

STUDI PERSYARATAN TEKNIS PENGGUNA VERSI EROPA VOLUME 2 UNTUK PENYUSUNAN *USER REQUIREMENTS* *DOCUMENT* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR DI INDONESIA

SUNARDI

*Pusat Pengembangan Energi Nuklir – BATAN
Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan
Jakarta 12710 Telp (021)5204243*

Abstrak

STUDI PERSYARATAN TEKNIS PENGGUNA VERSI EROPA VOLUME 2 UNTUK PENYUSUNAN *USER REQUIREMENTS DOCUMENT (URD) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR (PLTN) DI INDONESIA.* Telah dilakukan studi URD versi Eropa volume 2 dalam rangka penyusunan URD untuk PLTN yang direncanakan dibangun di Indonesia. URD versi Eropa adalah European Utility Requirements For Light Water Reactor (LWR) Nuclear Power Plant yang merupakan Persyaratan Pengguna Teknis PLTN untuk negara-negara di wilayah Eropa. Dokumen teknis persyaratan pengguna versi Eropa ini terdiri dari empat volume, vol. 1 Main policies and objectives, vol. 2 Generic nuclear island requirements, vol. 3 Application of EUR to specific design, vol. 4 Power generation plant requirements. Studi ini mengkaji vol. 2 Generic nuclear island requirements yang terdiri dari: Introduction to the EUR, Safety Requirements, Performance Requirements, Grid Requirements, Design Basis, Code & Standard, Material-Related Requirements, Functional of the Components, Functional of the System & Process, Containment system, Instrumentation & Control and Man-machine Interface (IC & MMI), Layout rule, Design Process & Documentation, Constructability & Commissioning, Operation, Maintenance and Procedures, Quality Assurance, Decommissioning, PSA Methodology, Performance Assessment Methodology, Cost Assessment Information. Dari hasil studi URD vol 2 versi Eropa ini dapat disimpulkan bahwa dalam rangka penyusunan URD PLTN versi Indonesia perlu disesuaikan dengan kondisi di Indonesia seperti Grid Requirements, Design Basis suhu udara, air laut, tekanan, dan juga Standard earthquake design acceleration versi URD Euro level 0.25 g untuk di Indonesia sekitar 0,3 g Code and standard Indonesia tidak hanya menggunakan standard Eropa saja tapi menggunakan standard yang secara internasional diakui.

Kata kunci : persyaratan teknis pengguna

Abstract

STUDY OF *USER REQUIREMENTS DOCUMENT VOLUME 2 EURO VERSION.* User requirements documents (URD) volume 2 EURO version have been studied for compiling URD Indonesia Nuclear Power Plant (NPP) that will be constructed in future. URD EURO version is European Utility Requirements for Light water Reactor (LWR) for EUROPEAN countries. It's contents 4 volume that is vol. 1 Main policies and objectives, vol. 2 Generic nuclear island requirements, vol. 3 Application of EUR to specific design, vol. 4 Power generation plant requirements. This study is focused on volume 2. Generic nuclear island requirements that is: Introduction to the EUR, Safety Requirements, Performance Requirements, Grid Requirements, Design Basis, Code & Standard, Material-Related Requirements, Functional of the Components, Functional of the System & Process, Containment system, Instrumentation & Control and Man-machine Interface (IC & MMI), Layout rule, Design Process & Documentation, Constructability & Commissioning, Operation, Maintenance and Procedures, Quality Assurance, Decommissioning, PSA Methodology, Performance Assessment Methodology, Cost Assessment Information. The result of this study have some conclusion is many matter for must be appropriate with Indonesia condition there is Grid Requirements, Design Basis about air temperature, sea water, air pressure, and Standard earthquake design acceleration level Euro version 0.25 g in Indonesia is 0,3 g, Indonesia Code and Standard not only use for European standard but also International standard.

