

REAKTOR MPR-30, DISKRIPSI SINGKAT TENTANG REAKTOR
BERSERTA FASILITAS PENUNJANGNYA

Hudi Hastowo

Badan Tenaga Atom Nasional

PENDAHULUAN

Reaktor MPR-30 yang saat ini dalam penyelesaian direncanakan dapat dikritisikan pada pertengahan 1987. Diharapkan pada awal 1988 reaktor tersebut sudah dapat dioperasikan secara rutin pada daya 30 Mw. Reaktor ini merupakan reaktor jenis kolam (swimming pool reactor) mempunyai elemen bakar jenis MIR dari U_3O_8 dengan perkayaan U-235 kurang dari 20%. Untuk pengendalian dan shut down digunakan penyerap neutron jenis AgInCd. Kolam reaktor terletak di dalam gedung reaktor, berukuran 38,4 x 38,4 m², tinggi 36,5 m dan fondasi sedalam 11,5 m. Gedung ini merupakan sentral dari beberapa bangunan lain dalam kompleks Reaktor.

Reaktor MPR-30 didisain untuk dapat digunakan sebagai fasilitas irradiasi untuk pembuatan radioisotop, testing elemen bakar dan komponen reaktor, dan eksperimen menggunakan beam tube. Untuk itu maka reaktor ini direncanakan untuk beroperasi dengan siklus selama 25 hari daya penuh (full power day) dan waktu untuk penggantian elemen bakar dan perawatan yang diperkirakan selama 4 hari. Pada fasilitas irradiasi diharapkan akan dapat diperoleh fluks neutron termal sebesar 2×10^{14} n/cm² detik.

Di sekeliling teras terdapat enam buah beam tube, dua buah diantaranya (S-2 dan S-6) merupakan beam tube tangensial. Salah satu beam tube (S-1) akan digunakan untuk sarana produksi isotop I-125 sedangkan beam-tube lainnya akan digunakan untuk eksperimen hamburan neutron, difraksi neutron, dan lain-lain.

DESKRIPSI REAKTOR DAN SISTEM PENUNJANG

Teras reaktor terletak di dalam tangki reaktor yang terbuat dari AlMg2 setebal 10mm dengan garis tengah 5m dan kedalaman 13m. Tangki reaktor dihubungkan oleh suatu pintu pemisah dengan kolam penyimpanan elemen bakar bekas yang mempunyai ukuran sebesar 5,70 x 5 x 6 m³. Periksa gambar 1. Reaktor didisain dengan

prinsip bahwa untuk segala keadaan, reaktor selalu dapat di "shut down" dan dipertahankan subkritis, panas hasil belahan dapat dibuang dan zat radioaktif yang timbul dapat dilingkungan di dalam gedung reaktor.

Prinsip keselamatan di atas diimplementasikan secara integral dalam sistem pendingin, sistem ventilasi, sistem instrumentasi kontrol dan sistem keselamatan reaktor itu sendiri.

2.1. Sistem Pendingin Reaktor.

Panas yang dibangkitkan dari elemen bakar dipindahkan secara konveksi paksa ke air pendingin yang mengalir melalui teras.

Untuk mengurangi aktivitas dari radionuklida N-16 yang timbul pada air selama melewati teras, maka air pendingin dilewatkan tangki penunda, yang memperpanjang waktu tempuh aliran air di dalamnya sampai sekitar 7 kali waktu paruhnya. Dari tangki penunda air pendingin masuk ke valve chamber, kemudian sampai ke pompa yang memungkinkan air ini mengalir sampai ke alat penukar dan kembali lagi ke dalam kolam reaktor.

Di dalam panas ini, panas dipindahkan ke pendingin sekunder yang akhirnya akan dibuang ke lingkungan melalui menara pendingin. Diagram pendingin reaktor ditunjukkan dalam gambar 2. Untuk mengurangi jumlah radionuklida yang terlepas dari tangki reaktor maka aliran pendingin di dalam teras dibuat menuju arah ke bawah, disamping itu pada permukaan kolam reaktor terdapat lapisan air hangat (warm water layer). Lapisan air hangat dengan tebal sekitar 1 m dan mempunyai suhu sebesar 5° C suhu ini sekitar 5° C di atas suhu rata-rata pendingin di dalam tangki.

