

OB01

KAJIAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN PLTN TERAPUNG DI INDONESIA**Agus Waluyo¹, Bintoro Aji², Alexander Agung³**^{1,2}*P2STPIBN-BAPETEN*³*Universitas Gadjah Mada*e-mail:a.waluyo@bapeten.go.id**ABSTRAK**

PLTN Terapung mempunyai potensi besar untuk dikembangkan karena mempunyai banyak manfaat dan kegunaan. Salah satu manfaat PLTN Terapung adalah dapat digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik serta desalinasi air laut. PLTN Terapung selain untuk desalinasi juga dapat digunakan sebagai sumber energi untuk eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas yang ada di perairan lepas. PLTN terapung selain memberikan beberapa keuntungan tetapi juga banyak masalah-masalah yang perlu dikaji atau dipelajari. PLTN terapung memiliki karakteristik yang berbeda dengan PLTN yang berbasis di daratan, maka perlu dilakukan kajian terkait dengan keselamatan dan keamanan PLTN terapung. Dari hasil kajian di dapat hasil bahwa dalam pembangunan PLTN Terapung harus mempertimbangkan bahaya internal maupun bahaya eksternal. Penentuan bahaya eksternal maupun internal ini dapat menggunakan metode HAZOP. Bahaya eksternal yang harus dipertimbangkan adalah angin, arus, gelombang, level air, operasional dermaga, hal ini terkait dengan pemilihan tapak dimana PLTN Terapung itu akan dibangun. Sedangkan bahaya internal hampir mirip dengan kecelakaan pada PLTN di daratan tetapi di dalam perhitungan analisis keselamatan harus memperhatikan gerakan kapal karena pengaruh gelombang laut. Sedangkan untuk keamanan PLTN Terapung harus memiliki sistem keamanan yang lebih dibanding dengan PLTN yang ada di darat. Ancaman dapat berasal dari serangan dari udara, dari laut atau dari bawah permukaan laut, baik di tempat operasi PLTN atau saat penyeretan (transportasi PLTN terapung tepi pantai).

Kata kunci: PLTN Terapung, analisis keselamatan, analisis keamanan

ABSTRACT

Floating NPP have great potential to be developed because it has many benefits and advantages. One of the benefits of Floating NPP is that it can be used to supply electrical energy and seawater desalination. Besides for desalinization Floating NPP also can be used as a source of energy for the exploration and exploitation of oil and gas in the sea. Floating NPP in addition to providing several advantages but also have many problems that need to be research or studied. Floating NPP has different characteristics with nuclear power plant on land based, it is necessary to conduct a study related to the safety and security of floating nuclear power plant. The study concludes that in the floating NPP must consider the internal hazards as well as external hazards. External hazards to consider are winds, currents, waves, water levels, dock operations, this is related to the selection of sites where the Floating Plant will be built. While the internal hazard is almost similar to an accident on the nuclear power plant in the landbased but in the calculation of the safety analysis should consider the movement of the ship due to the influence of ocean waves. As for the security NPP must have a security system more than the existing nuclear power plant on landbased. Threats can come from attacks from the air, from the sea or from beneath the surface of the ocean, either in place of nuclear power operations or while towing (floating power plant transportation in the coastal).

Keywords: Floating NPP, Safety analysis security analysis

PENDAHULUAN

Dalam forum ATOMEXPO (Moscow, 2015), Indonesia menunjukkan ketertarikan serius terhadap PLTN Terapung. Hal ini dikarenakan PLTN Terapung ini merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kesulitan pasokan listrik di daerah atau pulau yang terpencil dan juga dapat meningkatkan perekonomian di bidang kemaritiman.

