



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KONTRIBUSI INDUSTRI INDONESIA DALAM
MENDUKUNG PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA NUKLIR**

TESIS

ARIEF TRIS YULIYANTO

1006787432

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KONTRIBUSI INDUSTRI INDONESIA DALAM
MENDUKUNG PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA NUKLIR**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

ARIEF TRIS YULIYANTO

1006787432

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISIANALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Arief Tris Yuliyanto
NPM : 1006787432
Tanda Tangan :



Tanggal : 23 Juni 2012

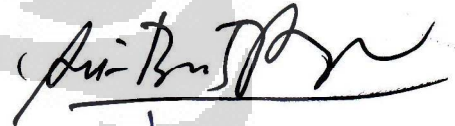
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Arief Tris Yuliyanto
NPM : 1006787432
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Kontribusi Industri Indonesia Dalam Mendukung Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE, Ph.D

()

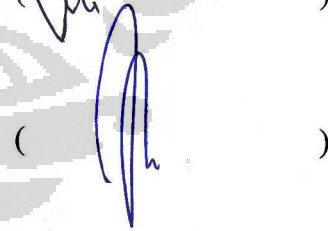
Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim, MEE

()

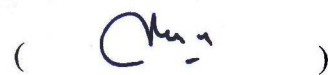
Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE

()


Penguji : Dendi P. Ishak, B.Sc, MSIE

()

Penguji : Dr. Akhmad Hidayatno, ST, MBT

()

Penguji : Armand Omar Moeis, ST, MSc

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE. Ph.D. dan Ir. Erlinda Muslim, MEE. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc serta seluruh pengajar Teknik Industri Universitas Indonesia.
3. Orang tua dan seluruh keluarga besar atas perhatian, semangat, dan berbagai dukungan lainnya yang diberikan kepada penulis.
4. Kementerian Negara Riset dan Teknologi Indonesia, atas semua bantuan dana dalam masa studi dan penelitian ini.
5. Badan Tenaga Nuklir Nasional, atas dukungan data dalam penelitian ini dan izin tugas belajar yang telah diberikan.
6. Teman-teman S2 Teknik Industri angkatan 2010, orang terdekat, sahabat, dan pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Dan semoga tesis ini juga memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu

Depok, Juni 2012

Arief Tris Yuliyanto

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademis Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arief Tris Yuliyanto
NPM : 1006787432
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul :

**Analisis Kontribusi Industri Indonesia Dalam Mendukung Pembangunan
Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (datahouse), merawat dan mempublikasi tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2012

Yang menyatakan



Arief Tris Yuliyanto

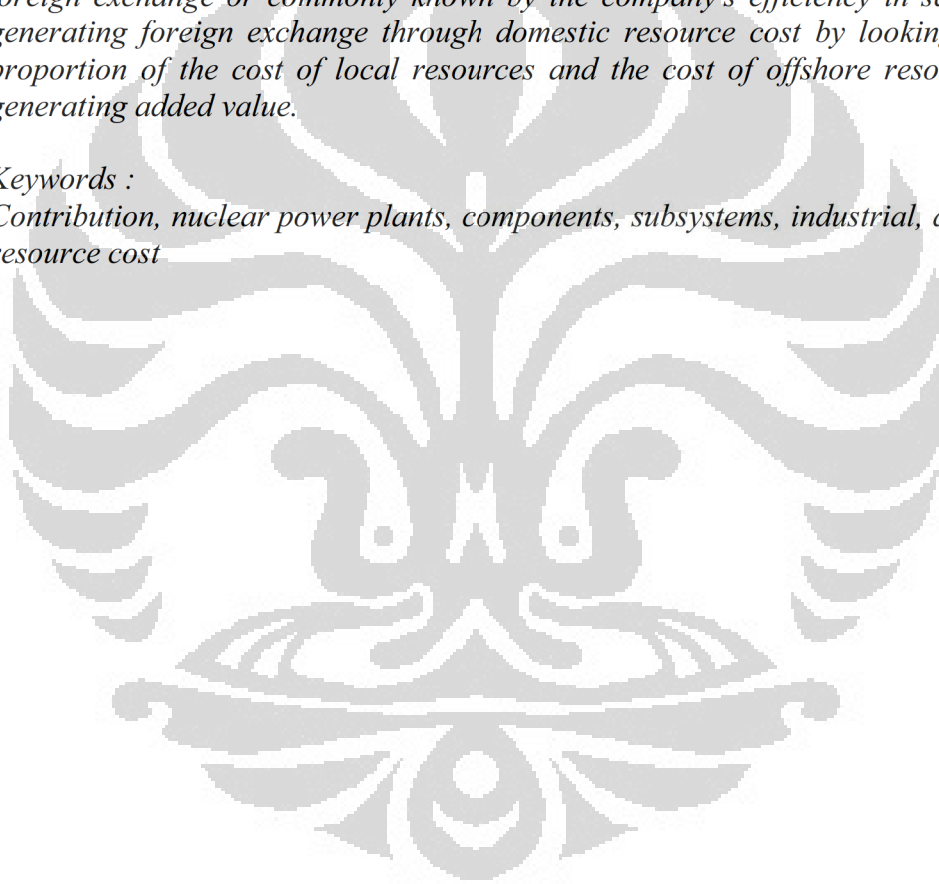
ABSTRACT

Name : Arief Tris Yuliyanto
Study Program : *Industrial Engineering*
Title : *Analysis Contribution of Industry Indonesian in Support of Nuclear Power Plant Development*

Research in this thesis aims to determine the readiness of Indonesia in the construction of nuclear power plant. This readiness is known of how much contribution the industry Indonesia in producing nuclear components are grouped into 4 system is the primary subsystem, secondary subsystem, construction / civil subsystem and balances and protection subsystem. The analysis continued by looking at the ability of Indonesia's industrial components produced in generating foreign exchange or commonly known by the company's efficiency in saving or generating foreign exchange through domestic resource cost by looking at the proportion of the cost of local resources and the cost of offshore resources in generating added value.

Keywords :

Contribution, nuclear power plants, components, subsystems, industrial, domestic resource cost



ABSTRAK

Nama : Arief Tris Yuliyanto
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Kontribusi Industri Indonesia Dalam Mendukung
Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Penelitian dalam tesis ini bertujuan untuk mengetahui kesiapan Indonesia dalam pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Kesiapan ini diketahui dari seberapa besar kontribusi industri Indonesia dalam memproduksi komponen-komponen PLTN yang dikelompokkan menjadi 4 subsistem yaitu *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Analisis dilanjutkan dengan melihat kemampuan komponen yang diproduksi industri Indonesia dalam menghasilkan devisa atau yang biasa dikenal dengan efisiensi perusahaan dalam menghemat atau menghasilkan devisa melalui *domestic resource cost* yaitu dengan melihat proporsi biaya sumber daya lokal dan biaya sumber daya luar negeri dalam menghasilkan nilai tambah.