Untuk menjaga kemurnian air tangki disediakan tiga buah sistem pemurnian air dengan cara pertukaran ion, yang masing-masing melayani sistem, sistem lapisan air hangat dan air kolam menyimpan elemen bakar bekas.

2.2. Sistem Ventilasi

Fungsi utama sistem ventilasi untuk mengatur agar tekanan udara di dalam gedung lebih rendah dari tekanan udara luar, menjaga kondisi udara di dalam ruangan dan mengurangi pelepasan radio nuklida ke luar gedung. Untuk menjaga agar tidak terjadi meluasnya kontaminasi maka untuk ruang dengan potensi kontaminasi udara lebih besar akan mempunyai tekanan udara lebih rendah.

Sistem ventilasi dilengkapi dengan sistem suplai udara segar, sistem pendingin, berbagai jenis filter, blower, instrumentasi kontrol dan pengukur. Seluruh udara buang dari gedung reaktor telah dilewatkan berbagai jenis filter dan diukur aktivitasnya sebelum dikeluarkan ke lingkungan.

Sistem ventilasi dibagi menjadi empat kelompok yaitu :

- a. Ventilasi yang melayani ruangan dengan radiasi menengah, (intermediate radiation zone)
- b. ventilasi untuk ruang dengan radiasi rendah (low radiation zone) misalnya ruang kontrol, ruang baterai komputer, dll.
- c. Ventilasi untuk gedung bantu (auxiliary building)
- d. Ventilasi gedung diesel dan ruang kendali darurat.

Dari empat kelompok di atas, sistem ventilasi daerah radiasi menengah yang paling penting. Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, gambar 3 menunjukkan diagram dari sistem tersebut.

2.3. Sistem instrumentasi dan kontrol.

Sistem instrumentasi dan kontrol reaktor terdiri dari beberapa bagian, yaitu : sistem proteksi reaktor (reactor protection) system), instrumentasi proteksi radiasi, instrumentasi sistem samping, (proses ventilasi, listrik) instrumentasi seismik dan instrumentasi penunjang eksperimen.

Sistem proteksi reaktor (RPS) berfungsi untuk memantau dan memproses semua variabel input yang penting untuk keselamatan reaktor. Sistem ini mendeteksi adanya parameter yang menyimpang dan secara otomatis melakukan trip agar reaktor terjaga pada kondisi batas keselamatan yang ditentukan. Pemilihan variabel proses yang dipantau, besarnya harga batas dan urutan nalar yang akan memberikan signal trip pada PRS atau tindakan lain dapat dilihat pada gambar 4.

Sistem instrumentasi reaktor dilengkapi dengan suatu proses komputer yaitu suatu sistem proses data yang akan mencatat, menyimpan dan menampilkan

(bila diperlukan) parameter proses pada seluruh sistem yang ada. Komputer ini dioperasikan secara langsung (on line) dengan sistem proses, terdapat pula sebagai unit penampil sehingga dapat menampilkan informasi/variabel proses dalam berbagai bentuk (grafik, chart, dll).

Titik sentral pengendalian dan pemantauan seluruh reaktor dan sistem reaktor selama operasi normal maupun darurat dilakukan dari ruang kendali utama. Pada ruangan ini terdapat berbagai meja kendali, panel kendali maupun penampil. Dalam keadaan tertentu dimana ruangan kendali utama terpaksa harus ditinggalkan, maka masih terdapat ruang kendali darurat, yang terletak di gedung diesel. Dari ruangan ini dapat dilakukan pemantauan dari pengendalian sistem reaktor yang penting.

Instrumentasi seismik digunakan untuk menentukan parameter intensitas dan perioda gelombang apabila terjadi gempa atau tremor. Pengukuran dan pencatatan ini dapat dipakai untuk menentukan apakah dasar disain dari gedung atau komponen sudah dilalui. Instrumen ini tidak dihubungkan dengan RPS.

2.4. Sistem penunjang lainnya.

Reaktor MPR -30 dilengkapi dengan sistem penunjang lainnya seperti listrik, sistem diesel darurat, sistem udara tekan (compressed Air System), sistem penampung radiolimbah, sistem penyedia air bebas mineral (demineralized water), dan lain-lain.

FASILITAS IRRADIASI DAN EKSPERIMEN PADA REAKTOR MPR-30

Fungsi reaktor MPR-30 sebagai suatu reaktor serba guna mengharuskan tersedianya berbagai fasilitas irradiasi dan eksperimen di dalam teras reaktor, maupun disekeliling teras reaktor. Disamping itu diperlukan pula berbagai fasilitas penunjangnya seperti hot cell, sistem rabbit, transfer cask dan sebagainya.