Keywords: user requirement document

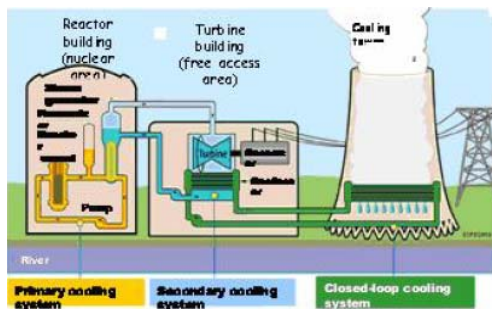
PENDAHULUAN

Studi URD versi Eropa ini digunakan dalam penyusunan URD PLTN di Indonesia. Dokumen teknis persyaratan pengguna versi Eropa ini terdiri dari empat volume, vol. 1 Main policies and objectives, vol. 2 Generic nuclear island requirements, vol. 3 Application of EUR to specific design, vol. 4 Power generation plant requirements. Dalam studi ini dilakukan khusus mengkaji vol. 2 Generic nuclear island requirements yang terdiri dari: Introduction to the EUR, Safety Requirements, Performance Requirements, Grid Requirements, Design Basis, Code & Standard, Material-Related Requirements, Functional of the Components, Functional of the System & Process, Containment system, Instrumentation & Control and Man-machine Interface (IC & MMI), Layout rule, Design Process & Documentation, Constructability & Commissioning, Operation, Maintenance and Procedures, Quality Assurance, Decommissioning, PSA Methodology, Performance Assessment Methodology, Cost Assessment Information. Syarat-syarat teknis tersebut harus dipenuhi oleh pemasok dengan aturan dan syarat-syarat yang dibuat oleh Badan Perizinan, serta dapat diterima oleh Owner (pengguna). Dokumen persyaratan teknis pengguna mencakup instalasi secara menyeluruh sampai distribusi sehingga menjadi dasar desain instalasi terpadu, yaitu sistem pemasok uap nuklir dan neraca instalasi, dimana daerah-daerah yang paling bagus dalam kaitannya dengan keselamatan, kinerja, konstruksibilitas, maintainabilitas serta ekonomi sangat ditekankan. Dalam merencanakan pembangunan PLTN perlu mengikuti kemajuan perkembangan teknologi dan kelayakan ekonomi. Untuk mencapai hal tersebut harus dilakukan desain yang tepat, metode konstruksi maju dan jadwal yang tepat, dengan pembatasan waktu pembangunan dari peletakan batu pertama sampai beroperasi secara komersial selama 5 tahun. PLTN yang akan dibangun harus menunjukkan kemajuan rekayasa, merupakan hasil penyederhanaan dan penggunaan material yang lebih tahan lama, tidak korosif, tidak erosi dan dengan tingkat kontaminasi radioaktif yang minimal. Umur

reaktor harus didesain 60 tahun untuk reaktor daya sedang 40 tahun untuk reaktor daya kecil. Sedangkan elemen bakarnya harus didesain dengan batas termal yang lebih tinggi dan memiliki panas bakar yang tinggi dibanding reaktor saat ini. Dalam hal keselamatan, penerapan sistem pertahanan berlapis dan program jaminan kualitas dalam seluruh tahapan kegiatan harus dilaksanakan dan ditingkatkan secara efektif dan konsisten dengan memperhatikan secara khusus pada batas penahanan tekanan. Batas keselamatan teras reaktor harus ditingkatkan secara signifikan. Frekuensi kerusakan teras tanpa lepasan ke lingkungan harus lebih kecil dari 1×10^{-5} per reaktor per tahun, dan lepasan zat radioaktif yang rendah ke lingkungan harus kurang dari 1×10^{-6} per reaktor per tahun. Dosis pada batas tapak reaktor harus lebih kecil dari 0, 25 Sv untuk kasus kecelakaan dengan frekuensi kumulatif lebih dari 1×10^{-6} per tahun. Berbagai desain yang diajukan sebaiknya menerapkan konsep penyederhanaan pada perencanaan kedaruratan di luar tapak.

Kajian URD Versi Eropa

Teknologi PLTN adalah suatu teknologi yang sangat harus dipertanggung jawabkan secara lebih dibanding teknologi pembangkit-pembangkit listrik yang lain. Teknologi PLTN tidak menimbulkan polusi karena pembangkit uapnya atau *nuclear steam supply system* (NSSS) dalam pembakaran air untuk jadi uap tidak menimbulkan apapun yang menjadikan polusi termasuk uap. Sistem PLTN itu antara lain BWR, PWR dan PHWR, dalam PLTN tipe BWR air sebagai moderator sekaligus pendingin langsung jadi uap, sedangkan PLTN tipe PWR dan PHWR air maupun air berat pendingin dan moderator panasnya ditukar dalam *steam generator* dari sinilah air yang menjadi uap agar air dan air berat tidak menguap maka digunakanlah pressurizer, sistem teknologi PLTN PWR seperti diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar. 1. Sistem PLTN Type PWR Dengan Cooling Tower (Sumber Areva)

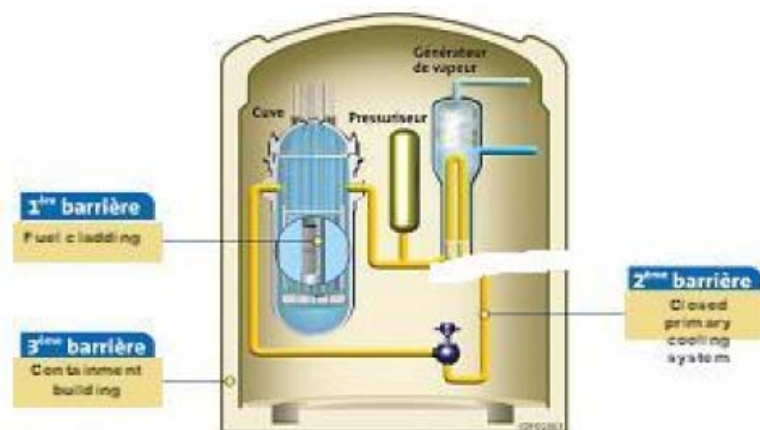
NSSS adalah bagian sistem PLTN yang paling mendapat perhatian baik dalam pengambilan panas pada reaksi inti berantai, teknologi pengontrolnya serta sistem keamanannya baik yang aktif maupun yang pasif, walaupun bagian-bagian lain juga penting URD diperlukan oleh : 1. Pengguna yang sangat berkepentingan akan adanya jaminan sistem keselamatan, teknologi, keekonomian dan keandalan PLTN. 2. Pemasok dalam hal ini pembuat/pemasok PLTN bertanggung jawab untuk memenuhi semua persyaratan teknis yang diperlukan pengguna. 3. Badan pengawas (*licensing body*) untuk negara Indonesia BAPETEN yang bertanggung jawab akan adanya syarat-syarat dan prosedur yang terakait dengan keamanan kawasan lingkungan secara berkelanjutan. URD yang ada saat ini adalah