Kata Kunci :

Kontribusi, PLTN, komponen, subsistem, industri, *domestic resource cost*

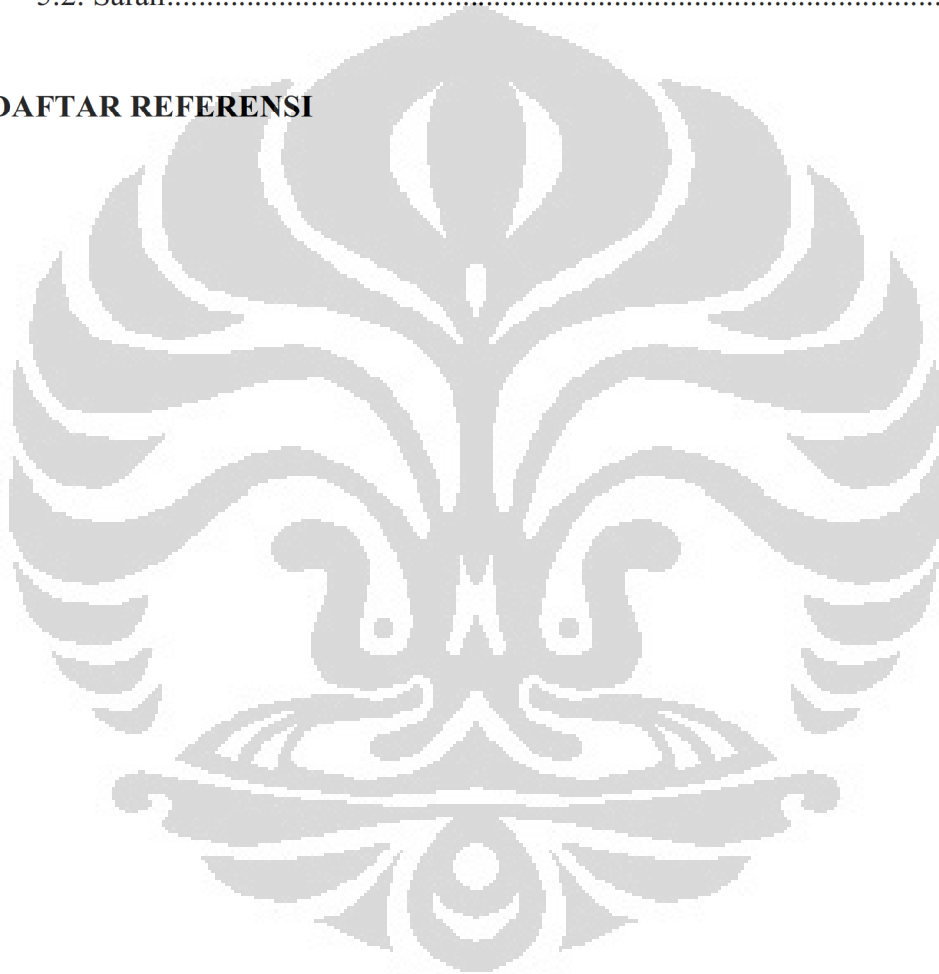
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Diagram Keterkaitan Masalah.....	7
1.4. Tujuan Penelitian	8
1.5. Manfaat Penelitian	8
1.6. Batasan Masalah.....	9
1.7. Langkah-langkah Penyelesaian.....	9
1.8. Metodologi Penelitian	11
1.9. Sistematika Penulisan	12
BAB II KERANGKA TEORI DAN PEMODELAN	13
2.1. Kebutuhan Listrik dan Peluang PLTN Sebagai Energi.....	13
2.2. Kapasitas Terpasang Tiap Pembangkit	16
2.3. Pengembangan PLTN di Korea Selatan.....	17
2.4. Hipotesis.....	19
2.5. Energi Nuklir dan Aplikasi	19
2.5.1. Energi Nuklir dan Pembangkit Listrik	19

2.5.2. Aplikasi Nuklir Dalam PLTN.....	22
2.6. Studi Literatur	32
2.6.1. Teori Klasifikasi	32
2.6.2. <i>Exchange Rate</i>	33
2.6.3. <i>Foreign Exchange</i>	35
2.6.4. <i>Domestic Resource Cost</i>	40
2.7. Pemodelan	41
2.7.1. Pemodelan Komponen PLTN.....	41
2.7.2. <i>Input dan Output</i>	43
2.7.2.1. <i>Input</i>	44
2.7.2.2. <i>Output</i>	44
2.8. Algoritma Kontribusi Industri Indonesia	44
BAB III DATA DAN PERHITUNGAN.....	46
3.1. PLTN PWR sebagai Model perhitungan	46
3.2. Komponen PLTN Tipe PWR.....	50
3.2.1. <i>Primary Subsystem (Nuclear Island)</i>	50
3.2.2. <i>Secondary Subsystem (non-Nuclear Island)</i>	51
3.2.3. <i>Construction/Civil Subsystem</i>	51
3.2.4. <i>Balance and Protection Subsystem</i>	52
3.3. Kontribusi Industri Indonesia.....	53
3.3.1. Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Primary Subsystem</i>	56
3.3.2. Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Secondary Subsystem</i>	57
3.3.3. Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Construction/Civil Subsystem</i>	58
3.3.4. Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Balance and Protection Subsystem</i>	59
3.4. <i>Domestic Resource Cost</i>	60
3.4.1. Komponen Semen Dalam <i>Construction/Civil Subsystem</i>	60
3.4.2. Komponen <i>Heat Exchanger</i> Dalam <i>Primary Subsystem</i>	62
BAB IV ANALISA HASIL.....	64
4.1. Kontribusi Industri Indonesia.....	64
4.1.1. <i>Primary Subsystem</i>	64

4.1.2. <i>Secondary Subsystem</i>	64
4.1.3. <i>Construction/Civil Subsystem</i>	65
4.1.4. <i>Balance and Protection Subsystem</i>	65
4.2. <i>Domestic Resource Cost</i>	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran.....	70

