

# KEBUTUHAN PELATIHAN SUMBER DAYA MANUSIA PADA OPERASI DAN PERAWATAN PLTN

Nurlaila, Yuliasuti

Pusat Pengembangan Energi Nuklir BATAN

Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710

Telp. (021) 5204243, Email: [alialrun@batan.go.id](mailto:alialrun@batan.go.id), [cryfor.0411@gmail.com](mailto:cryfor.0411@gmail.com)

## **Abstrak**

**KEBUTUHAN PELATIHAN SUMBER DAYA MANUSIA PADA OPERASI DAN PERAWATAN PLTN.** Makalah ini membahas mengenai kebutuhan Sumber daya Manusia (SDM) pada tahap operasi dan perawatan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang dikaitkan dengan kebutuhan pelatihan SDM tersebut. Selain itu, makalah ini juga memaparkan fasilitas pelatihan yang telah tersedia secara domestik serta beberapa saran untuk pengembangan fasilitas pelatihan di Indonesia untuk tahun-tahun ke depan. Asumsi yang digunakan pada studi ini adalah bahwa PLTN yang akan dibangun dan dioperasikan berjumlah dua unit (twin unit) dengan kapasitas tiap unitnya 1000 MWe melalui jenis kontrak turn-key. Jumlah tenaga kerja operasi dan perawatan PLTN berkisar 692 personil yang terdiri atas 42 orang yang bekerja di kantor pusat dan 650 orang yang bekerja di lokasi PLTN. Indonesia telah memiliki pengalaman dalam mengoperasikan dan memelihara pembangkit non-nuklir seperti PLTU dan pengalaman mengoperasikan dan memelihara reaktor riset seperti Reaktor Kartini Yogyakarta, Reaktor Triga Mark II Bandung, dan Reaktor GA Siwabessy Serpong. Selain itu, pengalaman negara-negara lain dalam mengoperasikan dan memelihara PLTN sudah sepatutnya menjadi salah satu referensi bagi Indonesia dalam memformulasikan strategi yang tepat bagi pengembangan SDM PLTN khususnya untuk tahap operasi dan perawatan PLTN. Program pengembangan pendidikan dan pelatihan SDM PLTN dapat dilakukan melalui kerjasama dengan calon vendor.

**Kata Kunci:** Operasi dan Perawatan PLTN, Pelatihan Ketenagalistrikan, SDM PLTN

## **Abstract**

**Human Resources Training Requirement on NPP Operation and Maintenance.** This paper discussed the human resources requirement on Nuclear Power Plant (NPP) operation and maintenance (O&M) phase related with the training required for O&M personnel. In addition, this paper also briefly discussed the availability of training facilities domestically include with some suggestion to develop the training facilities intended for the near future time in Indonesia. This paper was developed under the assumptions that Indonesia will build twin unit of NPP with capacity 1000 MWe for each using the turnkey contract method. The total of NPP O&M personnel were predicted about 692 peoples which consists of 42 personnel located in the head quarter and the rest 650 people work at NPP site. Up until now, Indonesia had the experience on operating and maintaining the non-nuclear power plant and several research reactors namely Kartini Reactor Yogyakarta, Triga Mark II Reactor Bandung, and GA Siwabessy Reactor Serpong. Beside that, experience on operating and maintaining the NPP in other countries would act as one of the reference to Indonesia in formulating an appropriate strategy to develop NPP human resources particularly in O&M phases. Education and training development program could be done trough the cooperation with vendor candidates.

**Keywords:** NPP Operation and Maintenance, Electric Power Training, NPP Human Resources

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jumlah penduduk terbesar ke empat di dunia, hal ini sebagai modal bagi tumbuhnya industri yang berbasis tenaga kerja. Selain itu, jumlah tenaga kerja yang besar juga menjadi peluang bagi tumbuhnya sektor industri yang berbasis padat iptek. Peluang itu akan semakin memiliki keunggulan yang kompetitif, bila didukung dengan adanya kualitas tenaga kerja yang memadai melalui peningkatan keterampilan teknis, keahlian profesional, serta pembinaan kemampuan masyarakat yang dilakukan secara terus menerus.

Akan tetapi, pada kenyataannya saat ini potensi sumber daya manusia Indonesia relatif belum terdayagunakan secara maksimal. Hal ini disebabkan masih rendahnya produktivitas tenaga kerja karena rendahnya tingkat pendidikan atau pelatihan yang diperoleh pada sebagian masyarakat. Menurut data resmi Badan Pusat Statistik bulan Februari 2008, dari jumlah penduduk yang berusia 15 tahun ke atas sebanyak 165,57 juta orang, jumlah angkatan kerja Indonesia sebanyak 111,48 juta orang dengan jumlah yang telah bekerja sebanyak 102,05 juta orang, dan penduduk yang masih menganggur sebanyak 9,43 juta orang<sup>[1]</sup>.