Amerika Serikat (EPRI), Uni Eropa (*EUR Utility Requirements*) serta URD IAEA walaupun belum komplit. Dalam kajian ini sebagai referensi adalah URD versi Eropa volume 2 terdiri 20 chapter. Scope pada volume 2 URD Eropa ini menyediakan semua syarat-syarat dan pilihan pada EUR utilities untuk wilayah nuklir yang mana tidak ada hubungan design diantara negara Eropa tapi berdiri sendiri-sendiri. Isinya mencakup syarat-syarat yang diinginkan oleh *Owner* (pengguna) yang diajukan ke Suplier untuk menaksir harga, minta perijinan, design, konstruksi, testing dan operasi.

Persyaratan Keselamatan

Beberapa pertimbangan dalam keselamatan reaktor antara lain :

1. Penerapan konsep pertahanan berlapis (*defense in-depth*) seperti Gambar 2
2. Peningkatan keselamatan melekat (*inherent safety*) reaktor
3. Resistansi terhadap kecelakaan : menjamin stabilitas teras reaktor, menjamin pendinginan teras: dan menjamin pengungkungan produk-produk radioaktif.
4. Sistem mitigasi, dan pertimbangan untuk menentukan urutan tindakan preventif dan mitigatif yang dapat diterapkan apabila terjadi kecelakaan parah



Gambar 2. Konsep Tahanan Berlapis
Sumber: Areva

5. Frekuensi kerusakan teras parah: $< 1 \times 10^{-5}/r.t.$, frekuensi kumulatif lebih dari 1×10^{-6} pertahun.
6. Dosis pada batas tapak kurang dari 25 rem (0,25Sv) untuk kecelakaan dengan
7. Masa tenggang: 72 jam bagi DBA (*design basis accident*) dan beberapa jam bagi

yang di balik DBA (*beyond DBA*) khusus untuk SMR pasif.

Resistensi Terhadap Kecelakaan

Keselamatan desain harus dapat mencegah degradasi teras dengan tetap menenggelamkan teras dalam air sepanjang waktu dan menjamin bahwa produksi panas dalam teras tidak melebihi kemampuan pendingin, dan mencegah peristiwa awal (*initialing events*) meningkat menjadi kerusakan teras dan kerusakan teras parah. Manajemen kecelakaan dapat ditambah pada ciri desain guna mencegah degradasi suatu kecelakaan menjadi kondisi kecelakaan parah, dan melakukan tindakan mitigasi bila terjadi kecelakaan. Perencanaan kedaruratan haruslah sederhana dan efektif guna mencegah pelepasan radioaktif (*exclusion area*) dan pengurangan tindakan pencegahan menyatu (*built-in counter measures*). Resistansi terhadap kecelakaan memenuhi persyaratan bahwa ciri desain dapat meminimalisir kejadian dan tingkat keparahan suatu peristiwa awal (*initialing event*), seperti :

1. Margin temperatur bahan bakar sama dengan atau lebih dari 15%
2. Respon yang lebih lambat terhadap kondisi yang tak diinginkan melalui ciri-ciri seperti peningkatan inventori pendingin
3. Penggunaan material terbaik yang tersedia

Pencegahan dan Mitigasi Kerusakan Teras

Dalam mencegah kerusakan teras, desain reaktor harus dapat meyakinkan bahwa peristiwa awal tidak berkembang menjadi kerusakan teras. Dengan *Probabilistic Risk Assessment (PRA)* harus dapat ditunjukkan bahwa frekuensi kerusakan teras kurang dari 1×10^{-5} /tahun reaktor. Pada kejadian kecelakaan kehilangan pendingin atau *loss of coolant accident (LOCA)* karena pecahnya pipa diameter kecil, tidak boleh terjadi pelelehan teras. Bila teras meleleh, *corium* (elemen penyusun teras reaktor) harus tetap bertahan di dalam bejana tekan. Desain pengungkung dan kontribusinya bagi mitigasi kecelakaan harus dipertimbangkan dan di evaluasi secara teliti dalam proses desain, dengan perhatian khusus terhadap kecelakaan parah. Terhadap kecelakaan parah ini, pengungkung harus mampu memenuhi persyaratan keselamatan dan radiologis. Hal ini termasuk fungsi

mempertahankan integritas pengungkung dan menahan kebocoran.

