ppm [13]. Akumulasi thorium di daerah ini terkait dengan proses vulkanisme batuan alkalin basal, alterasi hidrothermal, pengkayaan supergen dan lateritisasi [14].

Sifat fisika, Kimia dan Neutronik bahan bakar thorium serta

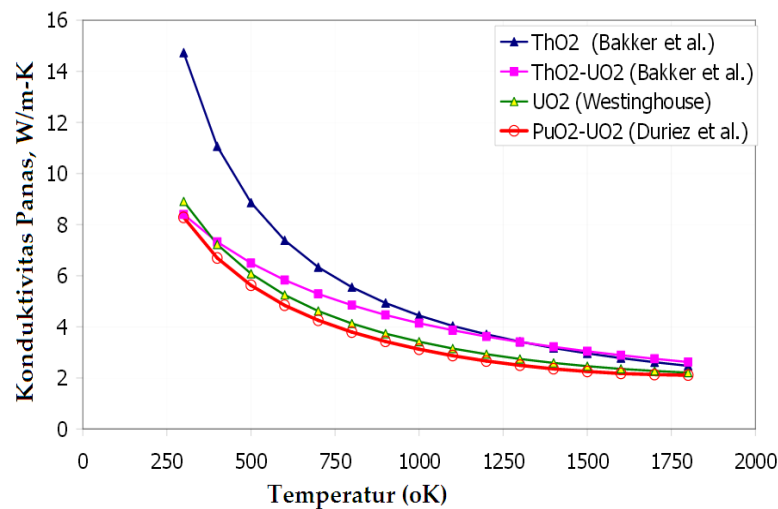
Sifat Fisika Thorium

Thorium merupakan logam bersifat ulet dan berwarna putih keperakan, sifat kekuatan rendah dan tahan secara kimia. Thorium alam mengandung isotop ^{232}Th , yang merupakan pengemisi sinar alpha dengan waktu paruh 1.4×10^{10} tahun. Meskipun bukan merupakan bahan fisil, thorium juga dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam reaktor nuklir. Dalam reaktor, isotop ^{232}Th akan mengkonversi menjadi ^{233}U melalui penangkapan neutron yang diikuti dengan 2 kali peluruhan beta oleh ^{233}Th dan ^{233}Pa . Isotop ^{233}U yang diproduksi dapat digunakan secara *in-situ* atau direprosesing, yaitu secara kimia dipisahkan dari thorium dan didaur ulang menjadi bahan bakar baru, dengan reaksi sebagai berikut:



^{233}U diproduksi dalam reaktor melalui penangkapan neutron oleh ^{232}Th , diikuti dengan 2 kali peluruhan beta oleh ^{233}Th dan ^{233}Pa . Isotop ^{233}U yang diproduksi dapat digunakan secara *in-situ* atau direprosesing, yaitu secara kimia dipisahkan dari thorium dan di daur ulang menjadi bahan bakar baru.

Thorium dioksida (ThO_2) lebih stabil dan mempunyai ketahanan radiasi yang lebih tinggi dibanding uranium dioksida (UO_2). Temperatur lelehnya sekitar 3300°C , sehingga dapat digunakan untuk temperatur operasi dan derajat bakar yang lebih tinggi. Konduktivitas panas ThO_2 relatif lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. terlihat bahwa bahan bakar dengan konduktivitas panas tertinggi adalah ThO_2 , diikuti dengan bahan bakar campuran $\text{ThO}_2\text{-UO}_2$, UO_2 dan $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$. Konduktivitas panas tersebut menurun dengan semakin meningkatnya temperatur.