DAFTAR REFERENSI



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik dan Kapasitas Terpasang	14
Tabel 2.2 Kapasitas Terpasang (MW) per Jenis Pembangkit	16
Tabel 2.3 Energi Fisi (U^{235})	23
Tabel 3.1 Komponen <i>Primary Subsystem</i>	51
Tabel 3.2 Komponen <i>Secondary Subsystem</i>	51
Tabel 3.3 Komponen <i>Construction/Civil Subsystem</i>	52
Tabel 3.4 Komponen <i>Balance and Protection Subsystem</i>	52
Tabel 3.5 Keterlibatan Industri Pada Pembangunan PLTU Tanjung Jati B	55
Tabel 3.6 Komponen dan Industri Indonesia	56
Tabel 3.7 Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Primary Subsystem</i>	57
Tabel 3.8 Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Secondary Subsystem</i>	58
Tabel 3.9 Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Construction/Civil Subsystem</i>	59
Tabel 3.10 Kontribusi Industri Indonesia Di <i>Balance and Protection Subsystem</i>	60
Tabel 3.11 Persentase Biaya Lokal dan Biaya Luar untuk Produksi Semen	61
Tabel 3.12 Persentase Biaya Lokal dan Biaya Luar untuk Produksi <i>Heat Exchanger</i>	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	7
Gambar 1.2 Langkah-Langkah Penelitian.....	10
Gambar 2.1 Diagram Bauran Energi Primer Nasional Hingga Tahun 2025.....	15
Gambar 2.2 Data PLTN Dunia.....	20
Gambar 2.3 Persentase Produksi Listrik Nuklir di Berbagai Negara	21
Gambar 2.4 Persentase Perbandingan Bahan Sumber Energi Pembangkit Listrik	22
Gambar 2.5 Skema Cara Kerja PLTN Tipe PWR.....	26
Gambar 2.6 Skema Cara Kerja PLTN Tipe BWR	28
Gambar 2.7 Pemodelan <i>Domestic Resource Cost</i>	41
Gambar 2.8 Pemodelan Subsistem PLTN.....	42
Gambar 2.9 Input-Proses-Output	44
Gambar 2.10 Algoritma	45
Gambar 3.1 Skema Cara Kerja PLTN Tipe PWR.....	48
Gambar 3.2 Tata Ruang PLTN Tipe PWR (OPR1000).....	49
Gambar 3.3 Pemodelan Subsistem PLTN.....	50
Gambar 3.4 Skema Cara Kerja Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Batubara	53
Gambar 3.5 Skema Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

Bab 1 berisikan Indonesia mengalami kesulitan dalam sumber energi pada saat sumber-sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga perlu mencari peluang PLTN sebagai energi. Peluang Indonesia memiliki kesiapan dalam membangun PLTN dapat diperoleh dengan mengklasifikasikan seberapa besar kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN.

1.1. Latar Belakang

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, lingkungan dan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk.

Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan listrik dari tahun 2003 s.d. 2020 yang dilakukan Dinas Perencanaan Sistem PT PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT di 22 wilayah pemasaran listrik PLN, bahwa selama kurun waktu tersebut rata-rata kebutuhan listrik di Indonesia tumbuh sebesar 6,5% per tahun dengan pertumbuhan listrik di sektor komersial yang tertinggi, yaitu sekitar 7,3% per tahun dan disusul sektor rumah tangga dengan pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 6,9% per tahun.

Prakiraan kebutuhan tenaga listrik dihitung berdasarkan besarnya aktivitas dan intensitas penggunaan tenaga listrik. Aktivitas penggunaan tenaga listrik berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk. Semakin tinggi tingkat perekonomian akan menyebabkan aktivitas penggunaan tenaga listriknya semakin tinggi, begitu juga untuk jumlah penduduk. Pertumbuhan pendapatan domestik bruto (PDB) merupakan pemicu pertumbuhan aktivitas penggunaan tenaga listrik di semua sektor, kecuali sektor rumah tangga. Penggunaan tenaga listrik di sektor rumah tangga dipengaruhi oleh jumlah penduduk per kapita.

Kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu 2000 – 2030 diperkirakan rata-rata akan tumbuh sebesar 7% per tahun.

Untuk menjamin keamanan penyediaan energi di dalam negeri, Presiden telah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2005 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pada tahun 2005, sumber utama energi Indonesia adalah minyak bumi (54,78%), gas bumi (22,24%), batubara (16,77%), air (3,72%) dan panas bumi (2,46%) yang dalam perkembangannya, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 5, Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dengan sasaran pada tahun 2025 dapat terwujudnya bauran energi yang lebih optimal, yaitu : minyak bumi (< 20%), gas bumi (> 30%), batubara (> 33%) dan mengalokasikan kontribusi energi baru terbarukan terhadap kebutuhan energi nasional sebesar 17% dan 5% di antaranya berasal dari energi nuklir, biomasa, air, surya, angin.

Pada tahun 2010, total cadangan minyak bumi Indonesia mencapai sekitar 4.200.000.000 barel minyak (*billion barrel oil*). Pada tahun yang sama, produksi minyak bumi nasional mencapai 986 ribu barel per hari dengan konsumsi 1304 ribu barel per hari, sehingga rasio antara cadangan dan produksi adalah sebesar 11 tahun (*BP statistical review of world energy, 2011*). Keterbatasan cadangan minyak bumi yang dibarengi dengan peningkatan harga BBM menyebabkan pemanfaatan BBM sebagai bahan bakar pembangkit listrik perlu dikaji ulang.

Sumberdaya gas bumi cukup signifikan mencapai 108,4 TCF pada tahun 2010. Tingkat produksi gas bumi pada tahun 2010 adalah sekitar 82 BCF dengan tingkat konsumsi sebesar 40,3 BCF sehingga R/P mencapai 37 tahun (*BP statistical review of world energy, 2011*). Jumlah cadangan gas yang relatif besar menyebabkan pemanfaatan gas bumi pada pembangkit listrik meningkat cukup pesat. Jenis pembangkit yang menggunakan gas bumi adalah PLTGU dan PLTG. Pengoperasian PLTGU untuk memenuhi beban dasar dan menengah, sedangkan pengoperasian PLTG untuk memenuhi beban puncak. Pemanfaatan gas bumi sebagai bahan bakar akan meningkat seiring dengan tersedianya infrastruktur pipa gas yang menghubungkan antara sisi produsen (di luar Jawa) dengan sisi konsumen (Jawa).

Sumberdaya batubara pada tahun 2010 mencapai 5529 juta ton dengan tingkat produksi mencapai 188.100.000 ton. Dengan tingkat produksi seperti tahun 2010, cadangan tersebut akan habis dalam 18 tahun (BP *statistical review of world energy*, 2011). Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik diperkirakan akan terus meningkat mengingat biaya pembangkitan PLTU Batubara relatif lebih murah dibanding dengan jenis pembangkit lainnya. Kendala dari pemanfaatan batubara pada pembangkit listrik terutama di Jawa adalah ketersediaan pelabuhan penerima karena umumnya lahan di pantai utara Jawa sudah ada kepemilikannya, sedangkan lahan di pantai selatan Jawa memerlukan biaya infrastruktur yang lebih mahal.

Potensi energi panas bumi di Indonesia mencakup 40% potensi panas bumi dunia, tersebar di 251 lokasi pada 26 propinsi dengan total potensi energi 27.140 MW atau setara 219 Milyar ekuivalen Barrel minyak. Pemanfaatan potensi panas bumi tersebut baru sekitar 1.194 MW atau sekitar 4%, dari seluruh potensi yang ada (Pertamina *Geothermal Energy*, 2011). Hal ini disebabkan karena sejauh ini panas bumi secara ekonomi belum layak untuk dikembangkan, terutama di wilayah luar Jawa yang sumur panas buminya merupakan sumur basah dengan low atau medium enthalphi. Oleh karena itu, efisiensi PLTP di luar Jawa lebih rendah dibanding di Jawa yang kebanyakan mempunyai sumur kering dengan high enthalphi.