3.1. Fasilitas irradiasi dalam teras reaktor.

Di dalam teras reaktor terdapat 4 buah fasilitas irradiasi dengan ukuran luar 8,05 x 7,81 x 60 cm³ yaitu IP-1 s/d IP-4, dan satu buah fasilitas irradiasi sentral (CIP) dengan ukuran 16,1 x 15,6 x 60 cm³. fluks neutron termal dalam fasilitas irradiasi dalam teras dapat mencapai harga rata-rata 2×10^{14} n/cm² dt. Dua dari fasilitas irradiasi (IP-1 dan IP-2) akan diguna-

kan untuk produksi isotop yaitu irradiasi target Fission Product Molybdenum (FPM) dan pembuatan isotop hasil irradiasi (P-32, S-35, Cr-59, Mn-29, dsb). Dua lainnya IP-3 dan IP-4 akan digunakan untuk program litbang elemen bakar nuklir misalnya : irradiasi plat elemen bakar, fuel pin, dll. Sedangkan fasilitas irradiasi sentral (CIP) akan digunakan untuk irradiasi elemen bakar dalam kondisi yang sesuai dengan keadaan reaktor daya. Untuk itu akan digunakan suatu "in-pile loop". Fasilitas irradiasi dalam teras reaktor dan reflektor dapat dilihat pada gbr.5.

3.2. Fasilitas irradiasi pada elemen reflektor beryllium.

Ada sekitar 14 fasilitas irradiasi pada elemen reflektor Be, lima di antaranya dilengkapi dengan rabbit sistem (RS). Ada dua jenis RS yaitu rabbit transfer sistem dan normal rabbit transfer sistem. Terminal pengirim dan penerima cuplikan pada RS terletak pada isotope cell yang berada pada lantai + 8m gedung reaktor. Beberapa data dari kedua jenis RS dapat ditabelkan seperti berikut :

Parameter	Normal RS	Fast RS
Jumlah	4	1
Kecepatan pindah	0,6 m/dt	10 m/dt
Media pemindahan	air	gas (N ₂ atau CO ₂)
Ukuran cuplikan	0 = 25 mm 1 = 80 mm	bola garis tengah s/d 2 mm
Berat cuplikan	maks. = 70gr	0.01 - 0.05 gram

3.3. Beam tube.

Ada enam buah beam tube, 4 buah radial beam tube (S1, S3, S4 dan S5) dan 2 buah tangensial (S2 dan S6). Satu dari enam beam tube yang ada (S1) akan digunakan sebagai sarana irradiasi gas Xe-124 untuk pembuatan radioisotop I-125. Sedangkan lima lainnya akan dilengkapi dengan peralatan untuk campuran neutron, defraksi neutron, radiografi, dan sebagainya. Satu beam tube radial dengan ukuran terbesar direncanakan akan dilengkapi dengan sumber neutron dingin (cold neutron source) dan pengarah neutron (neutron guide). Dari beam tube ini neutron akan disalurkan ke gedung berkas neutron (neutron beam hall).

3.4. Neutron radiografi

Neutron radiografi digunakan untuk uji tidak merusak khususnya bagi pengelasan batang bahan

bakar (fuel rod). Alat ini dapat pula digunakan untuk pengujian objek yang mengandung hidrogen melalui perbedaan representasi material dan campuran isotop dengan melakukan radiografi senyawa yang mengandung elemen berat seperti timbal, bismuth, uranium, dan sebagainya. Neutron radiografi yang tersedia mempunyai ketajaman geometri sekitar 0,3 mm dan fluks neutron termal pada film sebesar 1.8×10^{10} /cm² detik.

3.5. Fasilitas power Ramp Test

Fasilitas power ramp test (PRIF) digunakan untuk melakukan uji ramp suatu batang elemen bakar dan siklus daya pada kondisi reaktor jenis PWR ataupun PHWR. Data dasar dari PRIF sebagai berikut :

- Daya linear per satuan panjang : maks. 700 watt /cm
- Tekanan : maks. 160 bar
- Suhu operasi : maks. 350° C
- Kecepatan Ramp untuk PWR : 100 w/cm x detik

PRIF terdiri dari beberapa bagian yang meliputi: bagian mekanik yang terdapat di tangki reaktor maupun kolam elemen bakar, sistem pendingin dari test rod; sistem yang diperlukan untuk simulasi kondisi PWR dan PHWR, dan peralatan instrumentasi dan kontrol.