Thorium juga mempunyai beberapa sifat-sifat fisik yang lebih unggul dibanding uranium:

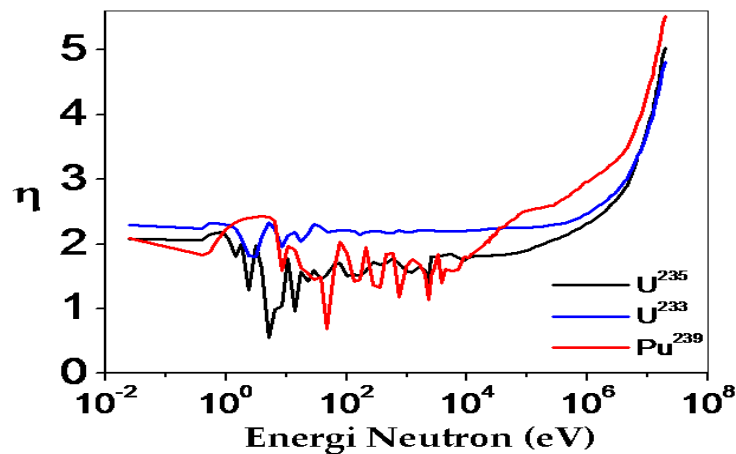
- Titik leleh tinggi (3.300°C) sehingga dapat digunakan untuk temperatur operasi dan derajat bakar yang lebih tinggi.
- Konduktivitas panas ThO_2 relatif lebih tinggi, dan thorium dalam bentuk oksida (ThO_2) lebih stabil dan mempunyai ketahanan radiasi yang lebih tinggi dibanding uranium dioksida (UO_2).

Ditinjau dari kinerjanya, bahan bakar basis thorium menawarkan margin keselamatan operasional dan toleransi kecelakaan yang lebih tinggi karena berbagai sifat yang menguntungkan, seperti: titik leleh yang sangat tinggi (3300°C), tidak mudah teroksidasi, konduktivitas termal tinggi dan memiliki kemampuan tinggi untuk mempertahankan produk fisi dalam kisi Kristal.

Sifat Neutronik Thorium

Sifat neutronik thorium sebagai bahan bakar nuklir mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Thorium-232 mempunyai tampang lintang serap neutron termal lebih tinggi (7.4 barns), dibanding U-238 (2.7 barns), sehingga konversi Th-232 menjadi U-233 lebih tinggi dibanding transformasi U-238 menjadi Pu-239. Karena itu, di dalam spektrum neutron termal, thorium merupakan bahan fertil yang lebih baik dari pada uranium.
- Produksi aktinida minor lebih sedikit bila menggunakan $^{232}\text{Th}/^{233}\text{U}$ sebagai bahan bakar. Namun, yang menjadi tantangan adalah adanya Th-232 yang mengemisikan sinar gamma energi tinggi dalam rantai peluruhannya, sehingga dalam melakukan reprocessing U-233 diperlukan *shielding* dalam reprocessing U-233.
- Jumlah rata-rata neutron fisi yang diproduksi per neutron yang diserap dalam bahan bakar, η merupakan jumlah yang penting dalam menentukan potensi membiak dari bahan fertil menjadi fisil. Nilai η dengan variasi energi ditunjukkan pada Gambar 3. [



Gambar 3. Nilai eta sebagai fungsi energi neutron^[6]

Nilai η harus lebih besar dari 2 untuk tujuan pembiakan (*breeding*). Dari Gambar 2 terlihat bahwa nilai η dari ^{233}U hampir semua seragam untuk jangkauan spektrum neutron yaitu lebih besar dari 2. Sedangkan Nilai η dari Pu-239 dibawah 2 untuk spektrum neutron termal dan lebih dari 2 pada energi neutron yang lebih tinggi. Pada dasarnya pembiakan isotop U -233 dari thorium lebih efisien dari pada pembiakan Pu-239 dari uranium.

- ^{232}Th melalui reaksi ($n,2n$) akan menghasilkan ^{231}Th (umur paruh 25.5 jam) yang secara cepat meluruh menjadi ^{231}Pa . Protactinium-233 terbentuk dari tangkapan neutron oleh isotop ^{232}Th . Selanjutnya isotop tersebut meluruh uranium-233 atau menangkap neutron lainnya dan mengkonversi menjadi uranium-234 yang bukan merupakan bahan fisil. Isotop ^{233}Pa mempunyai waktu paruh yang relatif panjang 27 hari dan tampang lintang tangkapan neutron tinggi sehingga disebut sebagai racun neutron (*neutron poison*).

