

# KESIAPAN SDM SEBAGAI TSO DALAM ANALISIS KESELAMATAN DETERMINISTIK PADA PLTN PERTAMA DI INDONESIA

D. T. SONY TJAHYANI

*Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN*

*Kawasan Puspipstek-Serpong, Tangerang, 15314*

sonybatan@yahoo.com

## Abstrak

**KESIAPAN SDM SEBAGAI TSO DALAM ANALISIS KESELAMATAN DETERMINISTIK PADA PLTN PERTAMA DI INDONESIA.** Dalam peraturan pemerintah nomor 43 Tahun 2006 disebutkan bahwa salah satu syarat yang harus disampaikan dalam proses perizinan konstruksi dan operasi reaktor daya komersial (PLTN) adalah laporan analisis keselamatan pendahuluan dan akhir. Tujuan dari laporan analisis keselamatan adalah untuk memastikan kecukupan dan efisiensi ketentuan yang ada di dalam konsep pertahanan berlapis pada reaktor nuklir. Analisis deterministik digunakan dalam laporan analisis keselamatan. Salah satu tugas TSO (Technical Support Organization) adalah mengevaluasi laporan tersebut berdasarkan permintaan operator atau badan regulasi. Makalah ini membahas mengenai kesiapan SDM sebagai TSO dalam analisis keselamatan deterministik pada PLTN pertama di Indonesia. Kajian dilakukan dengan membandingkan tahapan analisis yang ada di dalam SS-23 dan SS-30 dengan kondisi SDM yang ada di BATAN pada saat ini. Dari hasil kajian menunjukkan bahwa sumber daya manusia analisis keselamatan deterministik siap berfungsi sebagai TSO terutama dalam mereview laporan analisis keselamatan pendahuluan dan merevisi laporan analisis keselamatan akhir dalam proses perizinan PLTN pertama di Indonesia. Sedangkan untuk membuat laporan analisis keselamatan masih diperlukan sejumlah SDM yang berkompeten.

Katakunci: SDM,TSO, deterministik, PLTN

## Abstract

**HUMAN RESOURCES READINESS AS TSO FOR DETERMINISTIC SAFETY ANALYSIS ON THE FIRST NPP IN INDONESIA.** In government regulation no. 43 year 2006 it is mentioned that preliminary safety analysis report and final safety analysis report are one of requirements which should be applied in construction and operation licensing for commercial power reactor (NPPs). The purpose of safety analysis report is to confirm the adequacy and efficiency of provisions within the defence in depth of nuclear reactor. Deterministic analysis is used on the safety analysis report. One of the TSO task is to evaluate this report based on request of operator or regulatory body. This paper discusses about human resources readiness as TSO for deterministic safety analysis on the first NPP in Indonesia. The assessment is done by comparing the analysis step on SS-23 and SS-30 with human resources status of BATAN currently. The assessment results showed that human resources for deterministic safety analysis are ready as TSO especially to review preliminary safety analysis report and to revise final safety

analysis report in licensing on the first NPP in Indonesia. Otherwise, to prepare the safety analysis report is still needed many competency human resources.

Keywords : human resources, technical support organization, deterministic, NPP

## PENDAHULUAN

Pembangunan PLTN ditujukan untuk kesejahteraan masyarakat, maka dari itu keselamatan merupakan hal yang utama dalam pembangunan PLTN di Indonesia. Salah satu cara untuk memenuhi kriteria tersebut, dalam proses pembangunan harus sesuai dengan peraturan dan perundangan di Indonesia serta memenuhi persyaratan dan pedoman keselamatan internasional.

Dalam peraturan pemerintah No. 43 Tahun 2006 pada pasal 12<sup>[1]</sup> disebutkan permohonan izin konstruksi dilakukan paling lama 4 (empat) tahun sejak tanggal diterbitkan izin tapak. Salah satu persyaratan teknis yang perlu disampaikan dalam izin konstruksi adalah laporan analisis keselamatan pendahuluan (LAKP). Selanjutnya dilakukan penilaian teknis oleh BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dalam jangka waktu paling lama 2 (dua) tahun. Hal yang penting dalam laporan tersebut adalah mengenai analisis deterministik.