Energi surya di Indonesia berpotensi untuk dimanfaatkan pada PLTS, mengingat intensitas radiasi rata-rata di Indonesia cukup besar, yaitu sekitar 4,8 kWh/m² (Irawan Rahardjo, Ira Fitriana, 2005) dan Indonesia tidak mengenal empat musim, seperti di negara-negara belahan utara dimana matahari hanya bersinar pada musim panas saja. Total kapasitas terpasang PLTS yang telah dikembangkan baru sekitar 5 MWp (Indyah Nurdyastuti, 2006), yang dimanfaatkan untuk penerangan, pompa air, dan telekomunikasi. PLTS lebih merupakan pembangkit listrik individual, sehingga PLTS akan mampu bersaing dengan pembangkit lain pada wilayah yang terpencil dengan pola pemukiman yang tersebar, dimana biaya distribusi bahan bakar minyak sampai ke lokasi akan sangat mahal. Demikian juga dengan biaya distribusi dari pembangkit ke konsumen, misalnya di pulau-pulau yang terpencil, di pedalaman Kalimantan,

Irian ataupun di wilayah dekat dengan puncak gunung. Oleh karena itu, pemanfaatan PLTS diperkirakan akan terus meningkat, terutama untuk memenuhi peningkatan rasio elektrifikasi pedesaan yang saat ini masih sangat rendah, yaitu sekitar 55% (Indyah Nurdyastuti, 2006).

Dibandingkan dengan tenaga surya, pengembangan PLTB di Indonesia tidak begitu pesat. Hal ini disebabkan potensi angin di Indonesia kurang menjanjikan, dimana rata-rata kecepatan angin pada ketinggian 24 m sekitar 3,3 m/detik s.d. 6 m/detik. Hanya lokasi-lokasi tertentu saja terutama daerah timur Indonesia yang bisa dikembangkan dengan skala besar, seperti di Route-Kupang yang pada ketinggian 24 m mempunyai kecepatan angin sebesar 6 m/detik. Pantai selatan Gunung Kidul, Baron, DI Yogyakarta adalah salah satu daerah yang telah terpasang PLTB, tetapi kondisi angin yang tidak menentu menyebabkan PLTB ini sering berhenti beroperasi. Hal yang sama juga berlaku untuk wilayah yang lain, dimana sebagian besar mempunyai waktu mati angin yang cukup tinggi, yaitu sekitar 2 bulan atau waktu operasi 300 - 310 hari per tahun (Indyah Nurdyastuti, 2006).

Belum optimalnya pemanfaatan energi baru dan terbarukan disebabkan energi baru dan terbarukan belum kompetitif dibandingkan dengan energi konvensional. Salah satu sebab kurang berkembangnya pemanfaatan energi baru dan terbarukan sampai saat ini adalah harga listrik yang dibangkitkan dari energi baru dan terbarukan antara lain PLTS, PLTB, PLTMH serta PLT energi terbarukan lainnya, masih lebih tinggi daripada yang dibangkitkan dengan energi fosil. Hal ini disebabkan oleh biaya konstruksi per KW pembangkit listrik energi terbarukan cukup tinggi, dan disamping itu pembangkit listrik tenaga air dan panasbumi biasanya terletak jauh dari pusat kebutuhan yang menyebabkan biaya transmisi dan distribusi menjadi lebih mahal (Agus Sugiyono, 2006).

Dalam program pengembangan energi nasional telah menetapkan kebijakan penggunaan energi nuklir untuk Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang diproyeksikan pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 2% (Adiwardojo, 1993). PLTN merupakan salah satu alternatif dalam program diversifikasi energi untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional. PLTN memiliki ciri padat modal dan padat teknologi dengan persyaratan keamanan dan keselamatan yang tinggi yang akan

dapat memacu perkembangan industri pada umumnya karena berbagai macam industri dapat terlibat dalam pembangunan PLTN (Sriyana, 2008).

Untuk saat ini, PLTN yang beroperasi di berbagai negara sudah mencapai 435 units (IAEA, 2010), terdapat sekitar 260 berjenis PWR yang sudah dioperasikan atau sekitar 60%. Sebagian besar kapasitas per unit PWR adalah 1000 MWe seperti di Jepang, Korea, dan China; yang terbesar adalah 1600 MWe/unit seperti yang saat ini di bangun di Finlandia dan Prancis. Korea saat juga sedang membangun 2 unit PLTN jenis PWR berkapasitas 1400 MWe, dan Jepang mengembangkan unit PLTN PWR berkapasitas 1250 MWe (MPEL, HIMNI, METI, IEN, WIN, 2010).

Sesuai Peraturan Pemerintah Indonesia no. 43 tahun 2006, tentang Perijinan Reaktor Nuklir, menyatakan dalam salah satu pasalnya bahwa PLTN komersial yang akan dibangun di Indonesia harus menggunakan teknologi teruji (*proven technology*), yang didefinisikan sebagai PLTN yang sudah dioperasikan secara komersial selama 3 tahun berturut-turut di negara asalnya dan mempunyai faktor kapasitas rerata 75%.

PLTN pertama di Indonesia telah diusulkan tipe *Pressurized Water Reactor* (PWR) dengan daya 900-1100 MWe. Secara umum, sistem tipe PLTN ini dibagi menjadi 2 yaitu *primary subsystem* dan *secondary subsystem*. *Primary subsystem* mencakup *reactor vessel, control rods, pressurizer, steam generator* dan *reactor coolant pump*. Sedangkan *secondary subsystem* mencakup *main steam, turbine, generator, condenser, feedwater, electrical power supply, instrument & control*. Selain 2 sistem tersebut, terdapat hal lain yang penting untuk diperhatikan dalam pembangunan PLTN yaitu *balance and protection subsystem* dan *construction/civil subsystem*. *Balance and protection subsystem* mencakup *water production, air and gas, fire protection* dan *auxiliary*. Sedangkan *construction/civil subsystem* mencakup seluruh bangunan yang didalamnya terdapat komponen-komponen PLTN baik itu *primary subsystem, secondary subsystem* maupun *balance and protection subsystem* (IAEA TRS.275).

PLTN pada prinsipnya memiliki banyak kesamaan secara teknologi dengan PLT konvensional seperti PLTU minyak dan batu bara, namun komponen-komponen yang berada di *primary subsystem* memiliki kekhususan yang hanya

dimiliki oleh teknologi nuklir seperti teknologi pembuatan komponen-komponen reaktor, pabrikasi bahan bakar, pembuatan alat kontrol reaktor dan system kontrol secara komputer.