Hal yang harus dipertimbangkan dan diatasi (prevensi dan mitigasi) pada desain reaktor air adalah :

1. Ejeksi lelehan tekanan tinggi dan pemanasan pengungkung langsung
2. Produksi dan pembakaran hidrogen dalam bejana tekan reaktor
3. Ledakan uap (*steam explosion*) dalam bejana tekan reaktor dan pengungkung
4. Interaksi teras-beton dalam pengungkung, dan
5. Bypass pengungkung dan kehilangan pembuangan panas jangka panjang.

Dalam reaktor berpendingin gas, yang harus ditangani adalah :

1. Masuknya air (*water ingress*) kedalam teras
2. Kecelakaan masuknya udara (*air ingress*) pada pipa primer, dan
3. Kecelakaan pecahnya pipa tegak (*stand pipe*).

Frekuensi kerusakan teras rata-rata tahunan yang dievaluasi dengan PRA, harus kurang dari 1×10^{-5} /tahun reaktor. Dosis seluruh tubuh pada batas tapak harus kurang dari 0,5 Sv untuk suatu keluaran dari kecelakaan parah dengan frekuensi kumulatif melebihi 1×10^{-6} /tahun. Sistem pengungkung harus di desain sedemikian rupa sehingga batas paparan di atas dapat dipenuhi. Untuk memperoleh sistem pemadaman reaktor berkeandalan tinggi dan mendapatkan komponen pengendali tekanan dengan kapasitas yang memadai untuk mengatasi transien tekanan, dibutuhkan suatu sistem mitigasi ATWS. Semua pemadaman instalasi (station blackout) dengan durasi 8 jam harus dipertimbangkan. Tenggang waktu bagi intervensi operator setelah kecelakaan harus ditentukan sesuai dengan ketentuan IAEA atau ketentuan negara asal PLTN. Sangat diinginkan bahwa masa tenggang itu paling sedikit 30 menit lamanya. Basis desain bagi peristiwa eksternal harus diputuskan sesuai informasi data tapak. Vendor potensial harus menyerahkan data dukung termasuk asumsi yang digunakan untuk memutuskan kondisi desain yang diusulkan.

Keselamatan Pasif

Waktu mengatasi mati listrik (*blackout*) di PLTN bagi pendinginan teras harus sekurang-kurangnya 8 jam, namun untuk PLTN pasif waktu ini harus tak terhingga. Limit bagi ketiadaan proteksi pada PLTN pasif harus melebihi 72 jam, dengan asumsi operator tidak melakukan tindakan apapun untuk melisensi peristiwa basis desain termasuk kehilangan seluruh daya listrik.

Proteksi Radiasi

PLTN harus didesain dan dibangun sedemikian rupa sehingga paparan radiasi okupasional kurang dari 1 man Sv/reaktor tahun. Tujuannya adalah untuk mengurangi lebih lanjut paparan radiasi kolektif terhadap personel PLTN dan meminimalisir keluaran zat kimia dan radioaktif dibawah nilai tuntunan ICRP-60 selama operasi dan kondisi kecelakaan. Tujuan ini menunjuk kepada aplikasi teknologi proteksi radiasi yang diperbaiki, material maju, dan ketaatan yang lebih baik terhadap aturan keselamatan radiasi. Hasil-hasil pada PLTN rujukan dan langkah-langkah untuk mencapai tujuan tersebut akan diberikan.

Perlindungan Terhadap Sabotase

PLTN harus didesain memiliki perlindungan yang baik terhadap sabotase dengan menggunakan prinsip perlindungan fisik dengan mempertimbangkan dampak kebakaran, ledakan kimiawi, kejatuhan pesawat terbang dan peluru kendali. Bangunan dan tata-letak harus menjamin isolasi dari lingkungan sekitar dengan akses terkendali dan pengawasan secara ketat guna menjaga masuknya orang dan barang yang tidak sah. Persyaratan Unjukkerja Aplikasi Unit-unit awal reaktor daya menengah harus direncanakan dan dioperasikan terutama sebagai unit beban dasar (*base load*) yang menyediakan listrik ke jaringan secara terus menerus pada, atau sekitar, daya pengoperasiannya (*rated power*). Jumlah minimum siklus atau transien selama umur desain yang direncanakan untuk PLTN dirinci sebagai berikut:

1. Siklus penyalaan dan pemadaman antara kondisi dingin dan daya operasi –180

2. Pemuatan dan pembongkaran unit antara keluaran teknis minimum dan rated output –18000
3. Langkah kenaikan dan penurunan daya sebesar 10% dari rated output – 600
4. Langkah penurunan daya sebesar 50% dari rated output – 60
5. Kapabilitas pengoperasian setelah kegagalan suatu peralatan bantu, pada dasarnya kegagalan pada sistem bantu tidak mempengaruhi pengoperasian PLTN pada daya pengoperasiannya.