Sehubungan dengan hal di atas, maka terdapat 2 (dua) hal yang perlu dipersiapkan sehubungan dengan sumber daya manusia (SDM) yaitu mempersiapkan dan melakukan tinjau ulang sebelum LAKP diserahkan ke BAPETEN serta melakukan penilaian teknis laporan tersebut.

Salah satu tugas BATAN dalam persiapan pembangunan PLTN adalah selain sebagai promotor dapat berfungsi sebagai TSO (*Technical Support Organization*). TSO adalah organisasi yang memberikan bantuan teknis berupa jasa konsultasi, studi kelayakan, persyaratan teknis, pendesainan, rekayasa teknis dan, lain-lain terhadap industri, operator/pemilik serta badan regulasi. Oleh karena itu TSO baru dapat berfungsi berdasarkan permintaan pihak-pihak tersebut. Dalam hubungannya dengan persiapan pembangunan PLTN pertama di Indonesia, maka peluang lembaga yang membutuhkan TSO adalah operator dan badan regulasi.

Dalam berfungsi sebagai TSO sangat diperlukan SDM yang mampu menganalisis keselamatan dengan metode deterministik. Dalam kegiatan sebelumnya telah dilakukan kajian terhadap kesiapan SDM dalam analisis probabilistik<sup>[2]</sup>. Tujuan makalah ini adalah memberikan gambaran kemampuan SDM dalam menganalisis secara deterministik sebagai fungsi TSO dalam kaitannya dengan laporan analisis keselamatan (LAK) serta kendala yang dihadapi.

## LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN

Kegunaan analisis deterministik yang utama meliputi: pembuatan dasar desain reaktor nuklir, penyusunan dan revisi LAK, audit (inspeksi) LAK, proses perizinan modifikasi *plant*, pengembangan dan perawatan prosedur pengoperasian kedaruratan serta prosedur manajemen kecelakaan parah<sup>[3]</sup>.

Berdasarkan kegunaan tersebut yang paling memerlukan waktu dan tenaga adalah kaitannya dengan LAK. Beberapa negara industri nuklir yang sudah maju mempunyai format LAK yang berbeda, walaupun secara substansi sama yaitu untuk memastikan kecukupan dan efisiensi ketentuan yang ada di dalam konsep pertahanan berlapis pada reaktor nuklir. Oleh karena itu pada umumnya format LAK tergantung dari ketentuan badan regulasi. Sebagian besar negara yang saat ini sedang dalam proses pembangunan PLTN (misal Korea atau Jepang) mempunyai format yang terdiri atas 19 bab<sup>[4]</sup>, namun bila mengacu pada format IAEA<sup>[5]</sup> terdiri atas 15 bab dengan materi yang terkandung seperti ditunjukkan dalam Tabel 1. Laporan analisis keselamatan yang terdiri atas 19 bab ditunjukkan dalam Tabel 2.

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa sebenarnya isi bab VII format 15 sama dengan bab XV format 19. Perbedaannya pada format 19 analisis probabilistik dipisahkan pada bab tersendiri, sedangkan pada format 15 hanya mencantumkan hasil analisisnya saja.

Analisis keselamatan deterministik sering disebut juga sebagai analisis kecelakaan berisi tentang: keselamatan pada operasi normal, kejadian operasional terantisipasi dan kecelakaan dasar desain, analisis pengelompokkan kejadian pemicu, pertimbangan kemampuan desain untuk kecelakaan melampaui dasar desain, dan kecelakaan parah. Tujuan analisis keselamatan adalah untuk membuktikan bahwa segala sesuatunya sudah sesuai dengan persyaratan keselamatan untuk variasi kondisi operasi dan kejadian pemicu.

Tabel 1. Isi dari LAK Berdasarkan Format IAEA

Bab	Isi
I. Pendahuluan	Deskripsi tentang tujuan dan lingkup, PIN (Pengusaha Instalasi Nuklir), desainer/vendor, badan regulasi dan organisasi pengoperasian
II. Deskripsi <i>Plant</i>	Code/standard, karakteristik teknik dasar, informasi tata letak dan modus pengoperasian
III. Manajemen Keselamatan	Proses manajemen, pemantauan dan tinjau ulang <i>performance</i> keselamatan
IV. Evaluasi Tapak	Data referensi tapak, pengaruh fasilitas industri/transportasi/militer, aktivitas tapak terhadap keselamatan plant, hidrologi, meteorologi, seismologi, perencanaan kedaruratan dan manajemen kecelakaan