Status litbang bahan bakar thorium di Indonesia dan dunia

Litbang bahan bakar thorium yang dilakukan dan dikuasai oleh BATAN untuk mendukung ketersediaan thorium sebagai bahan bakar adalah proses ekstraksi thorium dari alam maupun dari limbah tambang timah yang meliputi, teknologi penambangan, pengolahan, dan mengekstraksi bijih thorium-uranium dari alam. Teknologi pemisahan thorium dan uranium skala laboratorium juga telah dikuasai dan diwujudkan dengan pembangunan fasilitas ekstraksi skala pilot di fasilitas nuklir BATAN. Teknologi ekstraksi thorium-uranium dari mineral monasit yang merupakan produk samping tambang timah telah dikuasai. Bekerjasama dengan BUMN penambangan timah, fasilitas ekstraksi dalam skala pilot telah dibangun di Bangka. Selain dari mineral monasit, teknologi pemisahan thorium-uranium dari limbah peleburan timah telah dikuasai dalam skala laboratorium.



• **Gambar 2. PLUTHO Project (Pilot Plant Kapasitas 50 kg monasit/hari)**

Analisis Implementasi Penggunaan Bahan Bakar Thorium Thorium untuk Reaktor RDE

Reaktor RDE merupakan reaktor tipe HTGR dengan daya 10 MWth dan menggunakan bahan bakar uranium bertipe pebble. Berdasarkan data yang ada, menunjukkan bahwa Penggunaan thorium sebagai bahan bakar reaktor HTGR sudah dimulai sejak tahun 60-an, yaitu pada reaktor AVR 15MW(e) (1967-1988) dan THTR-300 MW(e) (1985-1989) yang merupakan reaktor HTGR *pebble bed* (PBR) dari Jerman dan menggunakan

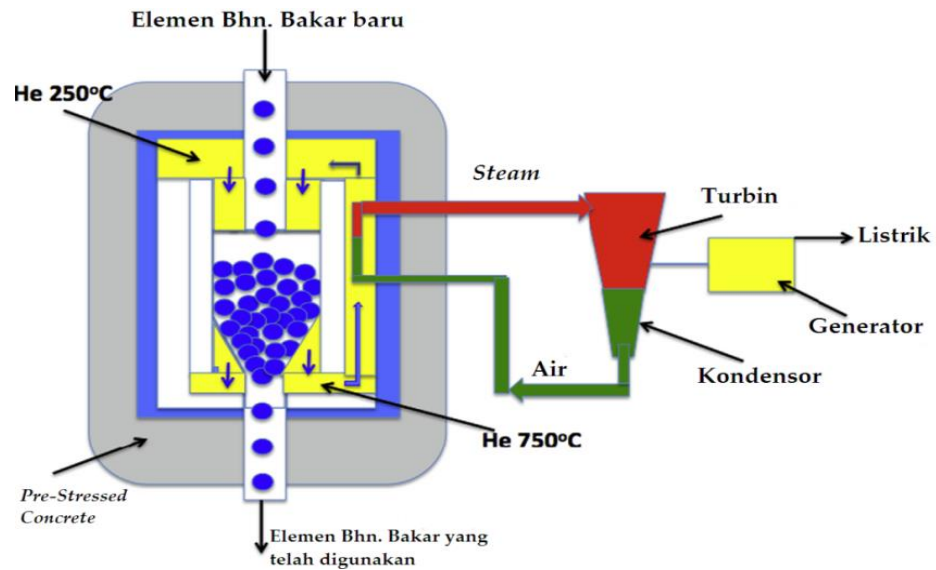
partikel bahan bakar berlapis dengan HEU-thorium oksida dan di karbida, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dimana seluruh bahan bakar tersebut menggunakan HEU sebagai isotop fisil penggerak (*driver*). Bahan bakar basis thorium memiliki beberapa kelebihan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, dimana thorium selain memiliki kelimpahannya tinggi, karakteristiknya sebagai bahan bakar mempunyai banyak keunggulan, seperti: titik leleh dan konduktivitasnya lebih tinggi dibanding ^{235}U dan ^{239}Pu , nilai η (neutron yang produksi/ neutron yang diserap) dan tampang lintang serap neutron termal thorium lebih tinggi (7,4 barn) dan ^{238}U (2,7 barn) sehingga rasio konversi ^{232}Th menjadi ^{233}U lebih tinggi dibanding rasio konversi ^{238}U menjadi ^{239}Pu . Selanjutnya untuk alasan kebutuhan non proliferasi maka HEU diganti dengan uranium pengayaan rendah (LEU: < 20% ^{235}U). Partikel bahan bakar berlapis dari campuran uranium thorium oksida dan dikarbida juga digunakan dalam bentuk blok prismatic untuk HTGR dari USA yaitu Peach Bottom (40 MW(e) (1966-1972) dan Fort St. Vrain (330Mwe) (1976-1989) serta Dragon reaktor HTGR dari UK (1966-1973)^[c]. Pengalaman yang diperoleh beberapa negara dalam menggunakan bahan bakar basis thorium menunjukkan bahwa reaktor dapat beroperasi dengan sukses. Status saat ini, penggunaan thorium juga sukses didemonstrasikan di India dari iradiasi dalam fasilitas riset PHWR Kamini (30 kWt) dan reaktor FBTR (40 MWt).