3.6. Hot Cell

Hot cell yang terdapat di dalam ruang reaktor dapat digunakan untuk memanipulasi isotop, pengujian elemen bakar MPR-30, plat elemen bakar maupun hasil irradiasi lainnya dengan menggunakan metoda tidak merusak (NDT).

Selain tersedia perlengkapan standar dari suatu hot cell seperti jendela dengan kaca khusus, manipulator dan sistem ventilasi, hot cell ini dilengkapi pula dengan alat untuk uji dimensi inspeksi visual, gamma scanning, mesing potong, camera, dan sebagainya.

KESELAMATAN REAKTOR MPR-30

Reaktor MPR-30 dengan seluruh sistem penunjangannya didisain dengan prinsip "fail safe". Di samping itu tingkat keselamatan reaktor yang tinggi, diperoleh dengan adanya berbagai faktor berikut :

- a. Adanya ragam keselamatan intrinsik (" Intrinsic Safety Feature ") dalam disain reaktor seperti misalnya : reaktivitas negatif teras terhadap suhu, pengungkungan nuklida hasil belah secara berlapis.

- b. Adanya ragam keselamatan teknik ("Engineering Safety Feature") yang terangkum dalam disain.

Beberapa ragam keselamatan teknik yang terdapat pada dalam sistem penunjang reaktor MPR-30 dapat dilihat pada tabel 1.

- c. Diberlakukannya suatu prosedur administrasi baik selama disain, konstruksi/pembangunan maupun operasi reaktor.

Termasuk di dalam prosedur administrasi adalah perizinan, jaminan kualitas, kualifikasi personil dan sebagainya. Khususnya prosedur administrasi selama operasi reaktor, akan mengatur pelbagai syarat yang harus dipenuhi sebelum melakukan eksperimen reaktor atau operasi reaktor. Prosedur ini juga mengatur perlu organisasi keselamatan yang akan menseleksi dan memberi izin bagi setiap eksperimen baru di dalam teras reaktor.

Selama operasi normal, reaktor akan melepaskan radionuklida dengan jenis dan kuantitas pada masing-masing sistem seperti terlihat pada gambar 6. Hasil ini diperoleh dengan suatu asumsi bahwa nuklida hasil belah berasal dari pembelahan uranium yang terdapat pada bagian luar elemen bakar, sebagai uranium sisa atau kontaminan selama pembuatannya.

DISKUSI

Melihat kemampuan reaktor MPR-30 dengan fasilitas irradiasi dan eksperimennya, maka diharapkan banyak pihak akan banyak memanfaatkan reaktor ini. Pada awal masa operasi reaktor fasilitas irradiasi pada teras (IP) belum dapat dipergunakan seluruhnya karena belum tersedia fasilitas lain seperti in pile loop, kapsul, dll. Demikian pula halnya beam tube baru sebagai an kecil yang akan digunakan. Fasilitas irradiasi di reflektor Be dengan rabbit sistem memberikan pilihan yang baik bagi pemakai reaktor yang akan melakukan analisis pengaktifan neutron.