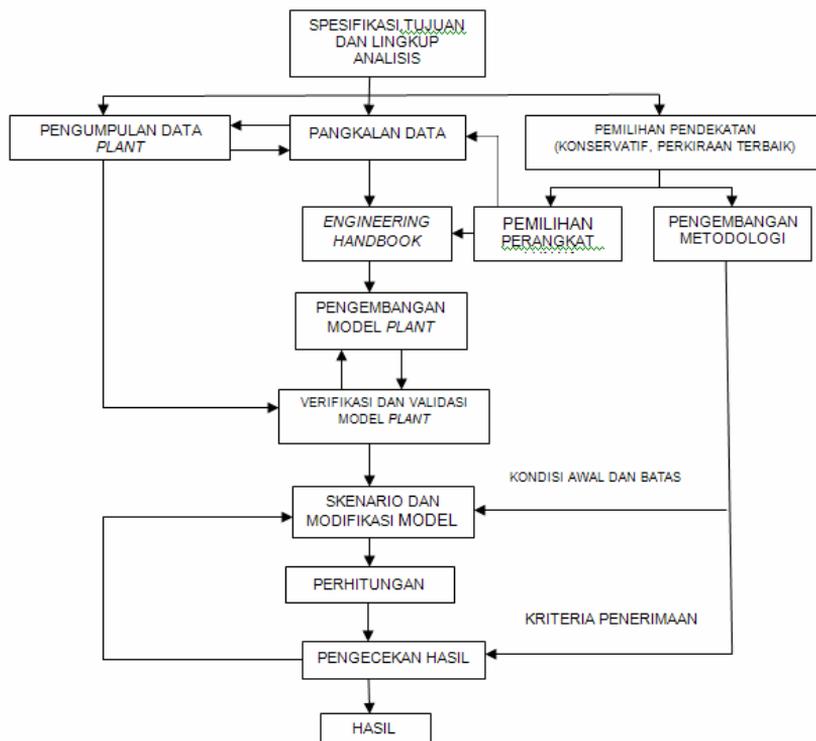
Tabel 1. Isi dari LAK Berdasarkan Format IAEA (Lanjutan)

Bab	Isi
V. Aspek Desain	Tujuan keselamatan dan prinsip desain, pertahanan berlapis, fungsi keselamatan, kriteria dan prinsip desain secara deterministik, kriteria gagal tunggal, kriteria dan persyaratan keselamatan lainnya, kriteria desain secara probabilistik, proteksi radiasi, kesesuaian kriteria dan prinsip desain, klasifikasi SSK (Struktur, Sistem dan Komponen), struktur dan pengerjaan rekayasa sipil, gedung sungkup dan atau pengungkung, rekayasa faktor manusia, proteksi bahaya internal /eksternal.
VI. Deskripsi dan Kesesuaian Terhadap Desain Sistem pada Plant	Reaktor, pendingin reaktor dan hubungannya, fitur keselamatan teknis, instrumentasi dan kendali, trip reaktor, aktuasi fitur keselamatan teknis, keselamatan berhubungan dengan instrumentasi tampilan, instrumentasi lainnya yang berhubungan dengan keselamatan, ruang kendali utama dan penunjangnya, suplai daya, sistem bantu, konversi daya, proteksi kebakaran, penyimpan dan penanganan bahan bakar, pengelolaan limbah radioaktif, sistem yang relevan dengan keselamatan lainnya.
VII. Analisis Keselamatan	Tujuan keselamatan dan kriteria penerimaan, identifikasi dan klasifikasi kejadian pemicu terpostulasi, tindakan manusia, analisis deterministik, analisis probabilistik, ringkasan hasil analisis keselamatan
VIII. Komisioning	Rencana dan proses komisioning
IX. Aspek Operasional	Prosedur administrasi dan pengoperasian, prosedur pengoperasian darurat, manajemen kecelakaan, perawatan, survailan, inspeksi, pengujian, manajemen teras dan penanganan bahan bakar, manajemen penuaan, kendali modifikasi, kualifikasi dan pelatihan personil, faktor manusia, outage.
X. Kondisi dan Batas Operasional	Ketentuan tentang kondisi dan batas operasional
XI. Proteksi Radiasi	ALARA (As Low As Reasonably Achievable), sumber radiasi, fitur desain proteksi radiasi, pemantauan radiasi, program proteksi radiasi,
XII. Kesiapsiagaan Kedaruratan	Manajemen dan fasilitas tanggap kedaruratan, kajian rambatan kecelakaan, lepasan radioaktif dan konsekuensi kecelakaan.
XIII. Aspek Lingkungan	Impak radiologikal, dampak non-radiologikal
XIV. Manajemen Limbah Radioaktif	Kendali limbah, penanganan limbah radioaktif, minimalisasi akumulasi limbah, pengkondisian limbah, penyimpanan limbah, penyimpanan limbah lestari
XV. Dekomisioning	Konsep dekomisioning, ketentuan keselamatan selama dekomisioning, perencanaan pengerjaan awal