Reaktor HTGR merupakan reaktor berpendingin helium dan bermoderator grafit yang dirancang memiliki sistem efisiensi tinggi untuk pembangkit listrik dan aplikasi panas proses industri, seperti: produksi hidrogen dan lain-lain. Desain terkini reaktor HTGR memiliki temperatur keluaran pendingin sekitar 900°C dan sedang dikembangkan VHTR dengan temperatur keluaran pendingin 1000°C. Pada reaktor tipe HTGR dikenal 2 tipe teras, yaitu prismatic dan *pebble bed*. Reaktor HTGR teras *pebble bed* mempunyai proses *loading* dan *unloading* bahan bakar secara kontinyu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Bahan bakar yang telah digunakan secara sukses pada reaktor tipe HTGR adalah $(\text{U,Th,Pu})\text{O}_2$, $(\text{U,Th})\text{C}_2$, $(\text{U,Th})\text{O}_2$, UO_2 , dan UCO .^[nn]

Tabel 3. Reaktor berbahan bakar basis thorium sebelumnya

Nama	Daya	Bahan Bakar	Waktu	Jenis	Negara	Pemanfaatan
Angra 1	900MWe ^c	(Th/U)O ₂ , (Th/Pu)O ₂ ^c	1979 ^c	PWR ^c	Brazil ^f	Daya ^f
AVR	15MWe ^b	(Th/HEU)O ₂ ^a	1967-1988 ^b	HTGR ^b	Jerman ^b	Uji ^b
Dragon	20MWh ^b	(Th/HEU)O ₂ 10:1 ^a	1964-1973 ^b	HTGR ^a	UK ^b	Uji ^b
Elk River	22MWe ^a	(Th/HEU)O ₂ ^a	From 1964 ^a	BWR ^a	USA ^f	Daya ^f
Fort St. Vrain	330MWe ^b	(Th/HEU)O ₂ ^a	1976-1989 ^b	HTGR ^b	USA ^b	Daya ^b
Indian Point I	270MWe ^c	(Th/HEU)O ₂ ^c	1962 ^c	PWR ^c	USA ^a	Daya ^f
Kakrapar KAPS	200MWe ^a	(Th)O ₂ ^a	1993/1995 ^a	PHWR ^b	India ^b	Daya ^b
Kamini	30kWh ^b	U ²³³ -Al	1998 ^b	Sumber Neutron ^b	India ^b	Uji ^b
Lingen	60MWe ^b	(Th/Pu)O ₂ ^b	1988 ^b	BWR ^b	Jerman ^b	Daya ^b
Peach Bottom	110MWh ^b 40MWe ^a	(Th/HEU)O ₂ ^a	1967-1974 ^b	HTGR ^b	USA ^b	Uji ^b
Shippingport	60MWe ^a	(Th)U ²³³ -PuO ₂ ^b	1977-1982 ^b	LWBR ^b	USA ^b	Daya ^b
THTR	300MWe ^b	(Th/HEU)O ₂ ^a	1983- 1989 ^b	HTGR ^b	Jerman ^b	Daya ^b
MSRE ORNL	7.5 MWth	U ²³³ molten fluorides	1964-1969	MSR	USA	
SUSPO/IKSTR KEMA	1 MWth	Th+HEU, pellet oksida	1974-1977	Aqueous homogenous suspension	Netherlands	