Partisipasi nasional dalam pembangunan PLTN adalah penggunaan material dan sumber daya manusia dalam negeri. Partisipasi ini dapat melibatkan berbagai industri Indonesia yang telah berpengalaman dalam pembangunan PLT konvensional. kontribusi industri Indonesia ini dapat dilakukan pada *primary subsystem, secondary subsystem, balance and protection subsystem* maupun *construction/civil subsystem* dalam menyediakan komponen yang diperlukan dalam pembangunan PLTN. Dengan adanya kontribusi industri Indonesia akan memudahkan menjawab kesiapan Indonesia melalui kontribusinya dalam mendukung membangun PLTN. Untuk memperoleh berapa banyak kontribusi industri Indonesia diperlukan klasifikasi industri yang dapat memproduksi komponen di PLTN.

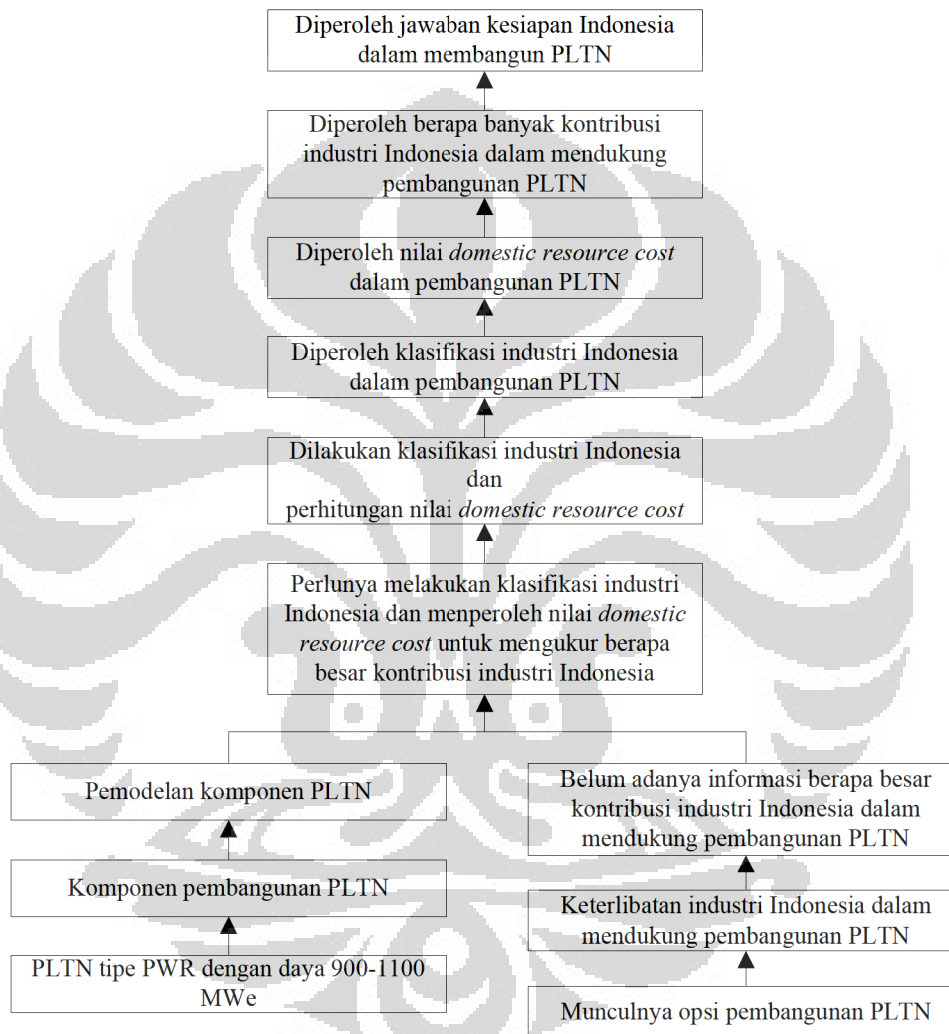
1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah Indonesia mengalami kesulitan dalam sumber energi pada saat sumber-sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga perlu mencari peluang PLTN sebagai energi. Peluang apakah Indonesia memiliki kesiapan dalam membangun PLTN dapat diperoleh dengan mengklasifikasikan seberapa besar kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN. Berbagai Komponen dalam pembangunan PLTN sangat dibutuhkan sehingga diperlukan pemodelan agar dapat mempermudah dalam pengklasifikasiannya. Kendala yang dihadapi industri Indonesia dalam memproduksi komponen PLTN:

1. Ketidakpastian harga bahan dasar.
2. Belum didapatkannya gambar teknik - meski hanya sederhana - komponen-komponennya.
3. Kondisi dan persyaratan komponen yang belum terlalu detil disebutkan dalam dokumen PLTN.

1.3. Diagram Keterkaitan Masalah

Diagram keterkaitan masalah merupakan suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit dengan menggunakan koneksi logika berupa hubungan sebab-akibat. Berdasarkan latar belakang diatas, maka diagram keterkaitan dari permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

Tahap pertama munculnya opsi pembangunan PLTN sebagai alternatif pembangkit listrik dikarenakan pembangkit listrik konvensional mengalami hambatan dan keterbatasan. PLTN yang terpilih tipe PWR kelas 900-1100MW. Setelah mengetahui tipe PLTN yang terpilih kemudian melakukan analisis

komponen-komponen PLTN yang selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan subsistem yang ada di PLTN.

Tahap kedua belum diketahui berapa besar industri Indonesia yang dapat berkontribusi dalam pembangunan PLTN sehingga perlu dilakukan survei ke industri-industri lokal di Indonesia yang dapat memproduksi komponen PLTN.

Tahap ketiga melakukan klasifikasi industri Indonesia yang dapat memproduksi komponen-komponen PLTN dan melakukan perhitungan *domestic resource cost* komponen PLTN sehingga diperoleh klasifikasi industri Indonesia dalam pembangunan PLTN, nilai *domestic resource cost* komponen PLTN, berapa besar kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN

1.4. Tujuan Penelitian

Indonesia mengalami kesulitan dalam sumber energi pada saat sumber-sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga munculnya opsi pembangunan PLTN sebagai energi alternatif. Tetapi opsi pembangunan PLTN ini belum ditunjang dengan informasi industri-industri lokal di Indonesia yang dapat terlibat dalam pembangunan PLTN dan berapa besar kontribusinya. Hal ini sangat diperlukan untuk melihat sejauh mana kemampuan teknologi industri Indonesia sehingga penyusunan tesis ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Memperoleh klasifikasi industri lokal yang memiliki kontribusi dalam pembangunan PLTN.
2. Memperoleh berapa banyak kontribusi industri lokal di Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN.
3. Memperoleh nilai *domestic resource cost* untuk mengetahui penghematan devisa dalam pembangunan PLTN.
4. Memperoleh jawaban atas pertanyaan kesiapan Indonesia dalam membangun PLTN.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat diperoleh kesiapan industri Indonesia dalam kontribusinya di pembangunan PLTN serta penghematan devisa dari komponen-

komponen PLTN yang diproduksi industri Indonesia dan dengan adanya penelitian ini diharapkan industri-industri Indonesia yang dapat terlibat dalam pembangunan PLTN sudah dapat diidentifikasi secara bertahap sehingga dapat dijadikan salah satu dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan dan kebijakan pembangunan PLTN.