Tahapan dalam melakukan analisis deterministik meliputi identifikasi dan pengelompokkan kejadian yang dipertimbangkan dalam dasar desain, analisis skenario, evaluasi konsekuensi dan perbandingan dengan kriteria penerimaan (*acceptance criteria*). Sedangkan prosedur pelaksanaan analisis kecelakaan secara ringkas dapat digambarkan seperti ditunjukkan dalam Gambar 1<sup>[6]</sup>.

Tabel 2. Laporan Analisis Keselamatan Format 19 Bab<sup>[4]</sup>

Bab	Judul	Bab	Judul
I	Pendahuluan dan Deskripsi <i>Plant</i>	XI	Manajemen Limbah Radioaktif
II	Karakteristik Tapak	XII	Proteksi Radiasi
III	Desain SSK	XIII	Pengoperasian
IV	Reaktor	XIV	Program Uji Awal dan ITAAC-Sertifikasi Desain
V	Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem Penghubung	XV	Analisis Kecelakaan
VI	Fitur Keselamatan Teknis	XVI	Spesifikasi Teknis
VII	Instrumentasi dan Kendali	XVII	Jaminan Mutu
VIII	Sistem Suplai Daya	XVIII	Rekayasa Faktor Manusia
IX	Sistem Bantu	XIX	PSA dan Kecelakaan Parah
X	Sistem Konversi Daya dan Uap		

Gambar 1. Prosedur Dalam Pelaksanaan Analisis Kecelakaan<sup>[6]</sup>

Seperti terlihat dalam Gambar 1, sebelum melakukan analisis kecelakaan, harus jelas jenis dan tipe plant yang akan dianalisis. Definisi tujuan dan lingkup yang jelas merupakan prasyarat untuk mendapatkan kinerja yang baik dalam analisis. Pemilihan pendekatan yang diterapkan mempertimbangkan persyaratan badan regulasi dan persetujuan pemakai. Pendekatan yang dipilih akan menentukan jenis perangkat lunak yang dipilih

serta tingkat konservatifnya. Pemilihan perangkat lunak sebaiknya menggunakan jenis perkiraan terbaik (best estimate) serta digunakan secara internasional. Metodologi yang dipilih ditentukan berdasarkan kriteria penerimaan yang akan diacu.

Data plant berdasarkan dokumentasi as design dan/atau as built harus dikumpulkan, dicek dan diacu. Data tersebut sebagai masukan pangkalan data. Titik awal dari pengembangan model plant adalah pangkalan data plant. Model harus menggunakan data plant sebenarnya. Lingkup pangkalan data tergantung dari aplikasinya (misalnya transien terantisipasi, kecelakaan dasar desain, kecelakaan parah, dll).

*Engineering handbook* merupakan langkah menengah antara pangkalan data dan data masukan (*input data deck*), yang menjelaskan cara data *plant* dikonversikan ke dalam data masukan yang diperlukan oleh perangkat lunak. Pangkalan data dan petunjuk penggunaan (*user manual*) digunakan dalam pengembangan model.

Pengembangan model *plant* meliputi geometri, sifat material, rejim aliran, kinetika teras, kendali *plant* dan sistem keselamatan. Rekomendasi atau batasan pada manual harus diikuti selama pengembangan model.

Pada pengembangan model harus dilakukan verifikasi dan validasi untuk memberikan kepastian bahwa persyaratan pemodelan sudah sesuai sepenuhnya serta kinerja dan fungsional masukan sudah cukup. Proses verifikasi merupakan bagian dari kendali kualitas dan berhubungan dengan prosedur jaminan mutu. Model *plant* divalidasi dan diverifikasi untuk memenuhi ke 3 (tiga) hal yaitu geometrikal dan material yang sesuai dengan sistem acuan, sudah terpenuhinya parameter penting yang diukur dalam *plant* acuan pada kondisi setimbang, dan tercapainya persyaratan kondisi transien.