Pengurangan daya sebesar 65 % dari daya operasi dapat diterima bila ini terjadi setelah kegagalan alat tertentu, seperti :

1. Kegagalan serangkaian pemanas air-umpan tekanan rendah dan tekanan tinggi,
2. Kegagalan pompa air-umpan,
3. Kegagalan pompa air sirkulasi

Namun demikian unit PLTN daya menengah dan selanjutnya, harus didesain untuk siklus 24 jam dengan profil siklus sebagai berikut: dimulai dengan daya 100 %, daya turun melandai menuju 50 % dalam 2 jam, daya tetap pada tingkat 50 % selama 2-10 jam, dan kemudian naik ke 100 % dalam 2 jam. Desain PLTN harus memungkinkan beban siklik ini selama 90 % dari hari operasi setiap siklus bahan bakar selama umur PLTN. Keluaran panas dari reaktor harus mencukupi bagi proses temperatur tinggi, seperti: industri logam, gasifikasi batubara, pencairan batubara, produksi hydrogen, konversi $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$, dan proses terkait lainnya, untuk proses temperatur rendah seperti desalinasi air laut dan industri proses entalpi rendah lainnya.

Umur Hidup Desain

Mengingat besarnya biaya investasi, PLTN harus dapat beroperasi selama mungkin secara teknis dan ekonomis. Dalam desainnya, perhatian harus diberikan pada pemilihan material dan kondisi operasi bagi layanan yang diinginkan. Bila perlu dapat dibuat ketentuan bagi inspeksi komponen, penggantian komponen dan kemungkinan *upgrading* guna menjamin kemampuan umur panjang. Pengoperasian PLTN harus mencakup sejarah operasi PLTN yang terdokumentasi baik, sehingga efek kelelahan (*fatigue*) dan kegetasan (*embrittlement*) akibat paparan neutron dapat dikaji. Umur desain struktur

PLTN dan komponen yang tak dapat diganti seperti bejana tekan reaktor (RPV) harus 60 tahun.

Manuverabilitas

PLTN harus memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. PLTN memiliki kemampuan kontrol daya otomatis dengan keluaran 15 % atau lebih dari *rated output*
2. PLTN dan khususnya sirkuit kendali harus didesain sedemikian rupa sehingga perubahan beban normal dari jaringan listrik (*grid*) dapat diikuti,
3. Rejeksi dan isolasi beban generator dari jaringan listrik, dengan pengurangan beban generator ke output yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem bantu saja, harus dimungkinkan dari tingkat daya berapapun. Hal ini berlaku khususnya bagi rejeksi beban dari *rated output*
4. Pengoperasian PLTN untuk memberikan beban rumah (hanya untuk unit sistem bantu) harus dimungkinkan untuk periode beberapa hari. Peningkatan daya berikutnya menuju *rated output* harus dimungkinkan dengan laju daya maksimum.
5. PLTN harus mampu menyediakan respon perubahan daya minimum sekitar ± 5 % dari *rated output* permenit pada 65 % atau lebih dari *rated output* dan perubahan daya step ± 10 % dari output ke jaringan listrik untuk selama 90 % dari durasi siklus, dan
6. Penutupan *stop valve* turbin dengan cepat harus menginisiasi pengoperasian *system bypass* turbin dan pengurangan daya reaktor secara terkendali berikutnya.

Kesederhanaan Desain

Simplifikasi akan dikaji terutama dari sudut pandang minimalisasi jumlah peralatan dan operator PLTN, yaitu mengurangi kebutuhan staf operator selama operasi normal dan kondisi tak normal, menyediakan logika sederhana dan indikasi yang tidak bermakna ganda sepanjang waktu berfungsi. Marjin desain yang melampaui persyaratan peraturan tidak dapat dipertukarkan atau digusur demi tujuan-tujuan peraturan.

Marjin Desain

PLTN harus mampu dioperasikan pada siklus bahan bakar dengan interval pengisian bahan bakar 24 bulan. *Burn up* rata-rata puncak bagi bundle BWR harus mencapai 50 000 MWd/TU, untuk PWR nilainya harus 60 000 MWd/TU dan untuk HTR harga rata-ratanya harus mencapai 80 000 MWd/TU. Untuk pemuatan pertama teras CANDU, *burn up* perangkat bahan bakar harus dijamin pada 7000 MWd/TU, dan untuk pemuatan kelompok berikutnya 7000 MWd/TU. Laju kegagalan awal karena kerusakan pembuatan bahan bakar ALWR harus lebih kecil dari satu dalam 50.000 batang bahan bakar. Faktor manusia dan antarmuka mesin-manusia. PLTN harus didesain dengan konsiderasi yang meningkat dari faktor manusia sehingga memungkinkan pengoperasian PLTN dapat dilakukan dengan mudah dari ruang-ruang kendali. Tujuannya adalah meminimalkan kesempatan dan potensi kesalahan manusia dengan memberikan otomasi tingkat tinggi yang diadaptasi untuk setiap situasi serta dengan memberikan tampilan (*displays*), kendali-kendali dan manual operator yang diorganisasi dengan baik. Operabilitas PLTN berarti sebuah operasi dengan beban (*burden*) yang lebih kecil pada operator dan manoeuvrabilitas yang lebih baik. Hal ini menyarankan instrumentasi dan kendali yang maju (*advanced I&C*) yang ergonomis dan dengan otomasi yang lebih, sedang dilanjutkan dan membentuk dana operasional untuk para operator. Sistem instrumentasi dan kendali serta sistem proteksi reaktor harus didesain sehingga meminimalkan kebutuhan untuk intervensi operator. Keuntungan harus didesain sehingga meminimalkan kebutuhan untuk intervensi operator. Keuntungan harus diambil dari kemajuan dalam teknologi proses informasi dan elektronik seperti *microprocessor*, tampilan video (*video displays*), *multiplexing*, optika fiber dan dalam penggunaan teknik akal-budi artificial (*artificial intelligence techniques*) Sistem-sistem diagnostik yang disempurnakan, yang disatukan uji-diri (*self testing*) dan indikasi kegagalan otomatis adalah teknologi yang tersedia dan harus diberikan konsiderasi yang benar dan pantas. Antar-muka mesin-manusia seluruh *plant* harus berguna untuk meminimalkan operasi dan kesalahan

