

## PEMETAAN DAN PENYIAPAN SDM TAHAP PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN PLTN DI INDONESIA

Moch. Djoko Birmano, Yohanes Dwi Anggoro

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN), BATAN

Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710

Telp./Fax.: 021 – 5204243, E-mail: [birmano2004@yahoo.com](mailto:birmano2004@yahoo.com)

### ABSTRAK

**PEMETAAN DAN PENYIAPAN SDM TAHAP PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN PLTN DI INDONESIA.** *Penyiapan sumber daya manusia (SDM) yang kompeten merupakan salah satu infrastruktur dasar pembangunan PLTN. IAEA merekomendasikan bahwa pada kegiatan awal penyiapan SDM PLTN adalah melakukan Pemetaan Proses Bisnis (Business Process Mapping) dengan mengidentifikasi pengetahuan, keterampilan dan kemampuan SDM yang dibutuhkan untuk melaksanakan operasi dan perawatan PLTN. Tujuan studi adalah memetakan dan menyiapkan SDM di BATAN untuk tahap pengoperasian dan perawatan PLTN di Indonesia. Metode yang digunakan adalah memetakan proses bisnis pada tahap pengoperasian dan perawatan PLTN, melakukan identifikasi jabatan, melakukan survei dengan kuesioner dan perhitungan, dan analisis data. Survei dan pengisian kuesioner untuk mengetahui tingkat kompetensi teknis personil di BATAN pada tahap pengoperasian dan perawatan PLTN. Analisis menggunakan Metode Analisis Kesenjangan (Gap Analysis Methods) dengan Kriteria Standar Kompetensi SDM yang didasarkan pada kualifikasi kompetensi teknis. Studi ini menggunakan asumsi bahwa PLTN yang akan dibangun sebanyak 2 unit (twin) dan mulai beroperasi pada tahun 2027. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari aspek pendidikan, BATAN mampu memenuhi kebutuhan SDM sebesar 53,64 % hingga 73,75 %. Sedangkan dari aspek pelatihan dan pengalaman kerja khusus, tingkat partisipasi SDM BATAN masih sangat rendah dari yang dipersyaratkan oleh IAEA. Hal ini diakibatkan SDM muda di BATAN yang memiliki kualifikasi pendidikan, pengalaman, pelatihan dan sertifikasi teknis di bidang operasi dan perawatan PLTN masih terbatas. Berdasarkan hal ini, perlu adanya penyiapan SDM PLTN dengan menyusun program kegiatan pengembangan SDM PLTN berdasarkan kualifikasi yang dipersyaratkan.*

**Kata Kunci:** SDM, PLTN, analisis kesenjangan

### ABSTRACT

**THE MAPPING AND PREPARATION OF HUMAN RESOURCES FOR NPP'S OPERATION AND MAINTENANCE IN INDONESIA.** *The preparation of the competent human resources (HRs) is one of the basic infrastructure of NPP's development. IAEA recommends that at the initial activity in preparation of human resources for NPP is doing Business Process Mapping by identifying the knowledge, skills and abilities of required human resources to carry out the operation and maintenance of NPPs. This study aims to mapping and preparing of human resources for NPP's operation and maintenance in Indonesia. The method used are mapping business processes at operation and maintenance stage of NPP, identifying positions, conducting surveys with questionnaires and calculations, and data analysis. Surveys and questionnaires to determine the level of technical competence of personnel in BATAN at operation and maintenance stage. Analysis using the Method of Gap Analysis with human resources Competency Standards Criteria based on technical competence qualifications. This study uses the assumption that the nuclear power plant will be built 2 units (twin) and start operation in 2027. The results showed that from the aspect of education, BATAN able to meet the needs of human resources at 53.64 to 73.75%. While from the aspect of training and specific work experience, participation level of BATAN's human resources is still very low of IAEA requirements. This case caused because young human resources in BATAN who have educational qualifications, experience, training and technical certifications in the field of operation and maintenance of nuclear power plants is still limited. Based on this, there should be preparation of NPP's human resources with establish NPP's human resources development program based on required qualifications.*

**Keywords:** Human resources, NPP, gap analysis.

## **1. LATAR BELAKANG**

Program Nuklir di Indonesia merupakan program pembangunan dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir baik di bidang non-energi maupun energi untuk tujuan damai. Pemanfaatan bidang non-energi di Indonesia sudah berkembang cukup maju, sedangkan dalam bidang energy, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) hingga saat ini masih diupayakan untuk mendapatkan dukungan publik, walaupun di kalangan internasional dianggap bahwa Indonesia sudah cukup mampu dan sudah saatnya menggunakan PLTN. Salah satu hal yang sering dipertanyakan publik adalah apakah Sumber Daya Manusia (SDM) Indonesia mempunyai kemampuan untuk mengoperasikan PLTN, walaupun sebenarnya kemampuan SDM nuklir di Indonesia saat ini, sudah mampu merencanakan, mengoperasikan dan memelihara reaktor nuklir non daya<sup>[1]</sup>.

Berdasarkan UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, 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, rancang bangun dan rekayasa, dan lain-lain terhadap industri, operator/pemilik serta badan regulasi<sup>[2],[3]</sup>. Selain itu, BATAN berkewajiban menyiapkan infrastruktur dasar seperti diantaranya kajian teknologi, ekonomi & pendanaan, pengolahan limbah dan persiapan & pengembangan SDM.