Skenario kecelakaan dilakukan setelah proses verifikasi diselesaikan. Kondisi awal dan batas sesuai dengan metodologi analisis kecelakaan. Data masukan untuk kejadian pemicu harus disiapkan (misalnya ukuran pecah dan lokasi peristiwa LOCA (*Loss of Coolant Accident*)).

Setelah perhitungan diselesaikan perlu dilakukan pengecekan melalui supervisor, perhitungan independen, perbandingan dengan analisis yang identik, ataupun *peer review*. Jika diperlukan, koreksi harus dibuat terhadap data masukan dan dilakukan perhitungan ulang. Nilai batas yang diperlukan untuk perkiraan adalah kesesuaian kriteria penerimaan.

Secara teknis pengelompokan dalam analisis berdasarkan fenomena yang mengarah terhadap penurunan fungsi keselamatan meliputi: bertambah/berkurang pemindah panas oleh sisi sekunder, bertambah/berkurang laju alir di sistem pendingin reaktor, anomali pada

distribusi reaktivitas dan daya, bertambah/berkurang inventori pendingin reaktor dan lepasan radioaktif dari subsistem atau komponen.

Berdasarkan kondisi operasi kejadian pemicu (*initiating event*) dikelompokkan atas 3 hal yaitu: kejadian operasional terantisipasi (AOC, *Anticipated Operational Occurrence*) atau transien, kecelakaan dasar desain, dan melampaui kecelakaan dasar desain. Sedangkan kelompok yang menyebabkan kejadian pemicu adalah: anomali reaktivitas dikarenakan reaktivitas batang kendali, anomali reaktivitas dikarenakan pencairan boron atau injeksi air dingin, *coastdown* pompa sirkulasi utama, hilangnya integritas sistem primer (LOCA), *interfacing system LOCA*, hilangnya integritas sistem sekunder, hilangnya suplai daya, malfungsi sistem primer, malfungsi sistem sekunder, transien terantisipasi tanpa pancung (*scram*), kecelakaan penanganan bahan bakar, kecelakaan sistem bantu dan kecelakaan karena kejadian eksternal.

Penyebab fisis tersebut dikembangkan lebih lanjut yang tergantung pada jenis PLTN, untuk jenis PWR analisis yang dilakukan terdiri atas 14 analisis<sup>[7]</sup>. Sebanyak 4 (empat) analisis terhadap pendingin teras dan tekanan sistem untuk kecelakaan reaktivitas, aliran pendingin reaktor berkurang, bertambahnya pemindah panas oleh sisi sekunder dan dan berkurangnya pemindah panas oleh sisi sekunder. Ada 10 (sepuluh) analisis lainnya meliputi: tekanan sistem untuk bertambahnya inventori pendingin reaktor, pendingin teras untuk LOCA, bocornya sistem primer ke sekunder, transien terantisipasi tanpa pancung (*scram*), kecelakaan pencairan boron, PTS (*Pressurized Thermal Shocks*), degradasi pembuangan panas sisa selama modus operasi padam, transien temperatur-tekanan dalam sungkup, pergerakan radioaktivitas selama kecelakaan dasar desain dan kecelakaan parah.

Untuk dapat melakukan analisis deterministik secara lengkap, terutama berkaitan dengan penyusunan laporan analisis keselamatan diperlukan perangkat lunak mengenai: fisika reaktor, perilaku bahan bakar, termohidrolik, pengungkung, dispersi dan dosis serta analisis struktur.

Sehubungan dengan masalah keselamatan, maka SDM yang dipersiapkan sebagai TSO minimal harus mampu mengevaluasi bab mengenai analisis keselamatan/kecelakaan.

Syarat yang harus dimiliki SDM sebagai penganalisis deterministik adalah pertama mempunyai pengertian dasar fenomena penting dan metoda analisis khususnya fisika reaktor, termohidrolik dan perilaku bahan bakar. Kedua, mempunyai pemahaman terhadap deskripsi *plant* dan kinerjanya.