NRX & NRU	20 MWe; 200 MWe	Th+U ²³⁵ uji bahan bakar	1947 (NRX) + 1957 (NRU)	MTR (pin assemblies)	Canada	Uji iradiasi elemen bahan bakar
FBTR	40 MWth	ThO ₂ blanket	1987; in operation	LMFBR (pin assemblies)	India	

(Grenche, 2010); b. (WNA, 2011); c. (IAEA, 2002)



Gambar 5. Reaktor HTGR tipe *pebble bed*[xx]

Reaktor HTGR *pebble bed* dikenal mempunyai 2 skema sistem penanganan bahan bakar (*fuel handling system*), yaitu skema OTTO (*One Through Then Out*) dan skema *multi pass*. Pada skema OTTO, bola bahan bakar hanya sekali masuk teras reaktor dan hanya bahan bakar segar yang dimasukkan (*loaded*) dalam teras selama reaktor beroperasi hingga target derajat bakar dari bahan bakar dicapai selama periode iradiasi [8]. Skema yang kedua adalah skema *multi-pass* dimana bola bahan bakar dapat beberapa kali lewat melalui teras. Bola bahan bakar yang telah dikeluarkan dari bagian bawah teras mempunyai tingkat derajat bakar yang berbeda-beda. Karena itu, setelah melewati teras, bola bahan bakar

Penggunaan thorium sebagai bahan bakar memerlukan bahan fisil U-235, Pu-239 atau U-233. Namun demikian, penggunaan bahan bakar thorium dengan LEU pada reaktor berspektrum termal, maka bahan bakar akan menghadapi penyerapan parasit neutron oleh U-238 yang dampaknya akan mengganggu kritikalitas reaktor. Oleh karena itu, pengalaman sukses untuk pengoperasian reaktor berbasis thorium adalah pada reaktor spektrum termal menggunakan uranium pengayaan tinggi (HEU) untuk mengantisipasi serapan neutron oleh U-238 tersebut, padahal saat ini Undang-undang internasional melarang penggunaan uranium pengayaan tinggi (HEU) karena adanya risiko proliferasi. Selanjutnya, karena sebagian besar pengalaman penggunaan thorium dalam HTGR difokuskan pada HEU (Dahlberg et al., 1974; Teuchertand Rütten, 1975; Bäumer et al., 1990), unjuk kerja neutronik thorium dengan LEU belum dipahami dengan baik untuk reaktor HTGR. Penggunaan bahan bakar basis thorium dengan uranium pengayaan rendah masih memerlukan penelitian dan kesiapan teknologi.