Besarnya jumlah penduduk, di satu sisi merupakan daya tarik bagi para investor untuk menjadikannya sebagai salah satu kekuatan pasar atas produk yang akan mereka hasilkan. Akan tetapi, di sisi lain besarnya jumlah penduduk mengharuskan pemerintah untuk terus memikirkan tersedianya lapangan kerja bagi puluhan juta tenaga kerja tersebut. Atas dasar hal tersebut, diperlukannya upaya-upaya untuk meningkatkan tenaga kerja yang lebih berkualitas dan produktif, sehingga tenaga kerja yang dihasilkan nantinya tidak saja merupakan tenaga kerja yang memiliki keunggulan komparatif, tetapi juga keunggulan kompetitif.

Rencana pemerintah Indonesia untuk membangun dan mengoperasikan PLTN pada akhir dasawarsa 2010 merupakan salah satu peluang tersedianya lapangan kerja baru bagi sumber daya manusia (SDM) di Indonesia. Untuk dapat memanfaatkan peluang ini dengan sebaik-baiknya diperlukan perencanaan, persiapan dan pengelolaan SDM yang kompeten bekerjasama dengan pusat pelatihan SDM yang ada di tanah air maupun di luar negeri. Hal ini karena pada dasarnya penguasaan teknologi sistem ketenagalistrikan (pembangkitan, penyaluran, dan distribusi) memerlukan SDM, baik tenaga terampil maupun tenaga ahli yang dapat merencanakan/merancang, membangun, mengoperasikan, memelihara dan melakukan penelitian dan pengembangan (litbang) ketenagalistrikan yang dapat berkembang secara dinamis sesuai dengan tuntutan kualifikasinya.

Studi ini membahas mengenai kebutuhan SDM pada tahap operasi dan perawatan PLTN, serta dikaitkan dengan kebutuhan pelatihan SDM tersebut. Studi juga memaparkan fasilitas pelatihan yang telah tersedia secara domestik serta beberapa saran untuk pengembangan fasilitas pelatihan di Indonesia untuk tahun-tahun ke depan. Asumsi yang digunakan pada studi ini adalah bahwa PLTN yang akan dibangun dan dioperasikan di Indonesia berjumlah dua unit (*twin unit*) dengan kapasitas daya tiap unitnya 1000 MWe, melalui jenis kontrak *turn-key*.

Jenis pelatihan SDM pada PLTN sangat banyak dan beragam, karena itu makalah ini membatasi ruang lingkup studi pada kebutuhan pelatihan hanya untuk personil operasi dan perawatan (*Operation and Maintenance, O&M*) PLTN. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis-jenis pelatihan yang dapat dibutuhkan bagi personil PLTN, serta sebagai masukan bagi para pengambil kebijakan dalam pengembangan PLTN di Indonesia.

## 2. PERSONIL OPERASI DAN PERAWATAN PLTN

Jumlah personil teknis untuk implemetasi proyek di setiap negara tergantung pada jumlah unit PLTN yang akan dibangun, tingkat teknologi domestik, kualifikasi tenaga SDM dan organisasi terkait, tingkat partisipasi nasional dan metode pengadaan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Meskipun demikian, kebutuhan SDM tidak berbeda banyak pada negara-negara berkembang ketika memulai pembangunan proyek PLTN pertama, karena kenyataan bahwa porsi pertimbangan peralatan dan jasa harus diimpor dari luar negeri<sup>[2]</sup>.

Durasi proyek pembangunan PLTN sekitar 10 – 15 tahun, yang dimulai dari pengambilan keputusan formal untuk memulai proyek - tahap operasi komersial. Jumlah kebutuhan tenaga kerja pada periode puncak (2 – 3 tahun sebelum *start-up*) proyek pembangunan PLTN berdaya 600 – 1300 MW mencapai total 6800 orang, dengan 85% diantaranya diklasifikasikan sebagai teknisi dan tenaga tukang (*craftsmen*) yang didistribusikan ke dalam kategori teknisi dan tenaga tukang untuk manufaktur dan konstruksi. Sementara sisanya (15%) merupakan tenaga profesional. Untuk tahap persiapan dan tahap awal proyek hanya dibutuhkan 50-100 orang sebagai staf professional yang berkualitas, khususnya dalam penyusunan program jangka panjang pengembangan energi nuklir<sup>[2]</sup>.

### 2.1. Kebutuhan Personil Operasi & Perawatan PLTN

Pada dasarnya organisasi kerja personil PLTN dapat dikembangkan berdasarkan pengalaman yang didapat dari pengelolaan pembangkit konvensional seperti PLTU. Namun demikian, karakteristik dasar PLTN yang berkaitan dengan radioaktivitas teras reaktor, bahan nuklir dan iradiasi neutron menyebabkan terciptanya beberapa perbedaan organisasi kerja personil pembangkit seperti adanya seksi atau bagian yang menangani masalah kontrol radiasi ke lingkungan, kontrol kimia air, dan lain-lain.