perawatan yang dapat mempengaruhi keselamatan. Penyederhanaan operasi mensyaratkan bahwa operator tunggal dapat mengalikan unit daya selama operasi daya normal. Stasiun kendali harus *human engineered* untuk mempertinggi efektivitas operator, pemanfaatan *mockups*, simulasi dinamik, dan input operator untuk desain. Antar-muka mesin-manusia (MMI) harus didesain sesuai dengan prinsip ergonomik dan ergonomic yang diterima dan dapat diadaptasi kepada *antropometry* dari para operator Indonesia. Bila material, komponen atau sistem dimaksudkan untuk penggunaan dalam kondisi diluar batasan kemampuan operasi yang telah terbukti, atau bahkan sama sekali baru dalam kaitannya dengan aplikasi yang dimaksud, maka material, komponen atau sistem tersebut harus melalui rangkaian tes yang ketat dalam kondisi-kondisi yang akan memungkinkan interpolasi ataupun ekstrapolasi-minor terhadap kondisi operasi yang diperlukan sebelum penggunaannya dalam reaktor. Hanya reaktor dengan desain yang telah dibuktikan (kehandalannya) yang diperlukan untuk pembangkit listrik tenaga nuklir Indonesia yang pertama. Reaktor yang bias dijadikan referensi harus diidentifikasi, yang kini telah beroperasi dengan performa yang memuaskan, dan memiliki karakteristik basis desain yang sama dengan reaktor yang diajukan, khususnya dalam poin-poin berikut yang merupakan hal-hal penting untuk keselamatan dan kehandalan: - desain nuklir dan termohidrolik dari teras reaktor

1. Desain dari komponen *primary-circuit*
2. Desain dari sistem NSSS (safety and I&C dari sistem keselamatan)

Reaktor yang dijadikan referensi harus telah beroperasi selama 4 tahun setelah pengambil-alihan reaktor. Akumulasi dari faktor availabilitas (*availability factor*) harus lebih dari 75 %, dan rata-rata *reactor-trip* dalam setahun harus kurang dari 2 kali. Konstruktibilitas (*constructibility*, kemudahan pembangunan) Jadwal konstruksi SMR harus jauh lebih baik dibandingkan dengan reaktor yang sudah ada dan harus memberikan basis untuk membangkitkan kepercayaan investor melalui pendekatan-desain untuk konstruksi (*design-for-construction approach*) Total waktu dari komitmen pemilik untuk membangun

hingga operasi komersial: Reaktor harus didesain selama kurang dari atau sama dengan 60 bulan. Waktu konstruksi sejak dari peletakan struktur beton yang pertama hingga operasi komersial : Reaktor harus didesain selama kurang atau sama dengan 42 bulan. Status dari pe-desain-an sudah mencapai 90 % pada saat permulaan konstruksi. Desain dan rencana untuk konstruksi: desain untuk kesederhanaan, modularisasi, dan ruang yang cukup untuk memfasilitasi rencana konstruksi melalui persetujuan dari pemilik reaktor. Untuk mengurangi waktu konstruksi, unit-unit yang telah berbentuk perangkat (*pre-assembled*) atau modularisasi harus dipertimbangkan. Meskipun demikian, proses pembangunan bias juga mengikut sertakan pihak lokal.

Maintainability, Kemudahan Pemeliharaan

Maintanabilitas mengimplikasikan kemudahan dalam melakukan tindakan pencegahan dan pemeliharaan selama operasi, ketersediaan ruangan, akses yang mudah, serta peralatan untuk melaksanakan penggantian dari komponen-komponen utama serta kemungkinan overhaul untuk perpanjangan usia reaktor. Aspek maintainabilitas yang dimasukan kedalam desain reaktor harus mengikutkan pula unsur-unsur standardisasi komponen, desain peralatan untuk pemeliharaan yang minimal, ketersediaan akses yang cukup, dan perbaikan kondisi lingkungan kerja. Reaktor harus didesain untuk kemudahan pemeliharaan, pengurangan eksposi pekerja (terhadap radiasi/bahaya lainnya), dan pemfasilitasian perbaikan dan penggantian peralatan termasuk penggantian generator uap. Manajemen kualitas tanggung jawab terhadap desain dan pekerjaan konstruksi yang berkualitas tinggi berada pada manajemen dan personal dari pendesain dan organisasi kontraktor pembangun konstruksi.