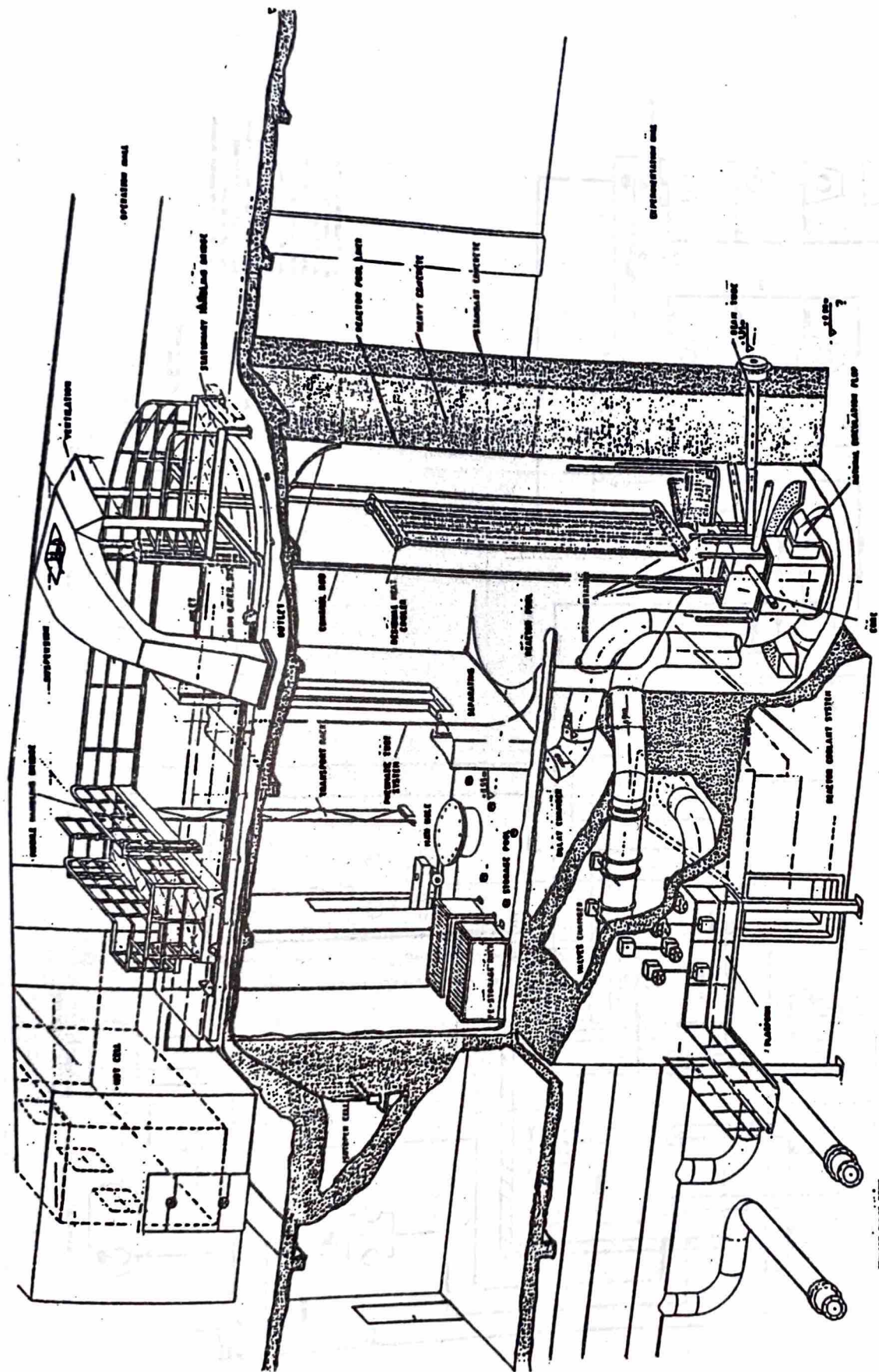
Dengan adanya uraian ini diharapkan para peneliti yang akan menggunakan reaktor mulai saat ini merencanakan percobaan secara lebih terinci. Sehingga pada saat reaktor beroperasi sudah banyak pihak yang menggunakannya dan dicapai suatu efisien penggunaan reaktor yang tinggi.

DAFTAR ACUAN :