Beberapa negara berkembang sedang mempersiapkan pemanfaatan tenaga nuklir. Introduksi PLTN di Indonesia dalam bauran energi nasional (*National Energy Mix*) diharapkan menciptakan komposisi optimal penyediaan energi. Banyak aspek yang harus disiapkan untuk introduksi PLTN, salah satunya adalah aspek SDM<sup>[4]</sup>. Penyiapan SDM yang kompeten merupakan salah satu infrastruktur dasar pembangunan PLTN<sup>[5]</sup>. SDM yang mempunyai kompetensi dan berkualitas sangat penting dalam pengoperasian dan perawatan PLTN, khususnya untuk keselamatan dan keandalan<sup>[6]</sup>. Oleh sebab itu, setiap negara yang memulai program tenaga nuklir memiliki tanggung jawab utama untuk merencanakan dan melaksanakan program penyiapan SDM yang berbasis kompetensi, yang harus dimulai pada tahap awal dari program tenaga nuklir tersebut.

IAEA menekankan bahwa kegiatan awal dalam menyiapkan SDM PLTN adalah melakukan Pemetaan Proses Bisnis (*Business Process Mapping*) dengan mengidentifikasi pengetahuan, keterampilan dan kemampuan SDM yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek PLTN<sup>[6],[7],[8],[9]</sup>. Disamping itu dituntut untuk mengembangkan lembaga pendidikan dan pelatihan guna mempersiapkan para pekerja PLTN, khususnya pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan<sup>[10]</sup>. Studi ini bertujuan untuk memetakan SDM PLTN di Indonesia dan mempersiapkan SDM PLTN ke depan dengan menyusun program pengembangan SDM PLTN dan pelatihan yang merupakan hasil dari analisis kesenjangan (*gap analysis*) antara kualifikasi SDM PLTN yang dipersyaratkan dengan realitas kualifikasi SDM PLTN yang ada saat ini.

Makalah ini merupakan salah satu bagian studi yang perlu disiapkan karena merupakan salah satu bagian infrastruktur dasar pembangunan PLTN, yaitu SDM sesuai dengan petunjuk IAEA dalam dokumen IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.2 yang berjudul "*Evaluation of the Status of National Nuclear Infrastructure Development*".

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan melalui empat (4) tahapan, yaitu:

- Tahap I memetakan proses bisnis pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN
- Tahap II melakukan identifikasi jabatan
- Tahap III melakukan survei dengan kuesioner
- Tahap IV melakukan perhitungan, analisis dan pembahasan

Kegiatan tahap ke-1 dimaksudkan untuk mengetahui struktur organisasi, dan tahap pengoperasian dan perawatan PLTN yang memunculkan bermacam-macam jabatan. Tahap ke-2 untuk memperoleh nama jabatan beserta tugas fungsinya, jumlah kebutuhan dan kualifikasi personal yang akan dipakai untuk mendisain kuesioner. Tahap ke-3 untuk memperoleh data hasil survei dan kuesioner berupa kualifikasi teknis responden. Tahap ke-4 untuk memperoleh data hasil kuesioner yang akan menghasilkan perbedaan nilai antara kualifikasi teknis hasil kuesioner dengan kualifikasi teknis SDM PLTN yang dipersyaratkan IAEA. Perbedaan kualifikasi teknis (*gap*) ini dianalisis untuk menyusun pengembangan SDM PLTN yang sesuai dengan persyaratan/kriteria SDM PLTN pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan.

## 2.2. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dengan melakukan survei dan pengisian kuesioner oleh responden yang dibatasi untuk SDM di internal BATAN. Pengisian kuesioner dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kompetensi teknis personil PLTN pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan.

Penyusunan kuesioner berdasarkan pada beberapa asumsi sebagai berikut:

- Kuesioner ditujukan untuk jabatan supervisor ke atas (non-operator) di organisasi tahap pengoperasian dan perawatan PLTN,
- SDM yang diperhitungkan hanya yang bekerja di pembangkit, tidak SDM yang bekerja di kantor pusat,
- PLTN diasumsikan beroperasi pada tahun 2027,
- Jumlah PLTN yang akan dioperasikan pada tahun 2027 adalah 2 unit (twin).

Sedangkan penentuan kriteria responden yang disurvei berdasarkan beberapa ketentuan sebagai berikut:

- Pegawai BATAN yang bekerja di unit kerja yang terkait dengan aktivitas operasi dan perawatan PLTN, yaitu:
  - a. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)
  - b. Pusat Teknologi Nuklir, Bahan dan Radiometri (PTNBR)
  - c. Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN)
  - d. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN)
  - e. Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG)
  - f. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)
  - g. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR)
  - h. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (STTN)
- Latar belakang pendidikan dari Teknik (Nuklir, Fisika, Mesin, Elektro, Kimia dan Lingkungan) dan MIPA (Fisika, Kimia dan Instrumentasi)
- Pegawai berumur maksimal 50 tahun pada saat mulai operasi PLTN tahun 2027 atau berumur maksimal sekitar 36 tahun pada tahun 2013 (saat survei dilakukan).