PLTN Terapung mempunyai potensi besar untuk dikembangkan karena mempunyai banyak manfaat dan kegunaan. Salah satu manfaat PLTN Terapung adalah dapat digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik serta desalinasi air laut. Penggunaan PLTN Terapung untuk desalinasi air laut menjadi sangat menarik untuk diterapkan karena menurut IAEA, penggunaan PLTN Terapung sebagai fasilitas desalinasi air laut memiliki beberapa keuntungan di antaranya [1]

1. PLTN terapung dapat dibangun dan diuji di fasilitas bangunan kapal untuk mengurangi biaya.
2. Desain PLTN terapung memenuhi persyaratan non proliferasi karena perbaikan, pengisian ulang bahan bakar reaktor dan pengolahan limbah radioaktif dilakukan di fasilitas khusus yang disediakan oleh pembuat PLTN.
3. PLTN terapung dapat diganti dengan PLTN terapung yang baru dengan tetap menggunakan bangunan dan fasilitas yang telah ada di darat

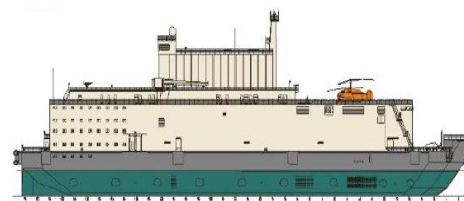
PLTN Terapung selain untuk desalinasi juga dapat digunakan sebagai sumber energi untuk eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas yang ada di perairan lepas.

PLTN terapung selain memberikan beberapa keuntungan tetapi juga banyak masalah-masalah yang perlu dikaji atau dipelajari. PLTN terapung memiliki karakteristik yang berbeda dengan PLTN yang berbasis di daratan, maka perlu dilakukan kajian terkait dengan keselamatan dan keamanan PLTN terapung. Aspek-aspek mengenai desain teknis PLTN terapung, pertimbangan pemilihan tapak, analisis keselamatan dari PLTN terapung serta safeguard dari PLTN terapung perlu dikaji sebagaimana pertimbangan pembangunan PLTN terapung di Indonesia. Makalah ini bertujuan untuk membahas mengenai desain teknis dan juga kajian keselamatan

dan juga keamanan dalam rangka memberikan justifikasi atau pertimbangan terkait dengan pembangunan PLTN Terapung di Indonesia.

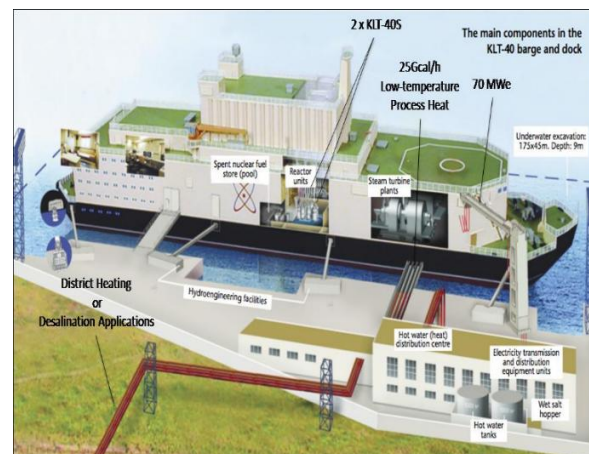
DESAIN TEKNIS PLTN TERAPUNG

Kajian desain teknis PLTN terapung bertujuan memberikan penjelasan teknis tentang prinsip kerja PLTN terapung serta komponen-komponen penting yang terkait. Kajian desain teknis PLTN terapung mengacu kepada PLTN terapung yang dikembangkan oleh Rusia yang menggunakan reaktor nuklir KLT-40s PWR. Gambar 1. Berikut ini menunjukkan ukuran geometris wahana (tongkang) PLTN terapung berbasis reaktor KLT-40s. Sedangkan penempatan PLTN Terapung di galangan kapal dapat dilihat pada Gambar 2.