PEMBAHASAN

Dalam penyusunan URD untuk PLTN yang direncanakan dibangun di Indonesia harus memperhatikan letak geografi, keandalan teknologi yang sudah proven, standard yang digunakan harus sesuai dengan yang digariskan oleh persyaratan. Beberapa hal URD versi Eropa yang harus diubah untuk disesuaikan dengan kondisi di Indonesia antara lain :

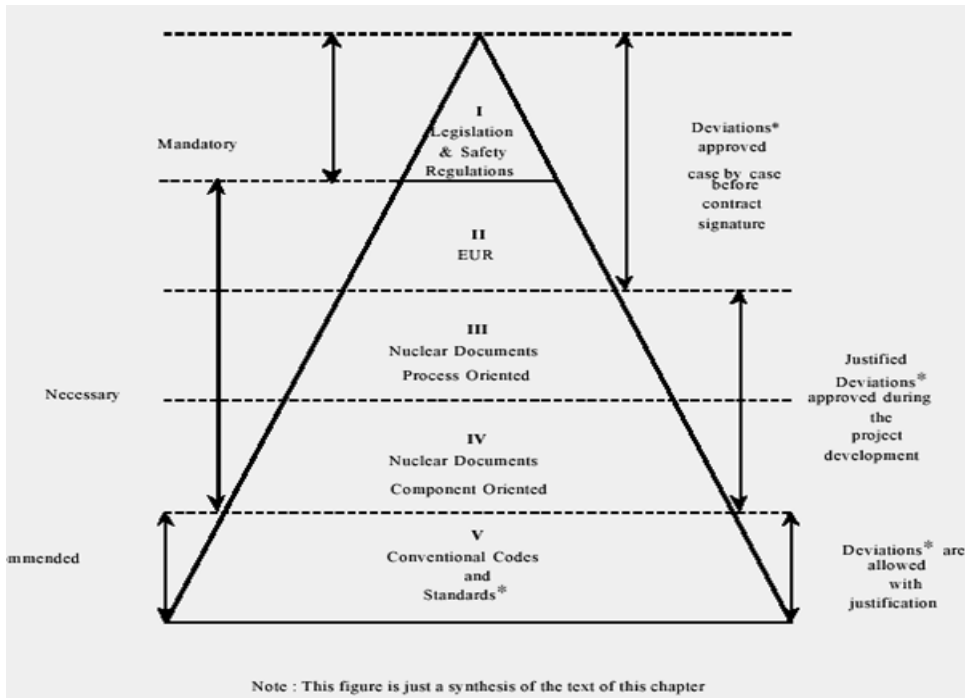
Verifikasi Vol 2 Chapter 3 Grid

Kapasitas hubung singkat jaringan standard Euro 400 kV untuk Indonesia 500 kV, jaringan utama 400 kV di Indonesia 500 kV, begitu pula jaringan pemabngkit dan gardu induk 400 kV di Indonesia 500 kV

Volume 2 Chapter 4 Design Basis

1. Seismic Design Levels untuk Design Basis Earthquake Eropa 0.25 g untuk Indonesia > 0.3 g
2. long-term base temperature 24 °C to 35 °C
3. Relative humidity in Indonesia 60 % at 24 - 35 °C

Verifikasi Vol 2 Chapter 5

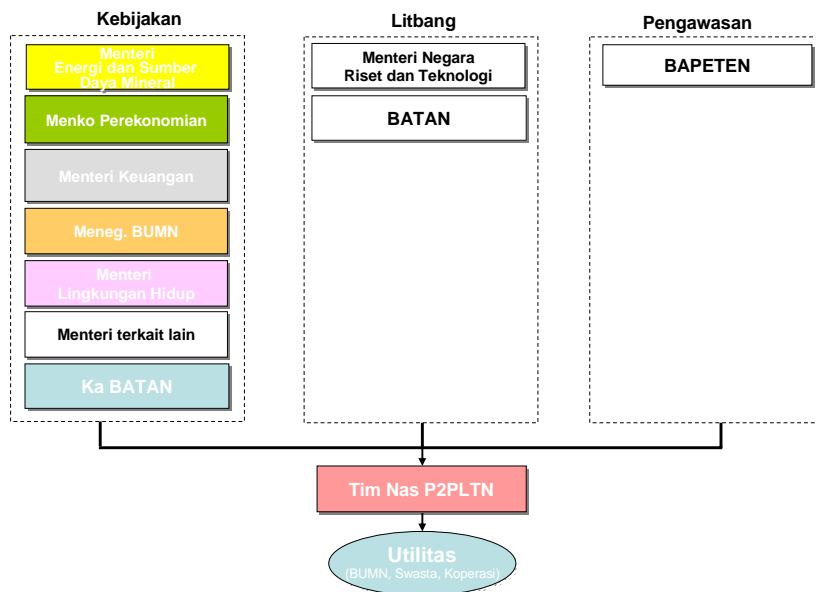


Gambar 3. Harmonisasi Standard & Code

Standard and Code Indonesia untuk secara spesifik nuclear belum ada walaupun di Indonesia sudah ada Badan Standardisasi Nasional dan Standard Nasional Indonesia (SNI) tapi spesifikasi nuclear belum ada oleh