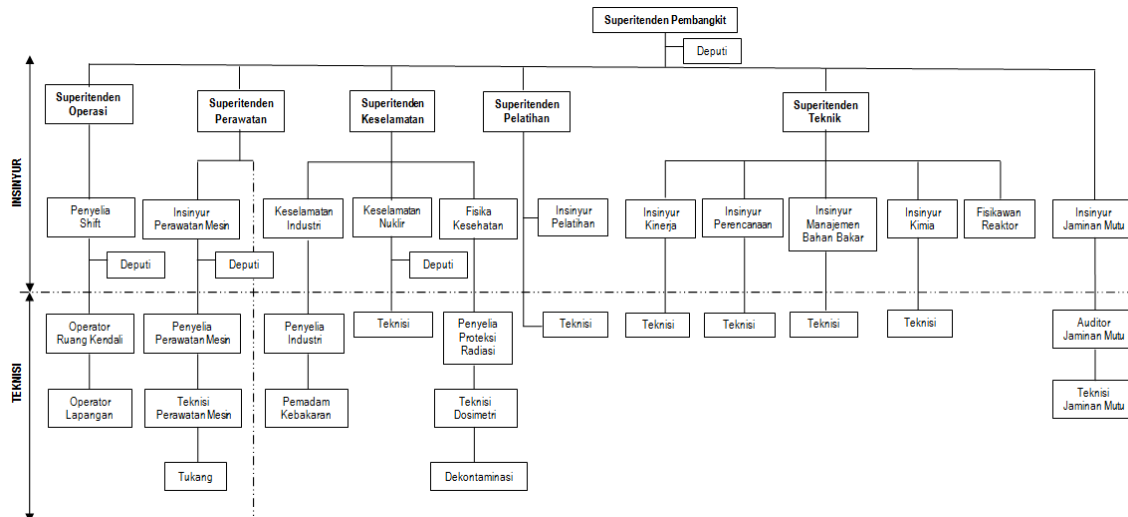
## 2.3. Analisis Data Hasil Survei Kuesioner

Analisis hasil survei kuesioner menggunakan Metode Analisis Kesenjangan (*Gap Analysis Methods*), yaitu digunakan Kriteria Standar Kompetensi SDM yang didasarkan pada kualifikasi kompetensi teknis yang terdiri dari 3 kriteria, yaitu kualifikasi pendidikan, sertifikasi, dan pengalaman. Untuk menyiapkan SDM PLTN ke depan dilakukan dengan menyusun program pengembangan dan pelatihan SDM PLTN yang merupakan hasil dari analisis kesenjangan antara kualifikasi SDM PLTN yang dipersyaratkan IAEA dengan realitas kualifikasi SDM PLTN yang ada di internal BATAN saat ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemetaan Proses Bisnis Pada Tahap Pengoperasian Dan Perawatan PLTN

Pemetaan proses bisnis pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN menghasilkan struktur organisasi yang memunculkan berbagai macam jabatan dari level teratas (Superintenden Pembangkit) sampai dengan level terendah dalam pembangkit (Operator/Tukang), seperti ditunjukkan dalam Gambar 1<sup>[6]</sup>.



Gambar 1. Struktur Organisasi Operasi dan Perawatan PLTN<sup>[6]</sup>.

Pada gambar 1 diatas merupakan struktur organisasi yang diperlukan pada tahap operasi dan perawatan PLTN untuk jumlah PLTN yang beroperasi sebanyak 2 unit (*twin*). Secara umum struktur organisasi tersebut mencakup lima bagian utama dari keseluruhan kegiatan pada tahap operasi dan perawatan PLTN, diantaranya adalah: operasi, perawatan, keselamatan, pelatihan, dan teknik. Setiap jabatan/posisi pada tahap operasi dan perawatan PLTN mempunyai tugas dan fungsi tertentu, seperti terlihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tugas dan Fungsi Jabatan Pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN<sup>[6]</sup>

No.	Nama Jabatan	Tugas dan Fungsi
1.	Superintenden Pembangkit	Bertanggung jawab keseluruhan untuk perencanaan, pengarahan dan koordinasi semua kegiatan yang terlibat dalam operasi dan pemeliharaan pembangkit.
2.	Deputi Superintenden	Berbagi tugas dengan Superintenden Pembangkit, menggantikannya di ketidakhadirannya
3.	Superintenden Operasi	Bertanggung jawab operasi pembangkit sesuai dengan prosedur dan ketentuan yang ditetapkan. Hubungan dengan divisi pemeliharaan pembangkit dan divisi teknis lainnya.
4.	Penyelia Shift	Bertanggung jawab untuk mengawasi staf operasi dalam pengoperasian pembangkit dan shift; bertanggung jawab untuk penilaian awal setiap kejadian yang tidak biasa dan tindakan berikutnya.
5.	Deputi Penyelia Shift	Berbagi tugas dengan Penyelia Shift, menggantikannya di ketidakhadirannya.
6.	Superintenden Perawatan	Bertanggung jawab untuk kegiatan pemeliharaan pembangkit, pemeliharaan preventif, perbaikan, modifikasi peralatan, komponen, sistem, suku cadang, bahan, alat, bengkel, perencanaan pemeliharaan, penjadwalan, penganggaran; proteksi radiasi, prosedur dan pelaksanaan instruksi.
7.	Insinyur Perawatan	Bertanggung jawab untuk mengorganisir dan melaksanakan perawatan