## PEMBAHASAN

Seperti terlihat dalam Tabel 1 dan Gambar 1, maka SDM sebagai penganalisis deterministik, terutama sebagai SDM TSO yang kegiatannya berhubungan dengan LAK, harus mempunyai kompetensi tertentu karena memerlukan tingkat keahlian yang tinggi serta tenaga dan waktu yang cukup besar.

Bila dilihat dalam tahapan pelaksanaan analisis kecelakaan, maka sebenarnya sebelum meninjau kesiapan SDM, tahapan yang saat ini sulit dilakukan adalah pengumpulan data *plant*. Untuk ketepatan analisis, data *plant* harus merupakan *plant* yang sebenarnya, akan tetapi pada saat ini yang dilakukan oleh SDM adalah melakukan eksekusi berdasarkan data generik. Untuk mendapatkan data yang asli dari *vendor*/pendesain pada saat ini sulit diperoleh karena pemerintah belum menentukan secara pasti jenis/tipe PLTN yang akan dibangun. Tingkat kesulitan dalam tahapan berikutnya adalah pengembangan model yang hal ini berhubungan langsung dengan kesiapan SDM.

Dalam melihat kesiapan SDM sebagai TSO analisis deterministik, maka dapat ditinjau berdasarkan 2 (dua) hal yaitu infrastruktur dan kapabilitas SDM nya yang keduanya saling berkaitan. Dalam hal ini sebagai salah satu infrastrukturnya yang utama adalah ketersediaan perangkat lunak yang sesuai serta aspek legalitasnya. Seperti disebutkan sebelumnya bahwa untuk menunjang sebagai TSO terutama dalam mengevaluasi bab analisis keselamatan/kecelakaan maka diperlukan perangkat lunak mengenai fisika reaktor, perilaku bahan bakar, termohidrolik, pengungkung, dispersi dan stuktur. Berdasarkan inventaris yang terkumpul<sup>[8]</sup>, maka sudah banyak perangkat lunak yang dimiliki BATAN, sebagian seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Sebagian Perangkat Lunak Analisis Keselamatan Untuk PLTN yang ada di BATAN

No.	Kelompok	Nama Perangkat Lunak
1.	Fisika Reaktor	WIMS, CITATION
2.	Perilaku Bahan Bakar	FASTGRASS
3.	Termohidrolik	CATHENA, RELAP5, FLUENT, TRAC, COBRA
4.	Pengungkung	ANSYS
5.	Dispersi	MACCS, COSYMA, CREAM
6.	Struktur	NERA, SHAKET, FASTIVO, PLUXIS
7.	Kecelakaan Parah	RELAP5/SCDAP

Walaupun jumlah jenis perangkat lunak untuk setiap kelompok tidak sama namun perangkat lunak yang tersedia sudah cukup memadai, hanya terdapat beberapa kendala. Pertama perangkat lunak tersebut selain memang

didapatkan berdasarkan pembelian lisensi, tetapi sebagian besar didapatkan dari hasil pelatihan dari IAEA atau institusi lainnya (misalnya JAERI, AECL, NEA, ITB, BMG, dan lain-lainnya). Oleh karena itu harus jelas dan diklarifikasi batasan-batasan dalam penggunaan izin tersebut, karena bila berfungsi sebagai TSO akan berbeda dengan sebagai peneliti ataupun pembelajaran. Semua perangkat lunak yang digunakan harus mempunyai aspek legal atau izin penggunaan. Permasalahan kedua adalah perangkat lunak tersebut tidak terinventarisasi/ tersimpan di satu tempat, sehingga apabila untuk tujuan TSO, perangkat lunak tersebut bila memungkinkan harus ditempatkan di satu tempat, sehingga para penganalisis dapat lebih mudah berinteraksi (berdiskusi) dan memudahkan dalam manajemen. Sebagai tindak lanjut sebaiknya harus dilakukan inventarisasi secara lengkap untuk seluruh perangkat lunak yang ada di BATAN khususnya, maupun yang ada di perguruan tinggi.

Kapabilitas SDM tergantung atas 2 (dua) hal yaitu kualitas dan kuantitas. Tidak ada acuan mengenai jumlah minimal SDM yang diperlukan untuk penyusunan laporan analisis keselamatan (khususnya bagian analisis kecelakaan) seperti halnya analisis probabilistik yang terdapat acuan dari NUREG<sup>[9]</sup>. Oleh karena itu sangat sulit untuk menentukan jumlah minimal yang diperlukan dalam persiapan pembangunan PLTN pertama di Indonesia.