Tabel 2. Kelebihan Bahan Bakar Thorium dibanding Uranium

Aspek	Analisis	
	Bahan bakar basis Thorium	Bahan bakar Uranium
Kelimpahan	Kelimpahan 3-4 kali lebih tinggi dari Uranium, karena itu dapat menutupi jumlah sumberdaya U dan menjamin keberlanjutan jangka panjang dalam era permintaan energi bersih yang meningkat.[2]	
Tampang lintang serap neutron termal	Tampang lintang serap neutron termal thorium (Th) adalah sekitar 3 kali lebih tinggi yaitu 7.4 barn dibanding uranium-238. Selain itu, Th memiliki rasio konversi lebih tinggi (konversi menjadi ^{233}U) dibanding dengan ^{238}U (konversi menjadi ^{239}Pu), karena itu Th memiliki potensi digunakan sebagai bahan bakar fertil. Hal ini juga berarti bahwa lebih banyak jumlah neutron yang digunakan untuk mengkonversi ^{232}Th .	2.7 barn
Nilai η (eta): jumlah neutron yang dihasilkan/ proses fisi dalam spektrum neutron termal	^{233}U memiliki nilai η lebih tinggi yaitu 2.29 dibanding ^{235}U dan ^{239}Pu . Isotop ^{233}U memiliki nilai η lebih tinggi dibanding ^{235}U (2,05) dan ^{239}Pu (1.80)	η (U-235) 2.05
Titik leleh	Titik leleh tinggi (3300°C), sehingga dapat digunakan untuk reaktor dengan temperatur operasi tinggi. Namun demikian, tingginya titik leleh akan menaikkan temperatur blister dalam fabrikasi bahan bakar.	2800°C
Konduktivitas panas	5 W/m-K, lebih tinggi dibanding bahan bakar basis U, sehingga stabilitas termal lebih tinggi	3 W/mK
Kestabilan terhadap radiasi		
Ketahanan proliferasi	BB Thorium-HEU menunjukkan karakteristik ketahanan proliferasi yang sangat tinggi, sebab tidak memproduksi Pu dan memproduksi isotop U-233 yang bersifat pengemisi gamma kuat yang dapat mempersulit pembuatan senjata nuklir, sehingga Bhn Bakar basis Th menunjukkan ketahanan proliferasi tinggi.	Ketahanan proliferasi lebih tinggi dibanding bahan bakar berbasis thorium, sebab penggunaan LEU menyebabkan plutonium yang dihasilkan lebih tinggi.
Proses olah ulang	Salah satu produk antara pada konversi ^{232}Th - ^{233}U adalah ^{232}U yang merupakan isotop pengemisi gamma kuat (2-2,26 Mev). Adanya isotop ini menyebabkan dibutuhkan teknik penanganan fabrikasi bahan bakar jarak jauh agar terlindung dari lingkungan radiasi gamma energi tinggi. Hal ini membuat proses lebih rumit dan mahal.	
Radiotoksitas bahan bakar bekas	Radiotoksitas rata-rata bahan bakar bekas dari daur bahan bakar thorium-HEU dengan reprosesing lebih rendah dari pada radiotoksitas daur bahan bakar U/Pu standar dengan bahan bakar UO_2 diperkaya 3.25% . Namun, radiotoksitas daur thorium meningkat setelah 1000 tahun dan melampaui radiotoksitas daur uranium setelah 11,000 tahun.[1]	

diukur tingkat derajat bakarnya dan dimasukkan kembali ke bagian atas teras untuk siklus iradiasi berikutnya, jika derajat bakar lebih rendah dari target yang diinginkan. Sementara yang lainnya dimasukkan dalam tangki bahan bakar bekas. Skema *multi pass* ini lebih rumit baik dari sisi sistem penanganan bahan bakarnya maupun perhitungan. Dewasa ini, PBRs, seperti: 400 MWt *pebble bed modular reactor* (PBMR) di Afrika Selatan dan *small high temperature reactor* (HTR-10) di Tiongkok beroperasi menggunakan skema *multi-pass*. Skema OTTO merupakan opsi alternatif dan merupakan skema paling sederhana

karena tidak memerlukan mekanisme penggantian bahan bakar (*refueling*). Namun demikian, masalah terbesar dari skema OTTO adalah peak daya tinggi pada bagian atas teras membuatnya tidak praktis digunakan untuk reaktor berukuran besar atau medium. Hal ini disebabkan bola bahan bakar segar (*fresh*) terkonsentrasi pada bagian atas teras, sementara bola bahan bakar yang telah diiradiasi terkonsentrasi pada bagian bawah teras. Dalam desain teras 500 MWth sebelumnya dengan OTTO *refueling*, *power peaking factor* adalah 3.62 pada bagian atas teras. *Power peaking factor* berkurang menjadi 2.08 dengan menerapkan skema *multi-pass refueling*, dimana setiap bola bahan bakar lewat melalui teras sebanyak 4 kali^[9].