Tipe Smooth-Deck Non-Self-Propelled Ship	
Panjang, m	140,0
Lebar, m	30,0
Tinggi, m	10,0
draught, m	5,6
Berat kapal dan muatan, ton	21.000
Waktu Beroperasi, tahun	40

Gambar 1 Ukuran dari KLT- 40s PWR [2]



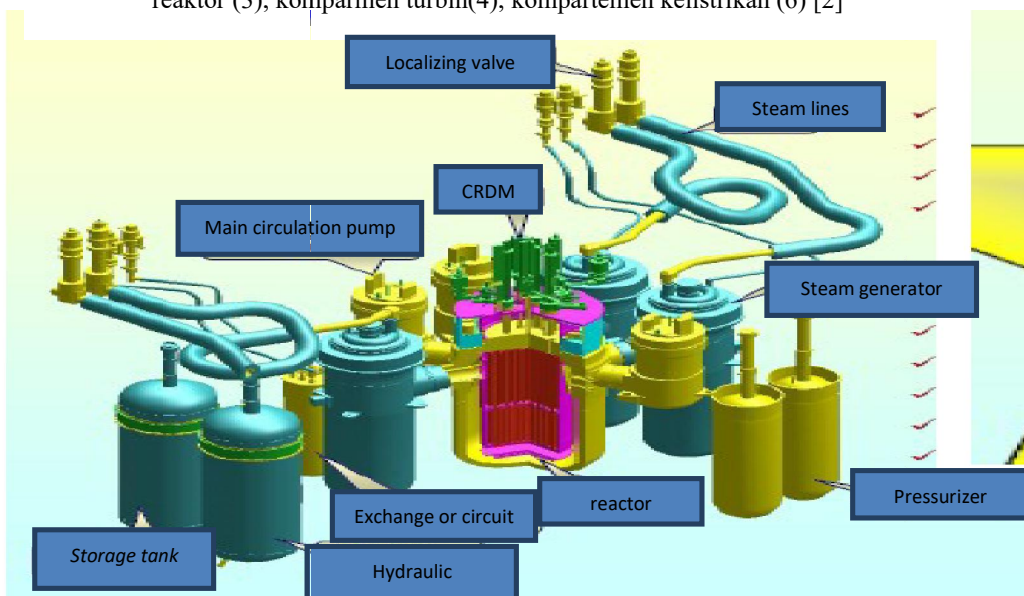
Gambar 2. Penempatan PLTN Terapung dalam galangan kapal

Desain PLTN terapung berbasis KLT-40s pada dasarnya mirip dengan jenis PWR untuk reaktor yang berada di darat. PLTN terapung mempunyai beberapa kompartemen, antara lain kompartemen hunian, ruang kendali utama, kompartemen reaktor, kompartemen turbin, kompartemen kelistrikan. Gambar 3 berikut ini menunjukkan tata letak kompartemen di dalam tongkang PLTN. Untuk sistem primer berada di dalam kompartemen reaktor. Sistem primer terdiri dari bejana reaktor, pembangkit uap (*steam generator*), pompa pendingin primer dan pengatur tekanan (*pressurizer*). Reaktor tipe ini menggunakan pendingin air sebanyak dua siklus.

Pada KLT-40s, pendingin primer dijaga untuk tidak mendidih sekalipun suhu reratanya mencapai 290°C dengan cara diberi tekanan hingga mencapai 127 bar. Air pendingin primer setelah mengambil kalor dari teras reaktor selanjutnya mengalir menuju pembangkit uap (*steam generator*). Gambar 4 berikut ini menunjukkan sistem primer pada KLT-40



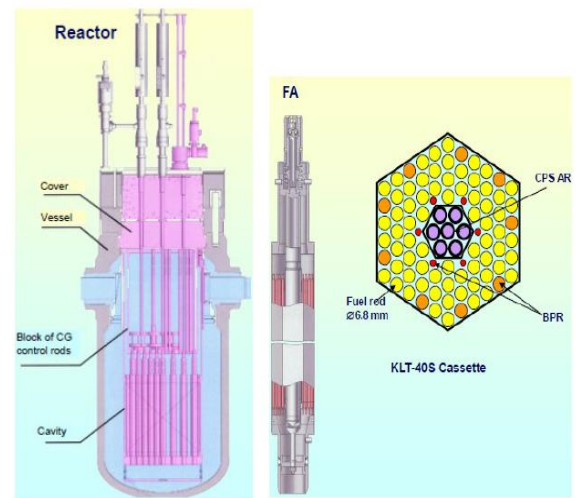
Gambar 4 Tata letak (Layout) kompartemen di dalam tongkang PLTN terapung berbasis KLT-40s yang terdiri dari kompartemen hunian (1), ruang kendali utama (2), kompartemen reaktor (3), kompartemen turbin (4), kompartemen kelistrikan (6) [2]