Tabel 4. Perkiraan SDM Analisis Deterministik di BATAN

Tim	Perkiraan Jumlah SDM					Total
	Usia 36-40	Usia 41-45	Usia 46-50	Usia 51-55	Usia 56-60	
I	5	7	16	7	2	37
II	1	2	8	7	3	21
Total	6	9	24	14	5	58

Berdasarkan perhitungan sampling jumlah SDM yang ada di BATAN yang berkaitan dengan analisis deterministik seperti ditunjukkan dalam Tabel 4. Tabel tersebut disusun berdasarkan acuan<sup>[7]</sup> dan dilakukan penyaringan secara global serta disesuaikan dengan kondisi saat ini. Dalam tabel tersebut yang dimaksud dengan tim I adalah SDM yang sampai saat ini melakukan kegiatan yang berhubungan dengan analisis deterministik, sedangkan tim II adalah kelompok yang sebelumnya termasuk kelompok deterministik tetapi beberapa saat ini tidak melakukan kegiatan deterministik karena pindah bidang, usia dan mendapat promosi jabatan. Dari tabel tersebut terlihat walaupun jumlah SDM relatif besar, tetapi tingkat kompetensi setiap SDM belum tentu sama, selain itu sebagian besar SDM dalam tabel tersebut hanya merupakan penganalisis termohidrolik, neutronik, dan dispersi/lingkungan. Dengan melihat tabel tersebut maka tingkat kesiapan SDM tergantung dari kegunaan analisis deterministik. Apabila sebagai TSO hanya untuk mereview

yaitu membandingkan hasil atau parameter LAK terhadap pedoman dan ketentuan IAEA atau institusi internasional lainnya serta kriteria penerimaan, SDM yang ada sudah mampu.

Bila mengacu pada SS-30<sup>[7]</sup>, terdapat 14 analisis yang harus dilakukan, setiap analisis mempunyai antara 2 sampai 6 kejadian pemicu, sehingga bila diperhitungkan semuanya sekitar 49 kejadian. Maka bila mengacu tersebut, SDM yang ada masih perlu usaha yang sangat besar untuk menyusun LAK sendiri, selain dibutuhkan waktu juga diperlukan kompetensi SDM. Seperti disebutkan dalam SS-30 bahwa kebutuhan masing-masing kelompok analisis tidak sama. Yang paling banyak diperlukan adalah kelompok termohidrolik dan neutronik. Keterbatasan tersebut bukanlah kendala dalam pembangunan PLTN pertama di Indonesia, karena berdasarkan pengalaman negara lain dalam membangun PLTN pertama memang tidak harus membuat LAK sendiri. Setelah membangun beberapa unit, TSO tersebut baru dapat berfungsi penuh.

Dalam PP No. 43 Tahun 2006 ditentukan bahwa sebelum mendapatkan izin operasi, maka harus menyampaikan laporan analisis keselamatan akhir. Laporan tersebut disampaikan setelah mendapatkan izin komisioning. Dalam penyiapan laporan analisis akhir (LAKA) tidak terlalu berat karena pada umumnya LAKA merupakan revisi atau modifikasi dari LAKP dan mempunyai waktu yang agak renggang (konstruksi paling lama 5 tahun komisioning paling lama 2 tahun) walaupun harus tepat waktu agar terjadi kesinambungan. Revisi LAK tersebut terutama memasukkan hasil komisioning serta batasan dan kondisi operasi.

Hal yang perlu dicermati juga dalam Tabel 4 adalah jumlah SDM terbanyak adalah pada usia 46 – 50 tahun, sehingga setiap pengunduran program PLTN juga akan berpengaruh terhadap jumlah kesiapan SDM. Maka harus mulai dipersiapkan untuk SDM yunior analisis deterministik, terutama untuk penganalisis neutronik. Hal ini disebabkan bidangnya sangat spesifik dan hanya untuk bidang nuklir.

Kekurangan personil dapat melibatkan perguruan tinggi, namun untuk berfungsi sebagai TSO terdapat batasan untuk melibatkan perguruan tinggi, karena pada umumnya perguruan tinggi dapat bekerjasama dengan melibatkan mahasiswa yang mengambil tugas akhir, padahal terdapat beberapa parameter dalam evaluasi yang bila berfungsi sebagai TSO masih bersifat terbatas. Kecuali bila pelaksana langsung adalah dosen perguruan tinggi, namun demikian mahasiswa merupakan cadangan SDM dalam jangka menengah atau panjang.