No.	Nama Jabatan	Tugas dan Fungsi
8.	Superintendent Keselamatan	preventif dan kerusakan dan overhaull tahunan, diantaranya mesin/mekanis, listrik, instrumentasi & kontrol dan Sipil Bertanggungjawab thd keselamatan industri dan nuklir dan thd fisika kesehatan. Mengawasi kepatuhan dengan prosedur keselamatan, peraturan, panduan yang ditetapkan.
9.	Insinyur Keselamatan Industri	Bertanggungjawab thd keselamatan industri pembangkit, mengawasi kepatuhan dengan prosedur, aturan, peraturan, proteksi kebakaran, keamanan.
10.	Insinyur Keselamatan Nuklir	Bertanggungjawab untuk mengawasi kepatuhan thd prosedur, aturan, peraturan keselamatan nuklir selama aktivitas operasi&perawatan normal. Membantu staf operasi selama kejadian abnormal.
11.	Fisikawan Kesehatan	Bertanggung jawab untuk masalah proteksi radiasi, pemantauan, survei, pengelolaan limbah, pembuangan, manajemen record, perencanaan dan kinerja tindakan proteksi radiasi dalam kasus kejadian abnormal.
12.	Superintendent Pelatihan	Bertanggungjawab untuk mengembangkan dan melaksanakan program pelatihan dan pelatihan ulang; manajemen fasilitas pelatihan; menganalisis kinerja pembangkit dan personil untuk meningkatkan pelatihan. Pengawasan, pengendalian dan pemeriksaan pengikut pelatihan.
13.	Insinyur Pelatihan	Kinerja kegiatan pelatihan di bawah arahan Superintendent Pelatihan.
14.	Superintendent Teknik	Bertanggungjawab untuk menyediakan semua layanan pendukung teknis yang diperlukan untuk operasi dan perawatan yang aman dan efisien. Pengembangan dan analisis prosedur; perencanaan kegiatan secara keseluruhan; manajemen bahan bakar; aspek metalurgi dan kimia; fisika reaktor; tindakan korektif; perbaikan; inspeksi in-service, manajemen dokumentasi; kegiatan pengamanan.
15.	Staf Rekayasa Teknik	Arah dan kinerja kegiatan divisi teknis di bidang tertentu.
16.	Insinyur Jaminan Mutu	Bertanggungjawab dalam perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan prosedur dan pelaksanaan jaminan mutu selama operasi & perawatan pembangkit.

### 3.2. Identifikasi Jabatan

Struktur organisasi pada Gambar 1 digunakan untuk mengidentifikasi jabatan/posisi, sehingga dapat ditentukan identitas jabatan yang terdiri dari kualifikasi teknis personal dan jumlah kebutuhan personil PLTN pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan seperti terlihat pada Tabel 2<sup>[6]</sup>.

**Tabel 2. Identitas Jabatan dan Kebutuhan Personal pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN (2 unit *twin*)<sup>[6]</sup>**

Jabatan / Posisi	Jumlah Personil	Kualifikasi Teknis		
		Pendidikan	Pengalaman	Pelatihan Khusus
<b>Superintendent Pembangkit</b> (Plant Superintendent)	2	S-2 Teknik	12-15 tahun dalam profesi; 8-10 tahun di operasi pembangkit; minimal 2-3 tahun di PLTN; mempunyai kemampuan manajerial.	Kursus teknologi tenaga nuklir (1-2 tahun); pelatihan khusus (1-2 tahun) dalam operasi pembangkit daya seperti kursus operator, keselamatan nuklir, manajemen bahan bakar, analisis sistem, kontrol proses, instrumentasi
<b>Deputi Superintendent</b> (Plant Deputy Superintendent)	2	S-2 Teknik	10-12 tahun dalam profesi; 5-10 tahun di operasi pembangkit; minimal 2-3 tahun di PLTN, menjabat posisi senior.	Kursus teknologi tenaga nuklir (1-2 tahun); pelatihan khusus (1-2 tahun) dalam operasi pembangkit daya seperti kursus operator, keselamatan nuklir, manajemen bahan bakar, analisis sistem, kontrol proses, instrumentasi
<b>Divisi Operasi Superintendent</b>	2	S-2 Teknik	8-10 tahun dalam profesi; 4-5 di operasi pembangkit;	Kursus teknologi tenaga nuklir (1-2 tahun); pelatihan operator, simulator,