Pada tahap operasional dan perawatan pembangkit, kebutuhan personil PLTN (jenis *twin unit*) terdiri atas personil yang bekerja di kantor pusat perusahaan pengelola PLTN (*Utility*) dengan jumlah 42 orang, dan personil yang bekerja di lokasi pembangkit dengan jumlah 650 orang. Tugas personil di kantor pusat *Utility* antara lain mengelola anggaran pengeluaran untuk pembangkitan listrik, merencanakan strategi daur bahan bakar nuklir dan pembuangan limbah, mengkaji teknologi baru yang berkaitan erat dengan perbaikan fasilitas pembangkit, mengurus perizinan ke Badan Pengawas Tenaga Nuklir, menyusun jadwal operasi melalui negosiasi dengan divisi operasi jaringan dan menyusun strategi program jaminan mutu. Tabel 1 menunjukkan rincian kebutuhan tenaga kerja PLTN di kantor pusat *Utility* untuk masing-masing posisi.

Tabel 1. Kebutuhan Tenaga Kerja PLTN di Kantor Pusat *Utility*<sup>[3]</sup>

Posisi	Jumlah (orang)
Manajer Umum ( <i>General Manager</i> )	1
Deputi	3
Biro Umum dan Sekretariat	8
Pengelola Anggaran	3
Bagian Perencanaan Strategi untuk Daur Bahan Bakar Nuklir	2
Bagian Perencanaan Strategi untuk Kontrol Radiasi & Pembuangan Limbah	4
Bagian Urusan Kepegawaian	2
Bagian Pengadaan Bahan Bakar Nuklir	4
Bagian Perencanaan Perbaikan (Peningkatan) Fasilitas	4
Bagian Analisis dan Evaluasi Keselamatan	4
Bagian Urusan Perizinan	1
Bagian Perencanaan Operasi	5
Bagian Penyusunan Strategi Program Jaminan Mutu	2
<b>Total</b>	<b>42</b>

Pasokan tenaga kerja untuk memenuhi kebutuhan personil di lokasi PLTN selain dipasok oleh perusahaan pengelola juga dipasok melalui mekanisme *outsourcing*. Mekanisme *outsourcing* dalam penyediaan personil PLTN digunakan terutama untuk mengurangi biaya operasional dan meminimalisasi populasi tenaga kerja perusahaan pengelola PLTN. Jenis pekerjaan yang mungkin dilakukan untuk tenaga kerja *outsourced* antara lain pekerjaan yang membutuhkan keterampilan khusus, perawatan peralatan, dan pekerjaan-pekerjaan yang relatif mudah atau bersifat pekerjaan untuk mengurus rumah tangga (*house keeping*). Tenaga kerja *outsourced* didapat melalui perusahaan pemasok pembangkit, *vendor* instrumen-instrumen, *vendor* katup-katup, perusahaan perawatan, maupun perusahaan pengurus rumah tangga.

Perbandingan jumlah pegawai perusahaan *Utility* dengan tenaga kerja *outsourced* sangat bergantung pada sistem sosial dan budaya di masing-masing negara. Berdasarkan pengalaman PLTN di Jepang, jumlah tenaga kerja *outsourced* pada PLTN *twin unit* dapat mencapai 330 orang. Hampir 300 orang di antara jumlah tersebut merupakan tenaga kerja yang menangani masalah-masalah teknis. Tabel 2 menunjukkan rincian kebutuhan personil PLTN *twin unit* di lokasi PLTN baik untuk pegawai tetap *Utility* maupun tenaga kerja *outsourced*.

**Tabel 2. Kebutuhan Tenaga Kerja di Lokasi PLTN<sup>[3]</sup>**

Posisi	Jumlah Tenaga Kerja (orang)	
	<i>Utility</i>	<i>Outsourced</i>
Manajer Pembangkit	1	
Deputi Manajer Pembangkit Urusan Umum/Perdagangan	1	
- Bagian Urusan Umum	15	
- Bagian Manajemen Aset dan Akuntansi	8	
- Bagian Kepegawaian dan Keselamatan Industri	6	2
Deputi Manajer Pembangkit bidang Manajemen <i>Engineering</i>	1	
- Staf Keselamatan Reaktor	2	
- Staf Pelatihan dan Pendidikan	2	
- Staf Jaminan Mutu	3	
- Bagian <i>Engineering</i> dan Pendukung Teknis	12	14
- Bagian Pengelola Bahan Bakar Nuklir & Teras Reaktor	8	
- Bagian Kontrol Radiasi	25	79
- Bagian Kontrol Kimia Air	9	14
Deputi Manajer Pembangkit bidang Pengelolaan Fasilitas & Operasi	1	
- Bagian Manajemen Fasilitas	20	
- Bagian Operasi Pembangkit	90	1
Deputi Manajer Pembangkit bidang Perawatan Pembangkit (Bagian Perawatan Pembangkit Sehari-hari)	1	212
- Bagian Perawatan Elektrikal	30	9
- Bagian Perawatan Mekanikal	41	2
- Bagian Perawatan Arsitektural	7	
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>333</b>
Lain-lain		
- Pusat Pelatihan Nuklir	8	
- Pusat Informasi Masyarakat	1	10
- Bagian Pengamanan	30	
- Kantin	10	

Staf Keselamatan Reaktor bertugas untuk menganalisis berbagai aktivitas yang berhubungan dengan keselamatan nuklir dan memeriksa parameter-parameter reaktor untuk memastikan tingkat keselamatan nuklir PLTN. Staf Jaminan Mutu di lokasi PLTN bertanggung jawab dalam mengawasi terlaksananya program jaminan mutu serta memeriksa hasil implementasi jaminan mutu dalam berbagai aktivitas di tiap bagian.