Gambar 3 Sistem Pendingin PLTN Terapung [3]

Pada pembangkit uap yang berupa alat penukar kalor tipe cangkang tabung (*shell and tube*), air pendingin primer memindahkan panas yang dibawanya ke air siklus kedua yang sering disebut sebagai pendingin sekunder. Pada KLT-40s, pendingin sekunder bertekanan 38,2 bar, yaitu lebih rendah daripada tekanan pendingin primer. Dengan demikian setelah menerima kalor dari air primer, air pendingin sekunder berubah menjadi uap yang suhunya mencapai 240°C. Uap ini selanjutnya digunakan untuk memutar turbin yang selanjutnya turbin memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik.

Untuk komponen teras reaktor, PLTN Terapung yang berbasis KLT-40s memiliki susunan kisi heksagonal. Sisi luar perangkat bahan bakar dilengkapi dengan selubung (*channel shroud*) yang berfungsi untuk mengeliminasi aliran silang (*cross flow*) antar perangkat bahan bakar. Bagian bawah perangkat bahan bakar dilengkapi dengan nosel masukan (*inlet nozzle*) yang berfungsi untuk mengarahkan aliran pendingin sekaligus juga berfungsi sebagaiudukan perangkat bahan bakar pada pelat penyangga teras bagian bawah. Bagian atas perangkat bahan bakar dilengkapi nosel outlet yang sekaligus juga berfungsi sebagaiudukan perangkat bahan bakar pada pelat penyangga teras bagian atas. Bagian atas perangkat bahan bakar juga dilengkapi dengan perpanjangan (*extension*) yang berhubungan dengan sistem pengarah batang kendali. Gambar 4 menunjukkan bejana reaktor untuk KLT-40S dan bagian dalamnya dan Gambar 5. menunjukkan susunan perangkat bahan bakar di dalam teras reaktor KLT-40S.



Gambar 5 Bejana reaktor KLT 40s [3]

Reaktor KLT-40 S mempunyai daya 150 MW. Jumlah perangkat bahan bakar yang berada di teras reaktor adalah 121. Untuk parameter parameter penting reaktor KLT-40s ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter penting reaktor KLT-40s [4, 5]

Parameter	Nilai
Daya (<i>Rated Power</i>) (MW)	150
Jumlah <i>fuel assemblies</i>	121
Diameter (mm)	1.219
Tinggi (mm)	1.300
Kapasitas energi (MWh)	$3,3 \cdot 10^6$
Durasi operasi (hari efisien)	22.000
Diameter batang bakar (mm)	6,2
<i>Rod pitch</i> (mm)	8,35
Area <i>surface transfer</i> kalor (cm^2)	312,5
Jumlah batang bakar pada teras	12.342
Densitas uranium pada kernel bahan bakar (g/cm^3)	4,5
Laju produksi rata-rata produk fisi pada kernel bahan bakar (g/cm^2)	0,42
Laju produksi maksimal produk fisi pada kernel bahan bakar (g/cm^2)	0,65
Densitas daya spesifik pada teras (MW/M^3)	110
<i>Heat flux</i> rata-rata pada <i>surface</i> batang bakar (MW/m^2)	0,47
Laju generasi kalor spesifik (w/cm)	90,7

KAJIAN KESELAMATAN UNTUK PLTN TERAPUNG.