Jabatan / Posisi	Jumlah Personil	Kualifikasi Teknis		
		Pendidikan	Pengalaman	Pelatihan Khusus
Operasi ( <i>Operation Superintendent</i> )			minimal 2-3 tahun di operasi PLTN.	OJT; analisis sistem, instruksi rinci dalam pembangkit spesifik, Partisipasi aktif pada komisioning pembangkit; SIB Reaktor (4-5 tahun). Pelatihan operator PLTN (Sertifikasi).
<b>Penyelia Shift</b> ( <i>Shift Supervisors</i> )	10 - 12	S-1 Teknik, diutamakan Elektro atau Mesin	5-10 tahun dalam profesi; 3-5 tahun di operasi pembangkit, diutamakan PLTN.	Pelatihan tingkat lanjut di pembangkit spesifik; kursus tingkat lanjut di bidang sistem, keselamatan, operasi (3-4 tahun termasuk partisipasi aktif dalam komisioning dan OJT)
<b>Deputi Penyelia Shift</b> ( <i>Deputy Shift Supervisors</i> )	10 - 12	S-1 Teknik	5-8 tahun dalam profesi; 3-5 tahun di operasi pembangkit, diutamakan PLTN.	Pelatihan operator PLTN (Sertifikasi). Pelatihan tingkat lanjut di pembangkit spesifik; kursus tingkat lanjut di bidang sistem, keselamatan, operasi (3-4 tahun termasuk partisipasi aktif dalam komisioning dan OJT)
<b>Divisi Perawatan</b> Superintenden Perawatan ( <i>Maintenance Superintendent</i> )	2	S-1 Teknik, diutamakan Mesin	10-15 tahun dalam profesi; 5-8 tahun di pembangkit; minimal 2-3 tahun di PLTN	Kursus dasar tenaga nuklir; pelatihan perawatan tenaga listrik (1-2 tahun); proteksi radiasi, QA/QC, kontrol & instrumentasi; pelatihan tingkat lanjut komponen pembangkit spesifik, sistem; partisipasi dalam ereksi dan komisioning pembangkit.
<b>Insinyur Perawatan</b> ( <i>Maintenance Engineers</i> )	16-28	S-1 Teknik	5-10 tahun dalam profesi; ; 3-5 tahun dalam pembangkit; minimal 1 tahun di PLTN.	Pelatihan PLTN (2-3 tahun); sistem, komponen, peralatan, keselamatan, proteksi radiasi, instrumentasi, berpartisipasi dalam ereksi dan komisioning pembangkit
<b>Divisi Keselamatan</b> Superintenden Keselamatan ( <i>Safety Superintendent</i> )	2	S-2 Teknik	10-12 tahun dalam profesi; 4-6 tahun dalam fisika kesehatan atau keselamatan nuklir; 1-2 tahun di PLTN.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun), berorientasi keselamatan; pelatihan regulasi; komponen sistim pembangkit listrik spesifik; berpartisipasi dalam komisioning.
<b>Insinyur Keselamatan Industri</b> ( <i>Industrial Safety Engineers</i> )	2	S-1 Teknik	5-10 tahun dalam profesi, terlibat dalam keselamatan industri; paling sedikit 2-3 tahun di pembangkit.	Kursus tingkat dasar tenaga nuklir; 3-6 bulan OJT; berpartisipasi dalam ereksi dan komisioning pembangkit.
<b>Insinyur Keselamatan Nuklir</b> ( <i>Nuclear Safety Engineers</i> )	4-8	S-2 Teknik	8-10 tahun dalam profesi; 4-6 tahun di fisika kesehatan dan keselamatan nuklir; 2-3 tahun di PLTN.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun), berorientasi keselamatan; pelatihan lanjutan dalam sistem pembangkit listrik spesifik, prosedur, komponen, rekayasa, operasi (2-3 tahun); berpartisipasi di komisioning.
<b>Fisikawan Kesehatan</b> ( <i>Health Physicists</i> )	2-4	S-2 Teknik atau Fisika	8-10 tahun dalam profesi; 4-6 tahun dalam fisika kesehatan atau keselamatan nuklir.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun), berorientasi keselamatan; proteksi radiasi; 3-6 bulan OJT.
<b>Divisi Pelatihan</b> Superintenden Pelatihan ( <i>Training Superintendent</i> )	2	S-2 Teknik	10-15 tahun dalam profesi; 5-10 tahun dalam aktivitas pelatihan; 3- 5 tahun di pembangkit; 2-3 tahun di tenaga nuklir; bersertifikat penyelia shift operasi.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun); pelatihan operator (1-2 tahun); kursus khusus sistem tenaga nuklir, jaminan/pengendalian mutu, simulator, proteksi radiasi; berpartisipasi dalam komisioning
<b>Insinyur Pelatihan</b> ( <i>Training Engineers</i> )	4 - 6	S-1 Teknik	8-10 tahun dalam profesi; 4-6 tahun dalam aktivitas pelatihan, 2-3 tahun di pembangkit diutamakan PLTN.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun); pelatihan operator (1-2 tahun); kursus khusus sistem tenaga nuklir, jaminan/pengendalian mutu, simulator, proteksi radiasi;

Jabatan / Posisi	Jumlah Personil	Kualifikasi Teknis		
		Pendidikan	Pengalaman	Pelatihan Khusus
				berpartisipasi dalam komisioning
<b>Divisi Teknik</b> Superintendent Teknik ( <i>Technical Superintendent</i> )	2	S-2 Teknik	10-15 tahun dalam profesi; 5-10 tahun di pembangkit listrik; minimal 2-3 tahun di PLTN.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun); pelatihan sistem pembangkit spesifik, prosedur, komponen, operasi & perawatan (1-2 tahun); partisipasi dalam komisioning.
<b>Staf Rekayasa Teknik</b> ( <i>Technical Engineering Staff</i> )	16-20	S-1 atau S-2 Teknik (nuklir, mesin, elektro, elektronika, kimia); fisika, kimia	8-10 tahun dalam profesi; 4-6 tahun di bidang tertentu; minimal 1-2 tahun di PLTN.	Kursus teknologi nuklir (1-2 tahun), orientasi sesuai bidang tertentu; 3-6 bulan OJT; berpartisipasi dalam komisioning.
<b>Divisi Jaminan Mutu</b> Insinyur Jaminan Mutu ( <i>Quality Assurance Engineer</i> )	2-4	S-1 Teknik, diutamakan mesin	8-10 tahun dalam profesi; 4-6 tahun di jaminan/pengendalian mutu; minimal 2-3 tahun di pembangkit khususnya PLTN	Kursus tingkat dasar tenaga nuklir; kursus jaminan/pengendalian mutu; Instruksi dalam sistem pembangkit listrik tertentu, komponen, peralatan, prosedur. Berpartisipasi selama ereksi dan komisioning

Pada Tabel 2 tersebut terdapat 16 jabatan/posisi pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN dengan total kebutuhan personil untuk 2 unit (*twin*) PLTN sebanyak 80 – 110 orang, dengan kualifikasi teknis latar pendidikan S-1 (62 – 86 orang) dan S-2 (34 - 44 orang) dari jurusan Teknik (maksimal 80 – 110 orang) dan MIPA (maksimal 18- 24 orang), serta pelatihan dan pengalaman tertentu.