Bagian *Engineering* dan Pendukung Teknis terbagi atas dua sub-bagian, yaitu sub-bagian Urusan Teknis Umum dan Pendukung Teknis, serta sub-bagian Kontrol Konfigurasi dan Dokumen. Sub-bagian Urusan Teknis Umum dan Pendukung Teknis ini bertanggung

jawab dalam pengurusan semua masalah di bidang teknis, merencanakan kesiapsiagaan darurat nuklir, menyusun statistik kinerja pembangkit, menyusun program umpan-balik pengalaman operasi bekerjasama dengan bagian Manajemen Fasilitas, dan melaksanakan komisioning, serta berpartisipasi dalam penyusunan perizinan di bidang teknis. Sub-bagian Kontrol Konfigurasi dan Dokumen menangani sistem komputer untuk keseluruhan manajemen, serta mengelola ruang arsip untuk dokumen desain, rekaman operasi, dan rekaman perawatan.

Bagian Bahan Bakar Nuklir dan Teras Reaktor bertugas menganalisis kinerja teras reaktor, memberikan rekomendasi ke bagian Operasi Pembangkit berdasarkan parameter-parameter reaktor yang diamati, menghitung derajat bakar bahan bakar nuklir, merencanakan pola pasokan bahan bakar nuklir, dan melakukan inspeksi terhadap bahan bakar nuklir tersebut.

Bagian Kontrol Kimia Air terutama bertugas menangani tingkat kimia air sistem primer dan sekunder PLTN. Bagian Kontrol Radiasi terbagi atas sub-bagian Proteksi Radiasi dan sub-bagian Pemantauan Lingkungan. Sub-bagian Proteksi Radiasi bertanggung jawab dalam mengelola sejarah dosis masing-masing individu personil PLTN, menangani operasi fasilitas limbah radioaktif, dan berbagai pengukuran tingkat dosis radiasi di keseluruhan unit pembangkit. Sub-bagian Pemantauan Lingkungan bertugas untuk mengawasi data radiasi lingkungan dan merawat sistem pengukuran radiasi lingkungan.

Bagian Manajemen Fasilitas terbagi atas empat sub-bagian, yaitu sub-bagian Perencanaan Modifikasi Fasilitas, Pengelola Anggaran dan Akuntansi, Perencanaan Kerja *Outage* Pengisian Ulang Bahan Bakar dan *Steam Generator Clean-up Task Force*. Bagian Operasi Pembangkit terbagi atas sub-bagian Manajemen Operasi Pembangkit, Manajemen Pengeluaran & Operasi, Perencanaan Isolasi dan *Outage* Pengisian Bahan Bakar Berikutnya.

Bagian Perawatan bertanggung jawab dalam merawat dan memperbaiki semua fasilitas pembangkitan listrik dan berbagai fasilitas pendukung lainnya, mengelola sejarah perawatan dan data kondisi operasi setiap peralatan, dan melaksanakan jaminan mutu serta kendali mutu pada setiap peralatan PLTN.

Khusus untuk bagian perawatan kebutuhan personil PLTN (*twin unit*), terdiri dari personil *Utility* dan personil *outsourced*. Jumlah personil *Utility* untuk perawatan sebanyak 93 orang, yang terbagi dalam tiga seksi perawatan, yaitu<sup>[4]</sup>:

1. Seksi perawatan listrik: 16 orang menangani sistem instrumentasi dan kontrol reaktor, 13 orang menangani sistem instrumentasi dan kontrol *turbine island* dan 13 orang menangani peralatan listrik
2. Seksi perawatan mekanik: 13 orang menangani sistem reaktor, 16 orang menangani *Balance Of Plant* (BOP) dan 11 orang menangani *turbine island*.
3. Seksi perawatan arsitektur: 3 orang menangani gedung, dan 3 orang menangani fasilitas tanah dan sipil.

Personil *Utility* untuk perawatan terdiri dari manajer, deputy manajer, insinyur/*foremen* yang bekerja pada saat kondisi normal dan teknisi yang bekerja pada saat kondisi normal dan saat *outage* pengisian ulang bahan bakar (*refueling outage*).

Sementara itu personil *outsourced* untuk perawatan terdiri dari insinyur/*foremen*, teknisi dan tukang (*worker*) yang bekerja baik saat kondisi normal maupun saat *refueling outage*. Jumlah personil perawatan *outsourced* pada kondisi normal sebanyak 221 orang yang terdiri dari<sup>[4]</sup>:

1. Layanan perawatan yang membutuhkan pengetahuan khusus untuk peralatan: *foremen* sebanyak 7 orang dan teknisi/*worker* sebanyak 10 orang.

2. Perawatan bidang (*field maintenance*) yang bekerja untuk peralatan agar dapat memotong jumlah personil di kantor *Utility: foremen* sebanyak 35 orang dan teknisi/*worker* sebanyak 169 orang.

Sedangkan jumlah personil perawatan *outsourced* pada saat *refueling outage* sebanyak lebih dari 1000 orang untuk populasi puncak (*peak population*), yaitu jumlah tenaga kerja maksimal yang dimiliki perusahaan pada saat *refueling outage*.