Bahan bakar basis thorium memiliki beberapa kelebihan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, dimana thorium selain memiliki kelimpahannya tinggi, karakteristiknya sebagai bahan bakar mempunyai banyak keunggulan, seperti: titik leleh dan konduktivitasnya lebih tinggi dibanding ^{235}U dan ^{239}Pu , nilai η (neutron yang produksi/neutron yang diserap) dan tampang lintang serap neutron termal thorium lebih tinggi (7,4 barn) dan ^{238}U (2,7 barn) sehingga rasio konversi ^{232}Th menjadi ^{233}U lebih tinggi dibanding rasio konversi ^{238}U menjadi ^{239}Pu .

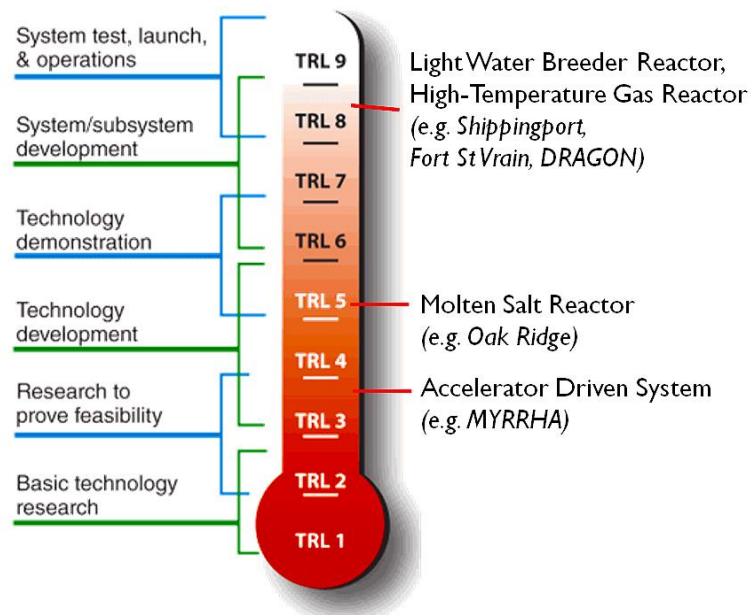
Salah satu tantangan dalam konversi ^{232}Th - ^{233}U adalah terbentuknya dua isotop protactinium utama, ^{233}Pa dan ^{231}Pa . Isotop ^{233}Pa mempunyai waktu paruh 27 hari dan mempunyai tampang lintang serap neutron tinggi (disebut "neutron poison"), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dimana mempunyai tampang lintang serap neutron termal yang besar (201.7 b), yaitu sekitar satu atau dua tingkat lebih besar dibanding ^{232}Th (7.4 b) dan ^{238}U (2.7 b). Setelah menyerap 2 neutron termal, ^{233}Pa ditransmutasi menjadi isotop fisil U-233. Karena itu, ^{233}Pa mempunyai potensi untuk digunakan sebagai racun dapat bakar (*burnable poison-BP*) pada tahap awal dan bahan bakar fertil dalam tahap derajat bakar selanjutnya. Rasio konversi ^{231}Pa juga meningkat ketika menggunakan bahan bakar ^{233}U - ^{232}Th karena faktor η nya yang besar. Kedua isotop tersebut tidak diinginkan dan biasanya dipindahkan, karena menambah kompleksitas pada desain reaktor dan operasi.