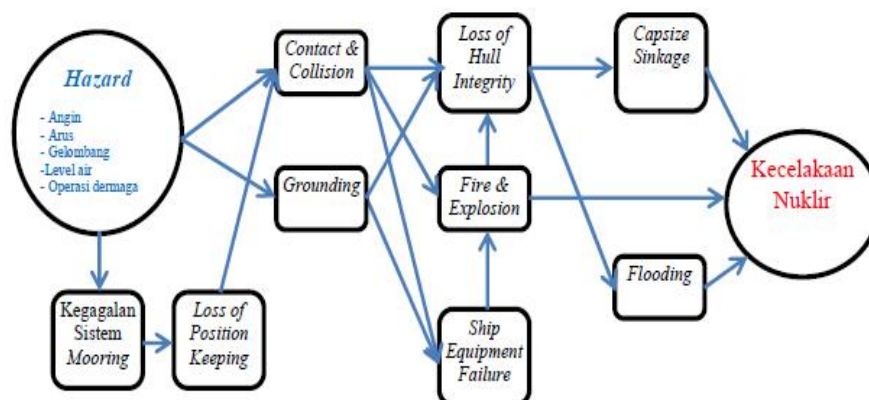
Dalam pengoperasian PLTN terapung banyak hal yang harus diperhatikan terkait keselamatan. Dalam analisis keselamatan PLTN terapung harus mempertimbangkan bahaya internal maupun bahaya external. Penentuan bahaya dalam PLTN Terapung dapat menggunakan metode HAZOP. Tujuan metode HAZOP ini adalah

mengidentifikasi semua bahaya yang dapat mengganggu atau menyebabkan kecelakaan pada PLTN Terapung. Dari HAZOP ini akan didapat bahaya eksternal dan internal apa saja yang dapat mengganggu atau menyebabkan kecelakaan pada PLTN Terapung. Bahaya external yang terkait dengan PLTN terapung antara lain berasal dari angin, arus, gelombang, level air, operasional dermaga. Identifikasi bahaya eksternal tersebut berdasarkan pada tapak dimana PLTN Terapung tersebut dibangun, yang pada umumnya di dermaga atau pelabuhan. Dari bahaya-bahaya eksternal tersebut dapat menyebabkan beberapa kejadian kecelakaan yang biasa terjadi di laut seperti:

- *Collision*
- *Contact*
- *Grounding*
- *Loss of hull integrity*
- *Fire/explosion*
- *Equipment Failure*

Kecelakaan-kecelakaan diatas mengikuti *Formal Safety Assessment (FSA)* yang sudah ditetapkan dalam kategori kejadian kelautan yang relevan dengan *assessment* di pelabuhan[5].

Skenario risiko dan kecelakaan yang dapat terjadi pada kapal PLTN terapung yang ditambah bisa digambarkan seperti pada Gambar6.



Gambar.6 Skenario kecelakaan akibat bahaya eksternal

Dari Gambar. 6 dapat dilihat bahwa bahaya eksternal (angin, arus, gelombang, level air

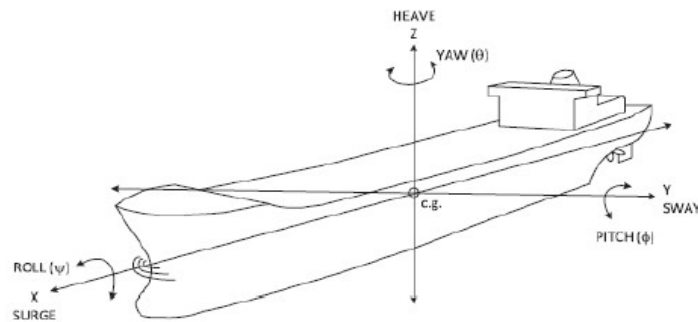
dan operasi dermaga) dapat menyebabkan kegagalan PLTN terapung pada sistem *mooring*,serta terjadinya *contact*, *collision* dan atau *grounding* pada kapal. Kegagalan sistem *mooring* dapat menyebabkan kapal lepas dari dermaga (*loss of position keeping*) selanjutnya akan menyebabkan kapal menumbuk struktur dermaga (*contact*) atau dengan kapal lain (*collision*).*Contact* dan *Collision* akan memungkinkan terjadinya kerusakan lambung kapal (*loss of hull integrity*), kebakaran dan atau ledakan (*fire and/or explosion*) serta kegagalan pada kelengkapan kapal (*ship equipment failure*). Kegagalan kelengkapan kapal ini dapat pula menyebabkan kebakaran yang selanjutnyamemungkinkan lambung kapal mengalami kerusakan. Selanjutnya, kerusakan lambung kapal yang cukup parah dapat menyebabkan kapal terendam (*flooding*) dan juga terbalik serta tenggelam (*capsize sinkage*). Lebih jauh kecelakaan pada PLTN terapung dapat berujung pada kecelakaan nuklir. Kecelakaan ini dapat berupa pemanasan bahan bakar yang berlebih hingga lelehnya teras reaktor. Kemudian tentunya juga akan diikuti terlepasnya zat radioaktif ke lingkungan, baik berupa gas, cairan atau padatan.