## 2.2. Berbagai Pelatihan yang Diperlukan

Personil O&M PLTN merupakan elemen penting yang sangat berperan dalam menciptakan serta menjaga keselamatan dan keandalan operasi PLTN. Untuk itu, pelatihan personil O&M PLTN memegang porsi yang sangat besar dalam program pengembangan SDM untuk proyek pembangunan PLTN secara keseluruhan. Personil O&M PLTN harus memiliki pemahaman secara rinci sebagai keseluruhan sistem PLTN, peralatan-peralatan serta kontrol dan instrumentasi.

Berdasarkan pengalaman Korea, sistem pelatihan personil O&M pada dasarnya terdiri atas dua tahap, yaitu <sup>[2]</sup>:

1. Tahap pelatihan yang mencakup pelatihan di dalam kelas, laboratorium, *workshop*, simulasi dan *On the Job Training* (OJT). Pelatihan-pelatihan ini dilakukan di negara pemasok PLTN pada proyek PLTN pertama.
2. Tahap *On the Job Experience* (OJE) pada lokasi PLTN.

Korea juga membagi materi pelatihan beserta durasinya secara rinci sebagai berikut <sup>[2]</sup>:

- a. Kursus pengoperasian termasuk kursus dasar operasi PLTN dan operasi ruang kontrol utama (26 minggu).
- b. Kursus perawatan mekanik meliputi perawatan mekanik umum, piranti pengisian ulang bahan bakar, pembangkit uap, pompa pendingin reaktor, turbin, pompa dan katup, pemeriksaan *non-destructive*, dan generator diesel (15-19 minggu).
- c. Kursus perawatan alat-alat kelistrikan meliputi perawatan alat kelistrikan secara umum, generator, regulator tegangan otomatis, transformator, pemutus tenaga (*breakers*), *relay* proteksi, motor pengoperasi katup, elektronik daya dan *inverters* (16-17 minggu).
- d. Kursus instrumentasi dan kontrol meliputi perawatan instrumentasi dan kontrol secara umum, instrumentasi nuklir, proteksi reaktor, batang kendali, indikator posisi batang kendali, pengatur turbin (*governors*), dan sistem *integrated logic*. (15-16 minggu).
- e. Kursus komputer meliputi operasi komputer umum, pelatihan perangkat lunak dan perangkat keras. (29-47 minggu).
- f. Kursus kimia meliputi kursus kimia umum, dan radiokimia (17 minggu).
- g. Kursus *engineering* reaktor meliputi kursus manajemen teras reaktor secara umum, manajemen bahan bakar nuklir/teras reaktor, sistem pengawasan *core operating limit*, proteksi teras, dan desain bahan bakar nuklir (28 minggu).
- h. Kursus kontrol radiasi meliputi kontrol radiasi secara umum, pengukuran dan analisis radiasi dan manajemen material radioaktif (13 minggu).
- i. Kursus pengadaan (11 minggu).
- j. Kursus jaminan mutu (12 minggu).
- k. Kursus simulator meliputi pelatihan dasar simulator, kursus perawatan simulator, kursus perangkat keras dan perangkat lunak simulator (38 minggu).
- l. Kursus instruktur yang sesuai dengan materi pelatihan yang harus ada (10 minggu).

Masing-masing personil di bagian analisis keselamatan, bahan nuklir, sistem instrumentasi dan kontrol, dan bagian perencanaan isolasi untuk *outage* pengisian bahan bakar, wajib mendapatkan materi pelatihan yang menjelaskan tentang "Sistem PLTN" baik secara umum maupun spesifik. Materi pelatihan lainnya perlu ditambahkan sesuai dengan bidang pekerjaan di tiap-tiap personil. Misalnya, untuk personil di bagian analisis

keselamatan, selain materi “Sistem PLTN” selama satu tahun, ditambahkan pula materi “Dasar Analisis Keselamatan” selama tiga bulan, dan “Sistem Pembangkit dan Analisis Keselamatan” selama dua tahun.

Durasi dan waktu pelaksanaan pelatihan berbeda-beda untuk masing-masing bidang pekerjaan. Personil di semua bagian, wajib mendapatkan materi pelatihan “Sistem PLTN” selama satu tahun, kecuali untuk bagian Bahan Nuklir yang hanya membutuhkan waktu hanya 3 bulan (Tabel 3). Tiap personil, mendapatkan materi pelatihan yang sesuai dengan bidang pekerjaannya selama kurun waktu 1-2 tahun.