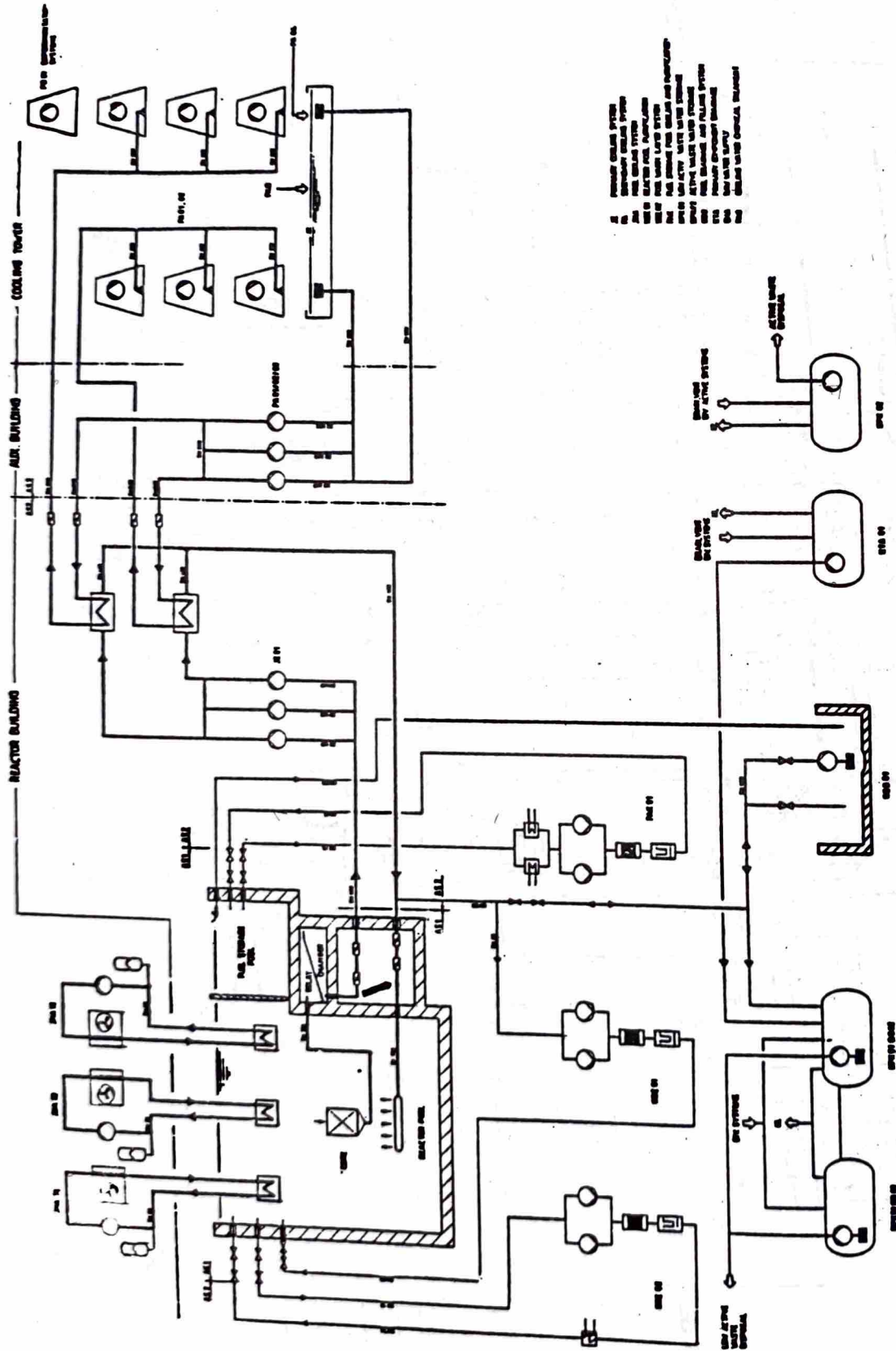
1. MPR-30 SAR revision 6, Badan Tenaga Atom Nasional
2. System Description of the MPR-30 Reactor, Interatom.