### 3.3. Data Hasil Survei Dengan Kuesioner

Hasil survei yang dilakukan di beberapa unit kerja di internal BATAN terkait dengan aktivitas operasi dan perawatan PLTN telah terjaring 59 responden yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3, 4, dan 5. Selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan kualifikasi teknis personal jabatan/posisi Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN yang dipersyaratkan IAEA.

Data survei berdasarkan tingkat dan bidang pendidikan (formal) ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

**Tabel 3. Data Survei Jumlah SDM Berdasarkan Tingkat dan Bidang Pendidikan**

	Teknik						MIPA	
	Mesin	Elektro	Nuklir/Fisika	Kimia	Material	Lingkungan	Fisika	Kimia
S-1	1	4	5	14	2	1	6	8
S-2	-	4	-	3	1	1	4	3
S-3	-	-	1	-	-	-	-	1

Dengan asumsi PLTN akan beroperasi tahun 2027, jumlah SDM PLTN untuk Tahap Pengoperasian dan Perawatan yang tersedia di internal BATAN saat ini sebanyak 59 orang, dengan latar pendidikan S-1 (41 orang), S-2 (16 orang) dan S-3 (2 orang) dari jurusan Teknik (37 orang) dan MIPA (22 orang). Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan total kebutuhan SDM PLTN Tahap Pengoperasian dan Perawatan yang dipersyaratkan IAEA yaitu sebanyak 80 - 110 orang dengan latar belakang pendidikan tingkat S-1 (62 – 86 orang) dan S-2 (34 - 44 orang) dari bidang Teknik (80 – 110 orang) dan MIPA (18 – 24 orang).

Berdasarkan persyaratan pendidikan, tingkat ketersediaan SDM PLTN di internal BATAN yang ada pada saat ini hanya 53,64 - 73,75% dari total kebutuhan untuk menempati jabatan/posisi pengoperasian dan perawatan PLTN, dengan tingkat ketersediaan untuk jenjang S-1 sebesar 47,67 - 66,13%, S-2 sebesar 40,91 - 52,94%, dan tingkat ketersediaan dari bidang Teknik sebesar 33,64 - 46,25%, dan dari bidang MIPA sebesar 91,67 - 122,22% (sudah memenuhi kebutuhan).

Data survei berdasarkan pendidikan non formal, yaitu jenis pelatihan dan lamanya waktu pelatihan ditunjukkan pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4. Data Survei Jumlah SDM dengan Jenis dan Lama Pelatihan**

No.	Jenis Pelatihan	< 3 bln	3-6 bln	1-2 thn	2-3 thn	3-4 thn	4-5 thn
1.	Pelatihan tingkat dasar tenaga nuklir: bidang sistem, komponen, peralatan, keselamatan, operasi	16	-	-	-	-	-
2.	Pelatihan teknologi tenaga nuklir/PLTN	3	-	-	-	-	-
3.	Pelatihan perawatan tenaga listrik	4	-	-	-	-	-
4.	Pelatihan khusus dalam operasi pembangkit daya seperti:						
	- Pelatihan simulator	-	-	-	-	-	-
	- Pelatihan operator	6	-	-	-	-	-
	- Pelatihan keselamatan nuklir	17	-	-	-	-	-
	- Pelatihan manajemen bahan bakar	7	-	-	-	-	-
	- Analisis system	-	-	-	-	-	-
	- Kontrol proses	-	-	-	-	-	-
	- Instrumentasi	1	-	-	-	-	-
5.	Pelatihan tingkat lanjut di pembangkit spesifik: bidang sistem, prosedur, komponen, rekayasa, peralatan, keselamatan, operasi	1	-	-	-	-	-
6.	Pelatihan proteksi radiasi	21	-	-	-	-	-
7.	Pelatihan jaminan kualitas (QA)/pengendalian kualitas (QC)	3	-	-	-	-	-
8.	Partisipasi aktif pada komisioning pembangkit	-	-	-	-	-	-
9.	On Job Training (OJT)	-	-	-	-	-	-
10.	Surat Ijin Bekerja (SIB) di reaktor	-	-	-	-	-	-

Pada tabel tersebut terlihat bahwa terdapat 10 jenis pelatihan yang diperlukan untuk jabatan/posisi di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN<sup>[6]</sup>. Jenis pelatihan yang telah diikuti para responden baik dari jenis maupun lamanya pelatihan (Tabel 4) sangat jauh dari yang dipersyaratkan oleh IAEA (Tabel 2). Pelatihan yang paling banyak diikuti adalah pelatihan keselamatan nuklir, pelatihan tingkat dasar tenaga nuklir dan proteksi radiasi dengan lama pelatihan kurang dari 3 bulan.