**Tabel 3. Kebutuhan Pelatihan untuk Personil O&M PLTN [3]**

Bidang Pekerjaan	Materi Pelatihan	Periode	Waktu Pelaksanaan (sebelum operasi komersial)
Analisis Keselamatan	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Dasar Analisis Keselamatan	3 bulan	11 tahun
	Sistem Pembangkit dan Analisis Keselamatan	2 tahun	10 - 11 tahun
Bahan Nuklir	Sistem PLTN	3 bulan	12 tahun
	Karakteristik Teras Reaktor Nuklir	1 tahun	11 tahun
Peralatan Mekanikal di Sistem Primer PLTN	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi peralatan sistem primer	2 tahun	10 - 11 tahun
Peralatan Mekanikal di Sistem Sekunder PLTN	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi peralatan sistem sekunder	1 tahun	11 tahun
Fasilitas Purifikasi Air dan Fasilitas Lainnya di Sistem Sekunder	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi fasilitas	2 tahun	11 tahun
Sistem Instrumentasi dan Kontrol	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi instrumentasi dan kontrol di sistem primer	1 tahun	11 tahun
	Fungsi & spesifikasi instrumentasi dan kontrol di sistem sekunder	1 tahun	10 tahun
Peralatan Elektrik	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi peralatan elektrik	1 tahun	11 tahun
Sistem untuk Monitoring dan Proteksi Paparan Radiasi	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi & spesifikasi sistem kontrol radiasi	1 tahun	10 - 11 tahun
Pengukuran Bio Kimia Air	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Peralatan untuk mengukur bio kimia air	2 tahun	10 - 11 tahun
Teras Reaktor dan Bahan Nuklir	Sistem PLTN	1 tahun	12 tahun
	Fungsi dan spesifikasi peralatan untuk penanganan bahan bakar	2 tahun	10 - 11 tahun
<i>Operation Related Systems</i>	Sistem PLTN	1 tahun	11 tahun
	Operasi pembangkit dan manajemen operasi	1 tahun	10 tahun
Staf Pelatihan dan Pendidikan	Sistem PLTN	1 tahun	5 tahun
	Persyaratan kualifikasi personil pembangkit	1 tahun	4 tahun
Manajer dan Staf Bagian Operasi Pembangkit	Sistem PLTN	1 tahun	5 tahun
	Operasi pembangkit dan manajemen operasi	1 tahun	4 tahun
Pengawas <i>Shift</i>	Sistem PLTN	1 tahun	5 tahun
	Operasi pembangkit	2 tahun	4 - 5 tahun
Pengawas Unit	Sistem PLTN	1 tahun	7 tahun
	Pengasahan keahlian dalam operasi pembangkit	1 tahun	6 tahun
	Operasi pembangkit	2 tahun	3 - 4 tahun
Operator Pembangkit	Sistem PLTN	1 tahun	7 tahun
	Pengasahan keahlian dalam operasi pembangkit	1 tahun	6 tahun
	Operasi pembangkit	2 tahun	3 - 4 tahun
Staf Keselamatan Nuklir	Sistem PLTN	1 tahun	4 - 5 tahun
	Dasar analisis keselamatan	3 bulan	4 tahun
	Sistem pembangkit dan analisis keselamatan	2 tahun	3 - 2 tahun
Perencana Kerja untuk <i>Outage</i> Pengisian Bahan Bakar	Sistem PLTN	1 tahun	4 - 3 tahun
	Cara merencanakan jadwal kerja <i>outage</i> pengisian bahan bakar	2 tahun	1 - 3 tahun
Perencana Isolasi untuk <i>Outage</i> Pengisian Bahan Bakar	Sistem PLTN	1 tahun	4 - 3 tahun
	Cara mempersiapkan isolasi untuk <i>outage</i> pengisian bahan bakar	2 tahun	1 - 3 tahun

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa waktu pelaksanaan pelatihan untuk tiap bidang pekerjaan bervariasi. Bagian Analisis Keselamatan, Bahan Nuklir, Peralatan Mekanikal pada Sistem Primer & Sekunder PLTN, Fasilitas Purifikasi Air dan Fasilitas Lain di Sistem Sekunder, Sistem Instrumentasi & Kontrol, Peralatan Elektrik, Sistem Monitoring dan Proteksi Paparan Radiasi, Pengukuran Bio Kima Air, Teras Reaktor dan Bahan Nuklir, dan *Operation Related System*, sebaiknya mendapatkan pelatihan 10-12 tahun sebelum operasi komersial PLTN. Sedangkan bagian Staf Pelatihan & Pendidikan, Manajer & Staf Bagian Operasi Pembangkit, Pengawas *Shift*, Pengawas Unit, Operator Pembangkit, Staf Keselamatan Nuklir, dan Perencanaan Kerja & Isolasi *Outage* Pengisian Bahan Bakar, sebaiknya mendapatkan pelatihan 1- 7 tahun sebelum operasi komersial PLTN.

Secara keseluruhan pelatihan-pelatihan tersebut (Tabel 3) ditujukan untuk tenaga kerja golongan profesional, yaitu SDM berlatar belakang pendidikan S1 (atau setara), S2 atau S3 teknik/rekayasa (nuklir, elektro, mesin, kimia, arsitek). Namun demikian untuk bidang pekerjaan Perencana Kerja dan Isolasi untuk *Outage* Pengisian Bahan Bakar, pelatihan ditujukan untuk tenaga kerja berlatar belakang pendidikan sekolah tinggi teknik atau STM bidang mekanik, listrik, sipil dan las.