Tabel 1 : Ragam Keselamatan Teknik Pada Reaktor MPR-30

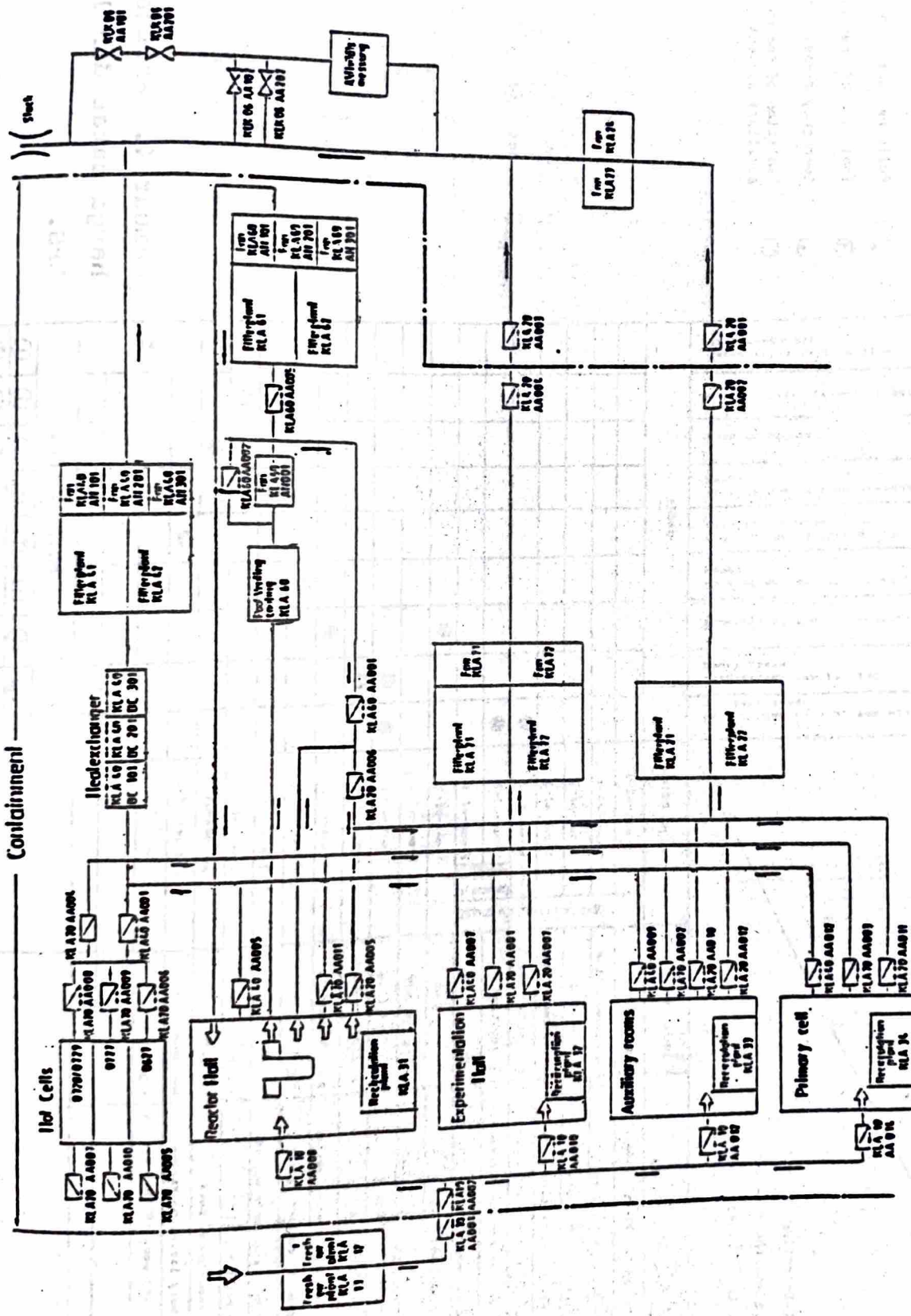
No. Sistem atau komponen	Disain yang direncanakan
1. Sistem batang kendali	-berdasarkan gravitasi, cukup reaktivitas negatif dan tahan gempa.
2. Pool Coaling System	-Redundansi, 3x100% disuplai oleh diesel darurat independen
3. Fly Wheel pada pompa primer	-Aliran primer berkurang 15% setelah telah 40 detik
4. Kontrol penutupan katup sistem primer	-Katup tertutup 92 detik setelah signal diberikan
5. Natural circulation flap	-Terdapat 2 buah redundansi, membuka setelah aliran pendingin berkurang 15%
6. Primary isolation valve	-Menjaga agar air tidak habis terjadi pipa diluar delay chamber pecah.
7. Lapisan kedua pada beam tube	-Menjaga air pendingin tidak habis kalau beam tube rusak.
8. Safety enclosure	-Tekanan negatif dalam gedung, semua release dilewatkan filter gedung leaktight.
9. Penyedia daya darurat	-Redundansi 3 x 100 % masing-masing 480 MVA (AC.) -UPS dengan redundansi 3x100 %, sampai 45 menit.
10. Sistem proteksi reaktor	-redundansi 3, masing-masing independen tahan gempa
11. Instrumentasi Proteksi radiasi dan penantauan kecelakaan	-independent, jangkauan pengukuran overlap, tahan gempa, dapat di test selama operasi
12. Ruang kendali darurat	