Agar didapatkan pencapaian yang optimal maka perlu dilakukan peningkatan SDM analisis deterministik. Hal ini disebabkan perlu dilakukan

pemahaman yang baik tentang fenomena antar bidang, misalnya neutronik, termohidrolik, dan material. Pelatihan dapat dilakukan berdasarkan 3 (tiga) jenis. Pertama studi di universitas atau kursus yang sesuai untuk memahami pentingnya fenomena dalam analisis. Kedua pelatihan praktis pada desain dan pengoperasian *plant*. Dan yang terakhir pelatihan khusus terhadap perangkat lunak untuk analisis.

Beberapa kendala yang ada di dalam SDM deterministik seperti disebutkan berikut ini. Sebagian personil yang sangat berpotensi sebagai penganalisis deterministik mengalami promosi jabatan yang tidak berhubungan lagi dengan bidang analisis deterministik.

Seperti halnya yang terjadi dinegara lain, kondisi umur dan rasa jenuh pada SDM perlu dipertimbangkan. Salah satu cara untuk mencegah penurunan *knowledge*, SDM yang ada dianjurkan selalu aktif mengikuti jejaring kegiatan nuklir yang ada, misalnya ANSN (*Asian Nuclear Safety Network*), CASAT (*Center for Advanced Safety Assessment Tool*) ataupun VTSO (*Virtual TSO*) bila di kemudian hari sudah berfungsi. Selain itu diharapkan kegiatan yang bersifat insentif misalnya program insentif (PI) atau *block grant* tidak hanya bersifat penelitian tetapi juga diperkenankan kegiatan yang bersifat aplikasi atau *workshop*, misalnya kegiatan evaluasi atau *review* laporan analisis keselamatan atau URD (*User Requirement Document*), sehingga dapat mengetahui secara pasti kesulitan dan kerumitan SDM berfungsi sebagai TSO serta strategi dalam pemecahan masalah tersebut.

Sebagai rekomendasi masukan untuk tindak lanjut yang perlu dilakukan adalah, pertama harus didefinisikan secara jelas tentang manajemen TSO serta aspek legal TSO secara institusi. Kedua harus dilakukan inventarisasi tingkat kompetensi SDM analisis deterministik di BATAN. Ketiga dilakukan inventarisasi mengenai perangkat lunak yang digunakan dalam analisis deterministik, status penggunaannya, dan lokasinya.

## KESIMPULAN

Sumber daya manusia analisis keselamatan deterministik siap berfungsi sebagai TSO (*Technical Support Organization*) terutama dalam *mereview* laporan analisis keselamatan pendahuluan dan merevisi laporan analisis keselamatan akhir dalam proses perizinan pembangunan PLTN pertama di Indonesia. Untuk menyusun laporan analisis keselamatan masih diperlukan sejumlah SDM yang berkompeten.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM 1, 2006, “Perizinan Reaktor Nuklir, Peraturan Pemerintah No.43 Tahun 2006”.
2. SONY TJAHyani, D. T., 2008, “Kesiapan SDM Analisis Keselamatan Probabilistik Dalam PLTN Pertama Di Indonesia”, Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, STTN-BATAN.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2007, “Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants”, DS-395, IAEA.
4. BAEK, W.P., 2006, “Nuclear Safety and Safety Assessment”, IAEA Regional Training Course on Safety Assessment and Verification for Nuclear Reactors, NTC/KAERI,.
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2002, “Format and Content of the Safety Analysis Report”, GS-G-4.1, IAEA.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2002, “Accident Analysis for Nuclear Power Plants”, SS-23, IAEA.
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2003, “Accident Analysis for Nuclear Power Plants with Pressurized Water Reactors”, SS-30, IAEA.
8. ANONIM 2, 2004, “Kajian Software dan Hardware Untuk Dukungan Regulasi PLTN”, Laporan Kegiatan Tahun 2004, P2TKN-BATAN.
9. FULLWOOD. R.R., HALL. R.E., 1988, *Probabilistic Risk Assessment in the Nuclear Power Industry: Fundamental and Applications*, Pergamon Press.