### 2.3. Potensi Fasilitas Pelatihan dalam Negeri

Proyek pembangunan PLTN yang baru pertama kali akan diselenggarakan oleh suatu negara seperti Indonesia, namun pemerintah belum menyediakan pelatihan personil O&M secara domestik. Pada saat ini pedoman penyelenggaraan pelatihan di bidang ketenagalistrikan telah disusun dan diimplementasikan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), sedangkan pelatihan khusus di bidang ketenaganukliran dilaksanakan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN)<sup>[5]</sup>. Pelatihan ketenagalistrikan diharapkan memenuhi kualifikasi yang diakui secara nasional maupun internasional dengan maksud untuk meningkatkan kompetensi SDM dalam rangka memenuhi tuntutan kualifikasi SDM sesuai dengan klasifikasi pekerjaannya di bidang ketenagalistrikan<sup>[1]</sup>.

Pada proyek PLTN pertama, pelatihan personil O&M dilakukan di negara pemasok PLTN dalam bentuk paket kontrak. Namun dalam perkembangannya pertumbuhan jumlah PLTN akan mendorong terbentuknya fasilitas pelatihan personil O&M PLTN secara domestik. Sementara untuk fasilitas pelatihan personil aspek non nuklir sudah tersedia di dalam negeri.

Indonesia memang belum mempunyai pengalaman dalam pembangunan dan pengoperasian PLTN. Namun demikian pengalaman dalam pembangunan dan pengoperasian pembangkit listrik non nuklir seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) telah dimiliki oleh beberapa institusi pemerintah antara lain DESDM, dan Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN (Persero)). Pengalaman dalam pembangunan dan pengoperasian reaktor nuklir riset untuk keperluan penelitian yang telah dilaksanakan oleh BATAN adalah reaktor Kartini di Yogyakarta (200 kW), reaktor Triga Mark II di Bandung (2 MW) dan reaktor GA. Siwabessy di Serpong (30 MW).

Sementara itu pelatihan yang berkaitan langsung dengan O&M instalasi nuklir belum tersedia di Indonesia. Saat ini jenis pelatihan yang sudah dilaksanakan oleh BATAN khususnya oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Pusdiklat) berupa Pelatihan Teknisi dan Supervisor Perawatan Reaktor Riset GA Siwabessy, Kartini dan Triga Mark II. Selain itu ada juga jenis pelatihan untuk Operator dan Supervisor Reaktor Serbaguna GA Siwabessy<sup>[6]</sup>.

Fasilitas pelatihan personil O&M untuk pembangkit listrik di Indonesia, secara umum dikelola oleh PT. PLN (Persero) adalah pengoperasian unit PLTU, perawatan *heat exchanger*, perawatan katup (*valve*), perawatan pompa dan kompresor, perawatan turbin

uap, perawatan pipa/*piping*, perawatan generator, perawatan *crane*, *overhead crane* dan *elevator*, perawatan *switchgear*, perawatan instalasi listrik pemakaian sendiri, analisa kimia air, dan pengoperasian sistem pemadam kebakaran<sup>[7]</sup>.

### 3. PEMBAHASAN

Penyiapan SDM merupakan salah satu faktor penting untuk pembangunan dan pengoperasian PLTN, bahkan sudah harus dimulai sejak tahap persiapan proyek. Pembinaan SDM untuk persiapan dan pengoperasian PLTN di Indonesia telah dilakukan sejak awal tahun 1980-an. Apabila introduksi PLTN dilakukan pada akhir dasawarsa 2010, maka sebagian besar tenaga untuk mengoperasikan PLTN telah pensiun. Oleh karena itu saat ini merupakan kurun waktu penting dalam hal persiapan SDM melalui transfer keahlian dari seniornya maupun melalui pelatihan dari tenaga ahli PLTN internasional. Sekitar 260-300 personil operasi dan perawatan PLTN harus dilatih untuk dapat mengoperasikan dan melakukan perawatan PLTN. Selain itu, diharapkan mereka juga dapat terlibat dalam instalasi sistem dan peralatan serta proses *start-up* PLTN<sup>[2]</sup>.

Suatu organisasi operasi PLTN bertanggung jawab terhadap penerimaan dan pelatihan tenaga kerja (personil) PLTN. Manajer pembangkit listrik mempunyai tanggung jawab penuh dan memainkan peranan penting dalam pengembangan dan pelaksanaan program pelatihan untuk menjamin/memastikan kualifikasi dan kompetensi personil PLTN<sup>[8]</sup>.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), yaitu Perka No. 10 tahun 2008, telah disusun beberapa standar kompetensi untuk bidang operasi, perawatan dan keselamatan reaktor daya. Standar kompetensi tersebut berkaitan dengan pelaksanaan operasi reaktor daya sesuai dengan *Standard Operation Procedure (SOP)* dan *Instruction Manual* yang memiliki 5 (lima) elemen kompetensi yaitu menerapkan prosedur pengoperasian reaktor daya, mempersiapkan pengoperasian reaktor daya, mengoperasikan PLTN, menanggulangi gangguan operasi PLTN, dan membuat laporan<sup>[5]</sup>.