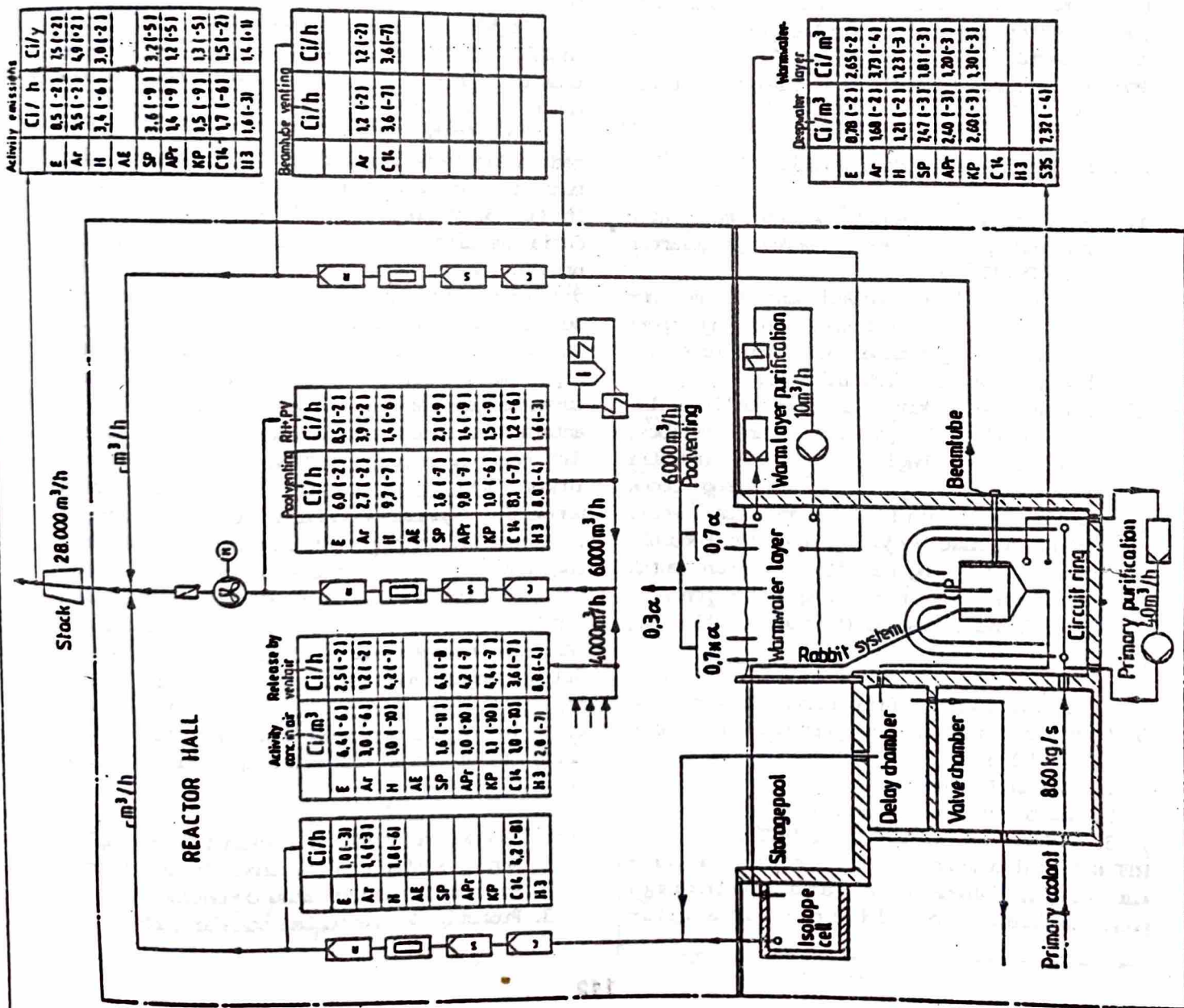
Gambar 1. Potongan tangki, kolam reaktor dan valve chamber.



Gb.2 SISTEM PENDINGIN REAKTOR



SISTIM VENTILASI
 INTERMEDIATE RADIATION ZONE
 Gb.3.



LEGENDE

Fission noble gas	D _f	α
E	1	1
Ar	1	1
H	1	0.1
AE	10 ⁻³	1
SP	10 ⁻²	10 ²
APr	10 ⁻³	10 ²
KP	10 ⁻³	10 ²
Clk	1	1
H3	1	1

Fission noble gas
Argon 41
Halogene (I, Br)
Aerosole
Fission products
Activation products
Corrosion products
Carbon 14
Tritium

LEGENDE
 D_f : Decant factor for filters
 α : Stripping factor

Gambar 6. Emisi radionuklida selama operasi normal.