Dari jenis dan lamanya pelatihan yang telah diikuti SDM PLTN di internal BATAN sangat jauh dari yang dipersyaratkan oleh IAEA. Dilihat dari jenisnya, pelatihan yang paling banyak diikuti adalah pelatihan keselamatan nuklir, pelatihan tingkat dasar tenaga nuklir dan proteksi radiasi dengan lama pelatihan kurang dari 3 bulan. Sedangkan yang jarang diikuti adalah pelatihan mengenai teknologi, perawatan, operator, manajemen bahan bakar, instrumentasi, QA/QC dan pelatihan tingkat lanjut di pembangkit spesifik. Sementara itu, jenis pelatihan yang belum pernah diikuti oleh SDM PLTN di BATAN adalah pelatihan simulator, analisis sistem dan kontrol proses. Para responden juga tidak mempunyai pengalaman dalam partisipasi aktif pada komisioning pembangkit, *on job training* (OJT) dan tidak mempunyai Surat Ijin Bekerja (SIB) di reaktor.



Data survei berdasarkan pengalaman kerja personil ditunjukkan pada Tabel 5 berikut:

**Tabel 5. Data Survei Jumlah SDM Berdasarkan Pengalaman Kerja**

No.	Jenis Pengalaman Kerja	1-3 tahun	4-6 tahun	7-9 tahun	10-12 tahun	13-15 tahun
1.	Bekerja di bidang operasi pembangkit, khususnya PLTN	-	-	-	-	-
2.	Bekerja di bidang fisika kesehatan	-	-	-	-	-
3.	Bekerja di bidang keselamatan nuklir	-	-	-	-	-
4.	Terlibat dalam keselamatan industri	-	-	-	-	-
5.	Terlibat dalam aktivitas pelatihan SDM pembangkit listrik, khususnya PLTN	-	-	-	-	-
6.	Bekerja dan terlibat dalam bidang jaminan kualitas (QA)/pengendalian kualitas (QC)	-	-	-	-	-

Terdapat 6 jenis pengalaman kerja khusus yang diperlukan untuk jabatan/posisi di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN<sup>[6]</sup>. Data menunjukkan bahwa hampir semua responden belum ada yang mempunyai pengalaman kerja khusus yang diperlukan untuk jabatan/posisi di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN sesuai dengan yang dipersyaratkan IAEA baik dari jenis pengalaman kerja maupun lamanya. Berdasarkan jenis persyaratan pengalaman kerja khusus (Tabel 5) menunjukkan bahwa semua SDM PLTN di BATAN belum ada yang mempunyai pengalaman kerja yang diperlukan untuk menempati jabatan/posisi di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.

Beberapa hal yang menyebabkan rendahnya ketersediaan SDM PLTN di BATAN saat ini, baik dari sisi jumlah/kuantitas maupun dari sisi kemampuan/kualitas, diantaranya adalah:

- Terbatasnya jumlah SDM muda BATAN. Terlihat bahwa dari lima (8) unit kerja yang terkait langsung dengan aktivitas operasi dan perawatan PLTN (PTAPB, PTNBR, PTRKN, PTBN, PRSG, PTLR, PTBIN dan STTN), nilai persentase keseluruhan menunjukkan BATAN hanya mampu memenuhi 53,64% s/d 73,75% dari total kebutuhan untuk menempati jabatan/posisi pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.
- Terbatasnya jumlah SDM muda yang berpendidikan S-2 bidang Teknik dan MIPA. Dimana saat ini tingkat ketersediaannya hanya sebesar 40,91% s/d 52,94% dari total S-2 yang dibutuhkan pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.
- Terbatasnya SDM muda BATAN yang memiliki pengalaman teknis bekerja dan terlibat langsung di lingkup O&M pembangkit (konvensional maupun nuklir). Hal ini dikhawatirkan karena pada saat PLTN mulai beroperasi BATAN tidak mampu berkontribusi menyediakan SDM yang terampil, sehingga untuk memenuhi kebutuhan SDM tersebut akan lebih banyak mengambil tenaga terampil dari perusahaan swasta lain yang telah memiliki pengalaman lebih banyak di bidang O&M pembangkit konvensional.
- Terbatasnya jumlah pelatihan, kursus, workshop dan *on-the job training* yang diikuti oleh SDM muda BATAN. Hal ini menyebabkan SDM muda kurang pengetahuan, keterampilan, pengalaman dan informasi terkini terkait dengan aspek O&M dan keselamatan PLTN.
- Terbatasnya SDM muda BATAN yang memiliki sertifikasi keahlian di bidang O&M PLTN. Sertifikasi tersebut sangat penting karena seluruh jabatan di bidang operasi dan perawatan PLTN berkaitan dengan keterampilan dan kemampuan teknis.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. KESIMPULAN

Pemetaan proses bisnis pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN telah menghasilkan struktur organisasi dengan jumlah jabatan/posisi sebanyak 16 jabatan dan total kebutuhan personil untuk 2 unit (*twin*) PLTN sebanyak 80 – 110 orang, dengan kualifikasi

teknis latar pendidikan S-1 (62 – 86 orang) dan S-2 (34 - 44 orang) dari jurusan Teknik (maksimal 80 – 110 orang) dan MIPA (maksimal 18- 24 orang), serta pelatihan dan pengalaman tertentu. Survey melibatkan 59 responden dari beberapa unit kerja di internal BATAN yang terkait dengan aktivitas operasi dan perawatan PLTN dengan latar pendidikan S-1 (41 orang), S-2 (16 orang) dan S-3 (2 orang) dari jurusan Teknik (37 orang) dan MIPA (22 orang).