Kompetensi diujikan di tempat kerja atau di tempat lain secara simulasi dengan kondisi kerja sesuai dengan keadaan normal. Pengetahuan yang dibutuhkan untuk kompetensi ini adalah dasar-dasar teori reaktor, karakteristik desain umum teras reaktor, sistem pendingin primer, sistem pendingin sekunder, sistem bantu, karakteristik operasi selama kondisi tunak dan transien, sistem kendali reaktivitas, sistem proteksi reaktor, sistem kedaruratan, sistem pengungkung, prinsip keselamatan radiasi dan sistem proteksi radiasi, sistem penanganan dan pengelolaan bahan nuklir, prinsip perpindahan panas dan termohidrolika reaktor, serta penggunaan fasilitas untuk kendali dan mitigasi kecelakaan. Kualifikasi pendidikan formal yang harus dimiliki minimal setara Diploma 3 Teknik<sup>[5]</sup>.

Kerjasama dalam hal pendidikan dan pelathan dengan negara calon *vendor* PLTN dapat dilakukan melalui beberapa program berikut<sup>[9]</sup>:

1. Pendidikan dasar nuklir dan pelaksanaan pelatihan umum dari universitas, melalui penggunaan fasilitas pelatihan seperti pusat pelatihan, simulator dan lain-lain.
2. Pelatihan bagi staf operasi dan posisi lainnya yang relevan pada kantor *vendor*, diikuti dengan *on-the-job training* selama konstruksi tahap akhir, komisioning dan *start up*.
3. Pelatihan pada *vendor* dan pelatihan *hands-on* pada pembangkit yang mirip dapat diambil untuk dijadikan sebagai kerjasama.
4. Program pelatihan untuk meningkatkan keahlian dan pengetahuan dapat dilakukan berrsama-sama. Peningkatan keahlian pelatih dilakukan dengan pertukaran antar negara.
5. Pusat-pusat pelatihan yang dikembangkan secara bersama-sama, ada pertukaran pelatih, kunjungan jangka pendek ke lokasi PLTN.

6. Program pelatihan utama sebaiknya juga dikembangkan bersama-sama oleh organisasi operasi , karena membutuhkan pelatihan berupa teori, *on-the-job* dan simulator.
7. Program kerjasama teknis IAEA dapat mendukung program pendidikan dan pelatihan tenaga nuklir.

#### 4. KESIMPULAN

Jumlah tenaga kerja operasi dan perawatan PLTN *twin unit* (kapasitas 1000 MWe) berkisar 692 orang, yang terdiri atas 42 orang personil bekerja di kantor pusat dan 650 orang bekerja di lokasi PLTN. Besarnya jumlah kebutuhan SDM pada tahap operasi dan perawatan seharusnya dapat dijadikan sebagai peluang untuk membuka lapangan pekerjaan bagi angkatan produktif Indonesia yang memenuhi kualifikasi tertentu. Hal tersebut hanya dapat terwujud dengan tersedianya berbagai fasilitas pelatihan ketenagalistrikan yang menunjang kualifikasi tertentu yang dibutuhkan.

Indonesia telah memiliki pengalaman dalam mengoperasikan dan memelihara pembangkit non-nuklir, seperti PLTU dan pengalaman mengoperasikan dan memelihara reaktor riset, seperti Reaktor Kartini Yogyakarta, Reaktor Triga Mark II Bandung, dan Reaktor GA Siwabessy Serpong. Selain itu, pengalaman negara-negara lain dalam mengoperasikan dan memelihara PLTN sudah sepatutnya menjadi salah satu referensi bagi Indonesia dalam memformulasikan strategi yang tepat bagi pengembangan SDM PLTN khususnya untuk tahap operasi dan perawatan PLTN. Program pengembangan pendidikan dan pelatihan SDM PLTN dapat dilakukan melalui kerjasama dengan calon *vendor*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANONIM, Keadaan Ketenagakerjaan Indonesia, Badan Pusat Statistik, Februari 2008, Berita Resmi Statistik No. 26/05/Th 2008.
- [2] ANONYMOUS, Report for Human Resources Development Program for Indonesia, KHNP, November 2007.
- [3] SUMIO FUJII, Action Plan for Human Resource Development Before Plant Turnover, BATAN-MHI Joint Study Program Phase 2, Information Exchange Meeting, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., April 2008.
- [4] SUMIO FUJII, Maintenance Management of Nuclear Power Plant, BATAN-MHI Joint Study Program Phase 2, Information Exchange Meeting, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., November 2008.
- [5] ANONIM, Konsep Pengembangan SDM Bidang Pembangkit Tenaga Listrik-PLTN, 2008.
- [6] ANONIM, Program Pelatihan 2009, Pusat Pendidikan dan Pelatihan, BATAN, 2009.
- [7] ANONIM, Pelatihan Bidang Pembangkitan Thermal, 2007, PT. PLN Persero Pusat Pendidikan dan Pelatihan, <http://www.pln-jasdik.co.id/?sec=7&cat=22&page=1>, Diakses 15 Desember 2008.
- [8] IAEA, Development of Instructors for Nuclear Power Plant Personnel Training, TECDOC 1392, IAEA, Vienna June 2004.
- [9] IAEA, Potential for Sharing Nuclear Power Infrastructure between Countries TECDOC 1522, IAEA, Vienna 2005.