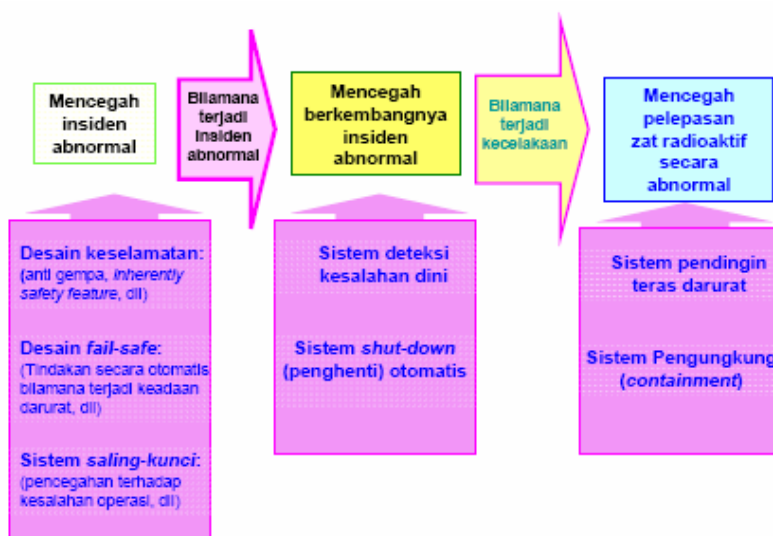
karena itu standard and code kita mengikuti International dan semua standard yang berlaku.

Hubungan Institusi terkait dalam pembangunan PLTN di Indonesia :

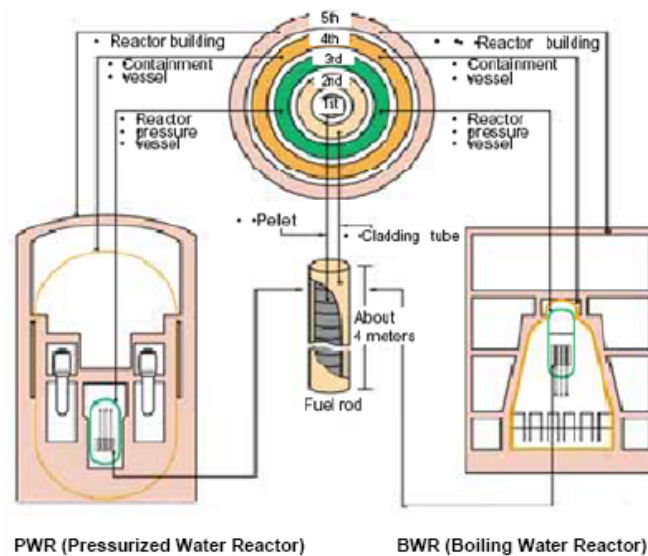


Gambar 4. Hubungan Instansi Terkait Dalam Pembangunan PLTN

Sistim pertahanan berlapis sangat penting dalam PLTN maka Indonesia mempunyai konsep yang diikuti adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Sistim Pertahanan Berlapis



Gambar 6. Konsep Dasar Pada Radiasi Material

Hal-hal yang penting dalam keselamatan adalah :

Requirement keselamatan

1. Kesederhanaan dalam desain, batas/koeffisien keamanan dalam desain, faktor manusia dan hubungan manusia-mesin, standarisasi
2. Teknologi yang telah terbukti, kelayakan konstruksi, kelayakan perawatan
3. Mengelola/mempertahankan tingkat kualitas, codes dan standar
4. Dekomisi, proteksi terhadap investasi

Requirement ekonomi

1. Kriteria dan metodologi untuk penilaian ekonomi
2. Tindakan untuk memperbaiki ke-ekonomi-an

Pendanaan:

1. Pendanaan konvensional
2. Pendanaan alternatif

Requirement khusus nasional

1. Pengembangan SDM, infrastruktur dan partisipasi nasional, alih teknologi
2. Dukungan dalam proses perizinan, pilihan pola kontrak dan konsekuensi tanggung jawab
3. Garansi dan waransi yang perlu lebih panjang, bahan bakar nuklir, bahan khusus dan suku cadang
4. Dukungan teknis dari pemasok, kemitraan demi jangka panjang

KESIMPULAN

URD memang harus dibuat dan disepakati oleh tiga pihak yaitu pengguna (user), pemasok atau pembuat PLTN dan badan perijinan (BAPETEN), sehingga isi dari URD merupakan harmonisasi dari ketiga pihak tersebut. Dimana masing-masing harus puas menerimanya dan tidak ada kekurangan syarat maupun prosedur, yakni keinginan pengguna atau user dapat dipenuhi oleh pemasok/pembuat PLTN dan memenuhi syarat-syarat dan prosedur yang ditetapkan oleh badan perijinan. URD volume 2 versi Eropa sudah sangat komplis namun untuk penyusunan URD PLTN di Indonesia beberapa hal harus disesuaikan dengan kondisi alam di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dokumen IAEA – TECDOC 1167, tentang “User guide for preparation user requirement” 16 October 2000
2. European Utility Requirements For LWR Nuclear Power Plant Revisi C 2001
3. URD LWR in USA by EPRI 1999