1.6. Batasan Masalah

Sumber energi di Indonesia sangatlah beragam, mulai dari sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan serta PLTN dengan berbagai tipe dan kelasnya yang muncul sebagai opsi energi alternatif. Agar mendapatkan hasil penelitian yang maksimal dan mendapatkan mengetahui potensi dari satu pembangkit, maka penelitian ini memfokuskan pada satu tipe PLTN sehingga diambil batasan sebagai berikut:

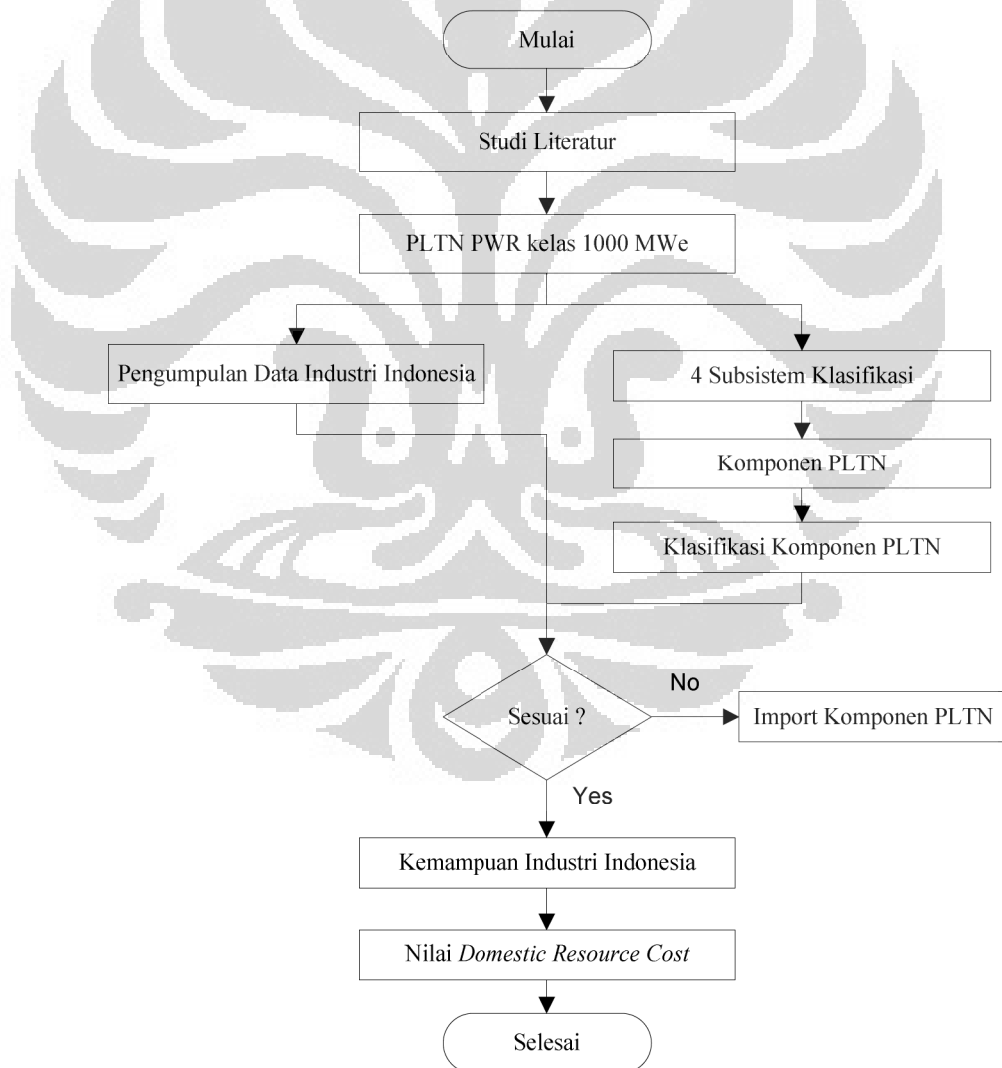
1. PLTN yang akan dianalisis dan dipelajari adalah tipe PWR dengan daya 900-1100 MWe. Pemilihan tipe PLTN ini karena telah banyak digunakan di negara-negara lain, relatif lebih mudah dioperasikan, dan area yang terkena radiasi terbatas hanya di dalam *containment*, sehingga relatif lebih bersih dan lebih sederhana penanganan proses radiasinya.
2. Dalam penelitian ini tidak menganalisis dan mempelajari sumber-sumber pembangkit listrik lain karena pembangkit listrik lain mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga penelitian ini ingin mengetahui potensi PLTN sebagai pembangkit listrik alternatif.

1.7. Langkah-Langkah Penyelesaian

Tahapan yang digunakan dalam melakukan kegiatan penelitian ini adalah:

1. Studi literatur (PLTN tipe PWR kelas 1000, kesiapan industri Indonesia). Pada studi literatur ini akan dikaji dan dideskripsikan aspek teknologi PLTN acuan. Aspek teknologi PLTN mencakup deskripsi sistem hingga struktur pembangunan PLTN dan akhirnya bermuara pada komponen dari sistem teknologi PLTN tersebut.

2. Melakukan analisis komponen-komponen yang terdapat dalam PLTN tipe PWR dan mengklasifikasikan komponen PLTN tersebut berdasarkan 4 subsistem dalam PLTN yang mengacu pada dokumen IAEA TRS.275. Empat subsistem ini terdiri dari *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/ civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*.
3. Melakukan survei industri Indonesia dan analisis kemampuan industri yang dapat memproduksi komponen PLTN yang telah diklasifikasikan dalam 4 subsistem. Tujuan survei ini adalah memperkuat data yang telah diperoleh sebelumnya, baik melalui studi literatur maupun penelusuran data melalui internet dan melihat kemampuan industri dalam memproduksi komponen PLTN.



Gambar 1.2 Langkah-Langkah Penelitian

4. Melakukan klasifikasi industri Indonesia berdasarkan hasil studi literature dan survei yang dikelompokkan dalam subsistem PLTN berdasarkan kemampuan industri tersebut memproduksi komponen PLTN.
5. Melakukan perhitungan nilai *domestic resource cost* setelah mendapatkan harga komponen PLTN. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan industri Indonesia dalam menghasilkan atau menghemat devisa.

1.8. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, untuk mencapai tujuan seperti yang disebutkan pada teori penunjang melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

Studi literatur

Pada studi literatur ini akan dikaji dan dideskripsikan aspek teknologi PLTN acuan. Aspek teknologi PLTN mencakup deskripsi sistem hingga struktur pembangunan PLTN dan akhirnya bermuara pada komponen PLTN tersebut.

Subsistem

Subsistem dalam PLTN terbagi menjadi 4 yaitu *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/ civil subsystem* dan *balance and protection subsystem* sesuai dokumen IAEA TRS.275 *Bid Invitation Specifications For Nuclear Power Plants A Guidebook* dan dokumen *Pressurized Water Reactor Systems*.