Berdasarkan persyaratan pendidikan, tingkat ketersediaan SDM PLTN di internal BATAN yang ada pada saat ini hanya 53,64 - 73,75% dari total kebutuhan, dengan tingkat ketersediaan untuk jenjang S-1 sebesar 47,67 - 66,13%, S-2 sebesar 40,91 - 52,94%, dan tingkat ketersediaan dari bidang Teknik sebesar 33,64 - 46,25%, dan dari bidang MIPA sebesar 91,67 - 122,22% (sudah memenuhi kebutuhan). Berdasarkan jenis pelatihan, tingkat partisipasi responden terhadap jenis maupun lamanya pelatihan sangat jauh dari yang dipersyaratkan oleh IAEA. Pelatihan yang paling banyak diikuti adalah pelatihan keselamatan nuklir, pelatihan tingkat dasar tenaga nuklir dan proteksi radiasi dengan lama pelatihan kurang dari 3 bulan. Berdasarkan jenis persyaratan pengalaman kerja khusus menunjukkan bahwa semua SDM PLTN di BATAN belum ada yang mempunyai pengalaman kerja yang diperlukan untuk menempati jabatan/posisi di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.

## **5.2. SARAN**

Di masa yang akan datang BATAN selaku institusi penelitian dan pengembangan ilmu dan pengetahuan di bidang nuklir diharapkan mampu memenuhi kebutuhan personil pada tahap pengoperasian dan perawatan PLTN baik dari aspek kuantitas maupun kualitas. Sehingga sasaran pengembangan SDM PLTN ke depan adalah ketersediaan SDM dengan kualifikasi teknis yang dipersyaratkan masing-masing jabatan di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN. Untuk mewujudkan hal tersebut maka perlu ada beberapa program kegiatan yang harus dilaksanakan oleh BATAN, diantaranya seperti:

- BATAN sejak dini mempersiapkan jumlah SDM dengan melakukan perekrutan pegawai BATAN khususnya dari bidang Teknik dan MIPA, sehingga nantinya tidak terjadi kekosongan SDM pada saat PLTN sudah mulai beroperasi.
- Mengembangkan infrastruktur pelatihan personil O&M PLTN secara khusus.
- Menyiapkan instruktur pelatihan yang berpengalaman.
- Melakukan rekrutmen personil sesuai dengan kebutuhan jumlah personil di Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.
- Memberikan kesempatan yang seluas-luasnya bagi SDM muda untuk menempuh pendidikan S-2 bidang Teknik dan MIPA sesuai yang disyaratkan untuk jabatan/posisi pada Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN, baik di dalam negeri ataupun luar negeri. Untuk dalam negeri, sudah ada beberapa perguruan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan S-2 di bidang nuklir.
- Mengikutsertakan secara aktif pegawai BATAN dalam kegiatan pelatihan, workshop dan on-the job training baik di dalam atau luar negeri.
- Bekerja sama dengan pihak internasional untuk menyusun dan menyelenggarakan program pelatihan yang bersifat advanced untuk Tahap Pengoperasian dan Perawatan PLTN.
- Membuat database pengembangan SDM yang terstruktur dengan baik, sehingga pengembangan SDM lebih terarah dan bermanfaat.
- Menyusun program kegiatan pengembangan dengan kualifikasi yang dipersyaratkan dengan pihak nasional maupun internasional yang bersifat advanced,
- Mengadakan pelatihan khusus (perawatan, operator, manajemen bahan bakar, instrumentasi, QA/QC, pelatihan simulator, analisis sistem dan kontrol proses, dll.).
- Mengharuskan stafnya mengikuti On Job Training (OJT) untuk komisioning pembangkit sehingga responden mempunyai Surat Ijin Bekerja (SIB) di reaktor,

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. AHMAD, M., "Penyiapan SDM Iptek nuklir Untuk Menuju Kemandirian Bangsa", Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII, ISSN 1978-0176, Yogyakarta, 2011.
- [2]. TJAHYANI, D. T. S., "Kesiapan SDM Sebagai TSO Dalam Analisis Keselamatan Deterministik Pada PLTN Pertama di Indonesia", Jurnal Forum Nuklir, ISSN 1978-8738, Vol. 4 No. 1 Tahun 2010, Yogyakarta, 2010.
- [3]. SETKAB RI, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran". Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, Jakarta 1997.
- [4]. BAGIYONO dan BASUKI, F., "Penyiapan SDM Untuk PLTN di Indonesia: PENYUSUNAN Standar Kompetensi Personil", Prosiding Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir, ISSN 1978-0176, Yogyakarta, 2010.
- [5]. IAEA. "Evaluation of The Status of National Nuclear Infrastructure Development", Nuclear Energy Series No. NG-T-3.2, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2008.
- [6]. IAEA. "Manpower Development for Nuclear Power, A Guide Book", Technical Reports Series No. 200, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1980.
- [7]. IAEA. "Qualification of Nuclear Power Plant Operations Personnel", Technical Reports Series No. 242, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.
- [8]. IAEA. "Guide Book on Training to Establish and Maintain the Qualification and Competence of Nuclear Power Plant Personnel", Technical Document No. 525, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1989.
- [9]. IAEA. "Recruitment, Qualification, and Training of Personnel for Nuclear Power Plant", Safety Standard Series No. NS-G-2.8, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002.
- [10]. BANKS, J., MASSY, K. and EBINGER, C., "Human Resource Development in New Nuclear Energy States: Case Studies from the Middle East", The Brookings Institution, Washington D.C., 2012.
- [11]. PASEK, A.D., "Peran Perguruan Tinggi Dalam Penyiapan SDM Untuk Menyongsong Era PLTN di Indonesia", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN, ISSN No. 1410-1769, Bandung, 2007.