Dalam analisis keselamatan PLTN terapung selain memperhatikan bahaya eksterna juga harus

memperhatikan bahaya internal. Bahaya internal di PLTN terapung pada dasarnya sama dengan PLTN PWR yang ada di daratan. Kecelakaan-kecelakaan akibat bahaya internal pada PLTN Terapung antara lain kecelakaan yang diakibatkan karena gangguan reaktivitas, gangguan pengambilan kalor dengan kegagalan pada sistem pengambilan kalor darurat, LOCA di dalam pengungkung, *Anticipated Transient without scram* dll. Dalam melakukan analisis kecelakaan pada PLTN terapung harus mempertimbangkan gerakan kapal karena efek gelombang air laut maupun angin. Hal ini berbeda dengan analisis yang dilakukan pada PLTN yang dibangun di daratan, karena PLTN yang dibangun

Terkait aspek keamanan nuklir, sangat nyata adanya risiko bahwa bahan nuklir atau limbah radioaktif di kapal juga dapat dibajak saat proses pengangkutan. Analisis menunjukkan bahwa operasi PLTN terapung di perairan lepas pantai negara kepulauan seperti Indonesia berisiko bagi Indonesia dan negara tetangga terdekat, tetapi juga dapat menimbulkan risiko global. Ketika teroris berhasil melakukan serangan, sehingga bahan nuklir dan/atau limbah radioaktif di PLTN terapung jatuh ke tangan yang salah, bahan-bahan ini kemudian dapat digunakan untuk melakukan tindak pidana di tempat lain.

PLTN terapung pada umumnya ada dua tipe,



Gambar 7 Gerakan Kapal akibat pengaruh gelombang [5, 6]

didaratan posisi tetap dan tidak bergerak. Gerakan kapal tempat PLTN dibangun akan memberikan dampak terhadap level pendingin (air) dalam sistem primer dan pada akhirnya akan mempengaruhi hasil perhitungan. Pengaruh gelombang laut terhadap gerakan kapal ada tiga jenis gerakan rotasi (*pitch*, *yaw* dan *roll*) serta tiga jenis gerakan translasi (*surge*, *sway* dan *heave*). Pergerakan dalam arah *fore* dan *aft* sepanjang garis longitudinal kapal dinamakan “surge”, dalam arah *side-to-side* lateral disebut “sway”, dan secara vertical disebut “heave”. Rotasi pada arah sumbu z vertikal melalui pusat gravitasi kapal, dinamakan “yaw”, pada arah sumbu y longitudinal disebut “roll” dan pada arah sumbu y lateral disebut “pitch”. Tiga jenis gerakan rotasi dan translasi tersebut harus dimasukkan ke dalam perhitungan analisis keselamatan. Gambar. 7 menunjukkan gerakan kapal akibat gelombang.