Fasilitas

Dalam dokumen IAEA TRS.275 fasilitas merupakan bagian dari subsistem. Fasilitas di PLTN bermacam-macam dengan fungsi dan spesifikasi berbeda-beda yang diklasifikasikan berdasarkan 4 subsistem PLTN dalam fasilitas ini terdapat komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTN.

Komponen

Untuk membentuk 1 fasilitas dalam subsistem dibutuhkan minimal 1 komponen. Komponen-komponen ini saling terhubung dan saling melengkapi dalam sistem PLTN. komponen-komponen ini yang akan diidentifikasi untuk dapat diproduksi industri Indonesia.

1.9. Sistematika Penulisan

Tesis ini dibagi menjadi lima bab, dengan urutan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, berisikan uraian tentang latar belakang permasalahan sehingga dilakukan penelitian ini, diagram keterkaitan masalah untuk melihat akar permasalahan, merumuskan masalah, menjelaskan tujuan dan manfaat penelitian, pembatasan masalah, langkah-langkah penyelesaian, metodologi penelitian dan sistematika penelitian.

Bab II Kerangka Teori dan Pemodelan, dalam bab ini akan memaparkan tinjauan pustaka yang mendukung penyusunan tesis dan konsep-konsep yang menjadi landasan penulisan, diantaranya deskripsi dan pemodelan komponen PLTN, konsep partisipasi industri Indonesia, klasifikasi industri Indonesia dan nilai *domestic resource cost*.

Bab III Perhitungan, berisikan informasi dan data yang diperlukan dalam penelitian serta pengolahannya.

Bab IV Analisa, berisikan analisa yang bertujuan untuk menganalisis dan membahas mengenai hasil pengumpulan dan pengolahan data pada bab sebelumnya, dalam memberikan penjelasan mengenai pemecahan masalah yang berhubungan dengan tujuan penelitian untuk menjawab permasalahan yang ada.

Bab V Kesimpulan dan Saran, berisikan hasil dari penelitian serta saran-saran yang dapat menjadi masukan bagi pelaksanaan pembangunan PLTN.

BAB II

KERANGKA TEORI DAN PEMODELAN

Pada bab 2 dibagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian yang membahas tentang beberapa tinjauan literatur yang terkait dengan tema penelitian, beberapa landasan teori yang menjadi acuan dalam penulisan penelitian ini serta tentang bagaimana rancangan pemodelan penelitian atau langkah-langkah yang akan dilakukan selama melakukan penelitian hingga selesai sehubungan dengan tujuan penelitian ini.

2.1. Kebutuhan Listrik dan Peluang PLTN Sebagai Energi

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, lingkungan dan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk.

Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan listrik dari tahun 2003 s.d. 2020 yang dilakukan Dinas Perencanaan Sistem PT PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT di 22 wilayah pemasaran listrik PLN, bahwa selama kurun waktu tersebut rata-rata kebutuhan listrik di Indonesia tumbuh sebesar 6,5% per tahun dengan pertumbuhan listrik di sektor komersial yang tertinggi, yaitu sekitar 7,3% per tahun dan disusul sektor rumah tangga dengan pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 6,9% per tahun.

Prakiraan kebutuhan tenaga listrik dihitung berdasarkan besarnya aktivitas dan intensitas penggunaan tenaga listrik. Aktivitas penggunaan tenaga listrik berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk. Semakin tinggi tingkat perekonomian akan menyebabkan aktivitas penggunaan tenaga listriknya semakin tinggi, begitu juga untuk jumlah penduduk. Pertumbuhan pendapatan domestik bruto (PDB) merupakan pemicu pertumbuhan aktivitas penggunaan tenaga listrik di semua sektor, kecuali sektor rumah tangga. Penggunaan tenaga listrik di sektor rumah tangga dipengaruhi oleh jumlah penduduk per kapita.

Prakiraan kebutuhan tenaga listrik ditampilkan pada Tabel 2.1. Kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu 2000 – 2030 diperkirakan rata-rata akan tumbuh sebesar 7% per tahun.

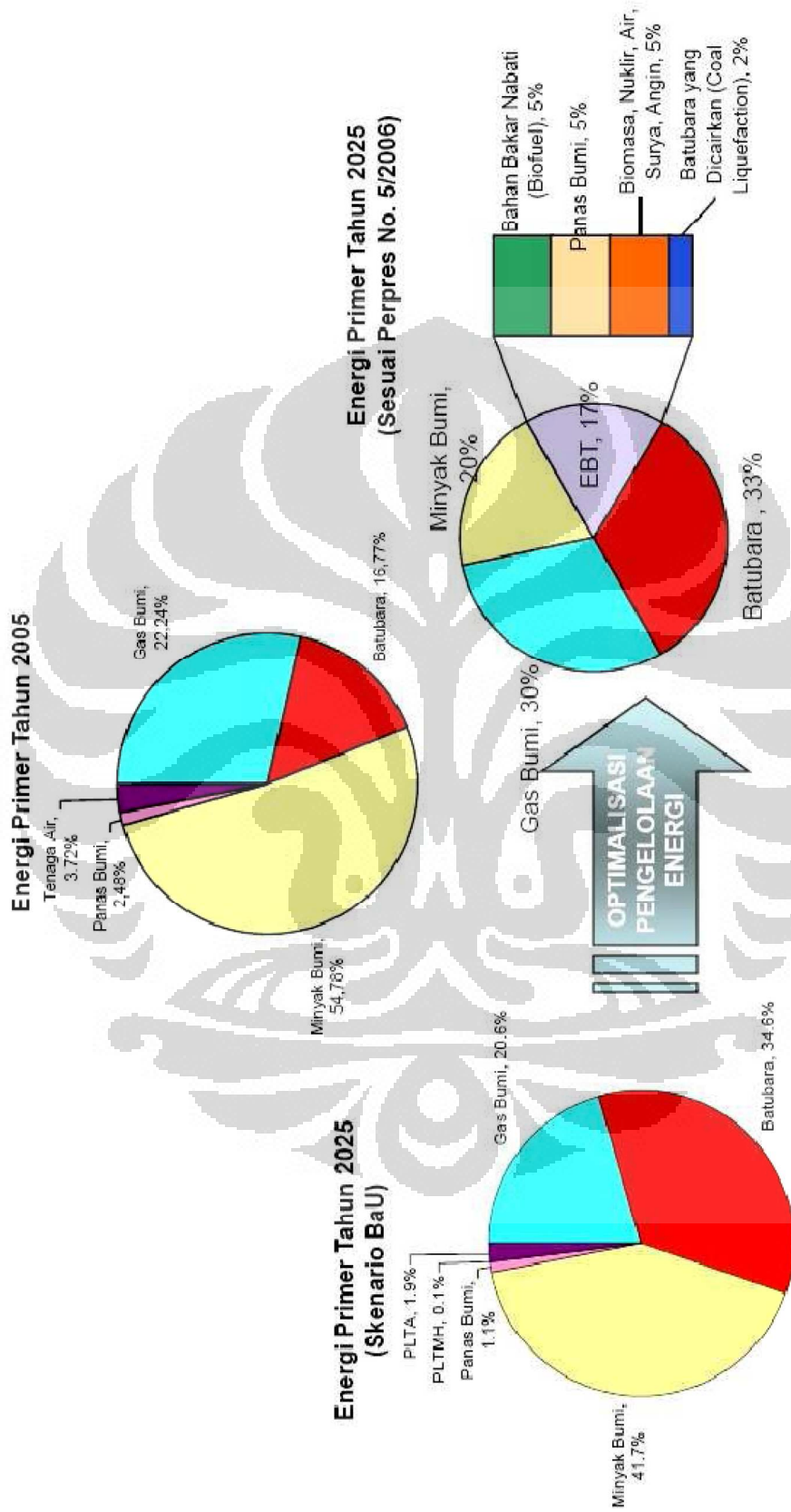
Tabel 2.1 Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik dan Kapasitas Terpasang