TINGKAT KESIAPAN TEKNOLOGI (*TECHNOLOGY READINESS LEVEL*)

Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL) adalah indikator yang menunjukkan seberapa siap atau matang suatu teknologi dapat diterapkan dan diadopsi oleh pengguna/calon pengguna. Tingkat kesiapan teknologi juga sering disebut teknometer ataupun dalam bahasa Inggris disebut *Technology Readiness Level* (TRL). Terkait dengan TRL untuk siklus bahan bakar thorium, UK National Nuclear Laboratory (NNL) telah menilai Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL) tersebut. Untuk semua pilihan sistem banyak yang masih memerlukan penelitian untuk mendapatkan pengetahuan dasar dan pemahaman.[22]

- Pengolahan Thorium dan pengelolaan limbah yang kurang dipahami.
- Siklus bahan bakar thorium tidak dapat dianggap matang (*mature*).
- Reprosesing thorium dan manajemen limbah belum dipahami dengan baik.
- Daur bahan bakar thorium belum dapat dipertimbangkan dengan matang di hampir setiap tahapannya.

Namun demikian, laporan UK *National Nuclear Laboratory* berpendapat bahwa secara teoritis thorium memiliki keuntungan terkait keberlanjutan (*sustainability*), berkurangnya radiotoksitas dan risiko persenjataan nuklir (*proliferation risk*). Namun demikian, World Nuclear Association (WNA) mencatat bahwa komersialisasi bahan bakar thorium menghadapi beberapa rintangan yang signifikan dalam hal keekonomi untuk pekerjaan pembangunan yang diperlukan. Banyak pengujian, analisis, lisensi dan kerja kualifikasi yang diperlukan sebelum bahan bakar thorium dapat digunakan yang memerlukan biaya mahal dan tidak akan terwujud tanpa dukungan pemerintah. Hambatan lain untuk pengembangan siklus bahan bakar thorium adalah biaya yang lebih tinggi dari fabrikasi bahan bakar dan biaya pengolahan untuk menghasilkan bahan fisil plutonium atau U-233.



Tingginya biaya fabrikasi bahan bakar (untuk bahan bakar padat) adalah karena tingginya tingkat radioaktivitas U-233 yang terbentuk karena isotop U-233 yang terpisah selalu terkontaminasi dengan isotop U-232 yang mengemisikan gamma energi tinggi. Meskipun ini menguntungkan dari sisi proliferasi namun akan menghasilkan peningkatan biaya. Karena itu, untuk mengembangkan desain reaktor thorium baru, memerlukan waktu setidaknya 30 tahun.

Salah satu atraksi utama dari siklus bahan bakar thorium adalah pengurangan generasi plutonium dan elemen transuranic lainnya dibandingkan dengan siklus uranium. Namun, kerugian dari siklus bahan bakar thorium juga harus dipertimbangkan:

- Uranium-233 yang diproduksi dalam siklus bahan bakar thorium adalah fisil, dan karena itu bisa digunakan dalam senjata nuklir (walaupun ada masalah praktis dengan penanganan yang membuatnya kurang menarik dibandingkan uranium-235 atau plutonium-239). U-233 adalah tunduk pada kontrol IAEA sama dengan senjata-useable lainnya material; dan
- Setiap awal "driver", selain sistem akselerator didorong, juga fisil dan akan perlu pengamanan di tempat untuk mencegah pengalihan seperti "driver" untuk program senjata

Catatan:

Panjang maksimal 250-300 kata. Beri penjelasan singkat tentang :

- latar belakang masalah,
- relevansi permasalahan tsb dengan prioritas kegiatan BATAN/Unit Kerja,
- urgensi pencapaian output untuk mengatasi masalah,
- metodologi pencapaian output dan

(v) outcome/impact yang diperoleh dari output yang dihasilkan



LAMPIRAN 7:

PROSIDING SEMINAR TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR 2017

(SENTEN 2017)

UNHAS, 12 - 13 Oktober, 2017

- *dokumen terpisah* -