KAJIAN KEAMANAN PLTN TERAPUNG

yaitu tepi pantai (*onshore*) dan lepas pantai (*offshore*). Secara umum skenario serangan pada keduanya sama, yaitu:

1. Pencurian atau tindakan ilegal lain suatu bahan fisil untuk pengayaan lebih lanjut dan penggunaan senjata nuklir dari PLTN terapung yang menggunakan uranium diperkaya tingkat rendah (kurang dari 20%). Skenario ini sangat tergantung pada kemampuan teknologi yang dimiliki teroris dan kerentanan dari PLTN tersebut.
2. Penggunaan bahan radioaktif untuk menghasilkan perangkat penyebar material radiologis (*radiological disperse device*).
3. Serangan terhadap reaktor atau fasilitas nuklir lainnya dengan tujuan menyebabkan jatuhnya radioaktif dan kontaminasi suatu daerah. Penyerang dapat menargetkan sistem pendukung PLTN terapung agar terjadi pelelehan teras (*reactor core meltdown*) yaitu pelelehan bahan

nuklir di teras reaktor yang diikuti pelepasan bahan radioaktif ke luar sungkup.

Penyerang dapat memilih untuk melakukan serangan dari udara, dari laut atau dari bawah permukaan laut, baik di tempat operasi PLTN atau saat penyeretan (transportasi PLTN terapung tepi pantai). PLTN terapung tidak seperti PLTN darat yang memiliki fondasi yang kokoh dan dengan demikian kurang terlindung terhadap dampak yang kuat, sehingga jika pesawat penumpang atau kargo diarahkan oleh teroris untuk jatuh dan menabrak akan menyebabkan kerusakan dan kehancuran dahsyat masih mungkin terjadi pada tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas di PLTN yang memiliki konsekuensi setara dengan ledakan reaktor.

Diperlukan beberapa rencana untuk menanggulangi ancaman ancaman diatas. Rencana keamanan untuk mengatasi ancaman-ancaman tersebut harus berdasarkan kombinasi antara desain pembangkit, pertahanan berlapis dan peletakan pembangkit, yang antara lain sebagai berikut:

1. Desain pembangkit:

Acces point ke pembangkit terletak di dek utama, jauh di atas *waterline*, sehingga menghambat akses yang mudah oleh pasukan penyerang. Semua komponen nuklir yang penting berada di dalam beberapa lapis lambung kapal yang terbuat dari baja di bawah permukaan air. Perimeter melingkar (*circular*) dari *platform* mudah dipertahankan oleh tim keamanan operator karena tidak adanya garis hambatan penglihatan.

2. Pertahanan berlapis:

a. *Monitored area*:

Seluruh lalu lintas dimonitor/dideteksi secara elektronis dalam area 8 mil laut (1 mil laut =1,85 km) dari pembangkit.

b. *Exclusion area* untuk kapal besar:

Zona ini radiusnya 6 mil laut dengan perhitungan bahwa kapal tangker besar yang mendekati pembangkit dengan kecepatan 12 knots membutuhkan waktu 30 menit untuk mencapai pembangkit. Kapal besar yang melanggar zona ini akan diintervensi secara cepat oleh penjaga pantai negara atau kekuatan militer.

c. *Controlled access area*

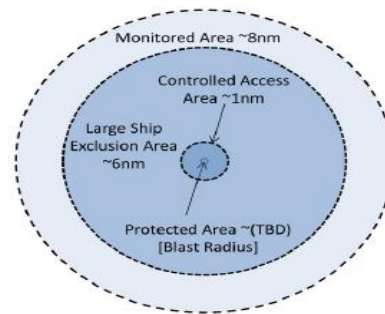
Tidak ada akses yang diijinkan untuk perahu atau kendaraan bawah laut yang tidak

memeiliki wewenang dalam radius 1 mil laut dari pembangkit. Area ini dimonitor dengan sonar

d. *Potected area*:

Batas zona ini dilengkapi dengan penghambat fisik seperti ledakan permukaan danjaring bawah air untuk menghentikan atau menunda penyerang di permukaan atau bawah permukaan laut. Zona ini berukuran sesuai dengan radius ledakan dari ledakan sebuah perahu yang menyerang dengan sejumlah besar peledak.

Pertahanan berlapis untuk keamanan PLTN Terapung dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Pertahanan berlapis untuk keamanan PLTN Terapung [6]

Hal khusus yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan PLTN terapung tepi pantai (misalnya KLT-40s) adalah keamanan pengangkutannya. Pengawasan dan perlindungan oleh angkatan laut Rusia sebelum memasuki perairan Indonesia (perjalanan dan transit) diyakini akan mengeliminir terjadinya ancaman. Untuk itu, diperlukan perjanjian khusus tidak hanya antara operator PLTN dengan KLT-40S, namun juga harus melibatkan pemerintah Indonesia, Rusia dan negara-negara yang dilalui dan menjadi tempat transit PLTN tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian didapat kesimpulan bahwa untuk pembangunan PLTN Terapung di Indonesia harus mempertimbangkan:

1. Bahaya eksternal maupun bahaya internal. Bahaya eksternal yang dipertimbangkan terkait dengan PLTN Terapung adalah angin, arus,

gelombang, level air, operasional dermaga, hal ini terkait dengan pemilihan tapak dimana PLTN Terapung itu akan dibangun. Sedangkan bahaya internal mirip dengan PLTN yang ada di darat yaitu antara lain gangguan reaktivitas, gangguan pengambilan kalor dengan kegagalan pada sistem pengambilan kalor darurat, LOCA di dalam pengungkung, *Anticipated Transient without scram dll*. Perbedaan PLTN Terapung dengan PLTN yang ada di darat dalam melakukan analisis keselamatan untuk bahaya internal adalah harus mempertimbangkan gerakan kapal karena pengaruh gelombang.

2. Untuk analisis keamanan PLTN terapung lebih memerlukan perhatian khusus dibandingkan dengan PLTN yang ada di darat karena ancaman keamanan untuk PLTN Terapung lebih banyak arahnya, antara lain penyerang dapat memilih untuk melakukan serangan dari udara, dari laut atau dari bawah permukaan laut, baik di tempat operasi PLTN atau saat penyeretan (transportasi PLTN terapung tepi pantai).

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada jajaran Manajemen beserta staf P2STPIB yang telah mendukung dan memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada para penulis untuk melaksanakan kajian ini. Dan tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kepada Departemen Teknik Nuklir dan Fisika UGM yang telah membantu untuk penyusunan kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Nama Penanya : Sihana
Instansi : UGM
Nama Penyaji : Agus W
Judul Makalah : **KAJIAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN PLTN TERAPUNG DI INDONESIA**
Kode Makalah : OB01

Pertanyaan/Masukan/Saran/Komentar

Atas dasar daftar hazard yang diperoleh, apakah sudah dibuat daftar kecelakaan yang berpotensi terjadi? Dari makalah sudah disebutkan terkait dengan bahaya internal dan eksternal serta ancaman terhadap keamanan. Apakah ada skenario terhadap bahaya-bahaya tersebut?

Jawaban/Komentar dari Penyaji

Dalam makalah belum menyebutkan secara detil terkait skenario terhadap bahaya-bahaya tersebut, karena membutuhkan data desain rinci dari PLTN terapung. Sedangkan untuk bahaya keamanan tergantung pada site specific.

- [1] M[7]. D. d. W. J.F, "Floating Nuclear Power Plants and Associated Technologies in Northern Areas," 2008.
- [2] OKBM AFrikantof, "KLT-40S Reactor Plants for the Floating CNPP FPU," [Online]. Available: <http://www.uxc.com/smr/Library%5CDesign%20Specific/KLT-40S%20Reactor%20Plant%20for%20the%20Floating%20CNPP%20FPU.pdf>.
- [3] Y. P. Fadeev, "KLT-40S Reactor Plant for the Floating CNPP FPU," OKBM Afrikantof.
- [4] A. N. d. L. Andeyev, "Floating Nuclear Power Plant," Bellona Report, 2011.
- [5] The Mooring Analysis Committe of the Technical Comitte on Port and Harbors of the Coast, Oceans, Ports and River Institute of the American Society of Civil Engineer, "Mooring of Ships to Piers and Wharves," in *American Society of Cicil Engineers*, 2014.
- [6] J. J. M. G. d. N. T. J. Buongiorno, "The Offshore Floating Nuclear Plant Concept," *Nuclear Technology*, vol. 194:, 2016.