(Sumber: BPPT, 2000)

		2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Kebutuhan Listrik	PJ	379,9	550,7	791,6	1193,1	1761,9	2579,3	3666,0
Kapasitas Trpasang	GW	38,4	52,3	70,5	94,3	125,1	162,5	2094

Untuk menjamin keamanan penyediaan energi di dalam negeri, Presiden telah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2005 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pada tahun 2005, sumber utama energi Indonesia adalah minyak bumi (54,78%), gas bumi (22,24%), batubara (16,77%), air (3,72%) dan panas bumi (2,46%) yang dalam perkembangannya, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dengan sasaran pada tahun 2025 dapat terwujudnya bauran energi yang lebih optimal, yaitu : minyak bumi (< 20%), gas bumi (> 30%), batubara (> 33%) dan mengalokasikan kontribusi energi baru terbarukan terhadap kebutuhan energi nasional sebesar 17% dan 5% di antaranya berasal dari energi nuklir, biomasa, air, surya, angin.

Pada tahun 2010, total rasio cadangan dan produksi minyak bumi Indonesia diperkirakan 11 tahun, gas bumi mencapai 37 tahun, batubara akan habis dalam 18 tahun (BP *statistical review of world energy*, 2011), dan PLT energi terbarukan lainnya belum optimal, belum kompetitif dan masih perlu pengembangan lebih lanjut dalam penggunaannya seperti panas bumi yang baru digunakan sebesar 4% dari potensinya sebesar 27.140 MW (Pertamina *Geothermal Energy*, 2011), energi surya yang masih digunakan untuk daerah terpencil, tenaga angin di Indonesia yang tidak berkembang pesat disebabkan potensi angin di Indonesia kurang menjanjikan, dimana rata-rata kecepatan angin pada ketinggian 24 m sekitar 3,3 m/detik s.d. 6 m/detik (Indyah Nurdyastuti, 2006) sehingga Indonesia nantinya akan mengalami kesulitan dalam sumber energi, untuk itu diperlukan mencari peluang PLTN sebagai energi.



Gambar 2.1 Diagram Bauran Energi Primer Nasional Hingga Tahun 2025

Sumber: "Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025", Kem. ESDM, Jakarta, 2006

2.2. Kapasitas Terpasang Tiap Pembangkit

Pada saat ini dan dimasa mendatang Indonesia menginstalasi berbagai jenis pembangkit listrik dengan kapasitas, lama beroperasi dan jenis bahan bakar yang berbeda pula yang tergantung dari jenis teknologi pembangkit listrik yang dipilih. Teknologi pembangkit listrik yang ada di Indonesia antara lain pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU), pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga Bayu (PLTB) (Statistik PLN, 2011).

Pada umumnya pembangkit listrik berbahan bakar fosil di pulau Jawa seperti PLTU-Batubara, PLTU-Minyak, PLTU-Gas, Gas Combined Cycle, dan PLTG berkapasitas besar, antara 50- 600 MW, namun ada beberapa pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang berkapasitas lebih rendah dari 50 MW, seperti PLTD dan lain-lain. Sedangkan pembangkit listrik berbahan bakar non fosil, kecuali PLTA dan PLTP mempunyai kapasitas rendah (Statistik PLN 2011).

Di luar pulau Jawa pola pembangkitan berbeda dimana sebagian besar pembangkit listrik berbahan bakar fosil berturut-turut adalah PLTD, PLTG-Minyak dan Gas dan PLTU-Batubara, sedangkan pembangkit listrik energi terbarukan berturut-turut adalah PLTA dan PLTP (Statistik PLN, 2011).

Pada akhir Desember 2011, total kapasitas terpasang dan jumlah unit pembangkit PLN (Holding dan Anak Perusahaan) mencapai 29.241 MW dan 5.269 unit, dengan 22.513 MW (76,9%) berada di Jawa. Persentase kapasitas terpasang per jenis pembangkit tertera pada tabel 1.1.

Tabel 2.2 Kapasitas Terpasang (MW) per Jenis Pembangkit

Jenis Pembangkit	PLTU	PLTGU	PLTD	PLTA	PLTG	PLTP	Total
Kapasitas Terpasang (MW)	12.053	7.834	2.569	3.511	2.839	435	29.241
Porsentase (%)	41,2	26,8	8,8	12	9,7	1,5	100

Sumber: Statistik PLN, 2011

2.3. Pengembangan PLTN di Korea Selatan

Korea Selatan termasuk negara nomor enam terbanyak di dunia menggunakan PLTN. Korea Selatan termasuk negara yang keterbatasan dalam sumber daya alam, hanya mempunyai deposit batubara jenis anthrasit yang terbatas. Kebutuhan listrik Korea Selatan meningkat dengan pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang juga meroket. Total listrik yang dibangkitkan pada tahun 2000 sebanyak 239.325 GWh dengan kapasitas terpasang 46.978 MWe, dibandingkan dengan 35.510 GWh dan kapasitas terpasang 6.916 MWe pada tahun 1978 saat pengoperasian pertama PLTN di Korea Selatan. Listrik per kapita pada tahun 1999 sebesar 5.107 kWh meningkat 35 kali dibandingkan dengan tahun 1968 saat keputusan pemerintah untuk membangun PLTN pertama (Tjipta Suhaemi, Djen Djen Djainal dan Sudarno, 2009).

Korea Selatan termasuk negara yang sangat berhasil dalam melaksanakan program pengembangan energi nuklir dengan pembangunan PLTN. Negara ini menjadi negara ke enam di dunia yang paling banyak menggunakan energi nuklir. Di samping itu pula pengembangan kemampuan industri nuklir semakin berkembang maju dan berambisi menjadi salah satu dari 5 negara industri nuklir pada tahun 2035, negara ini mencanangkan pula pada tahun 2035 sebanyak 60% dari energi listriknya berasal dari energi nuklir. Korea Selatan pertama kali dikenalkan pada PLTN tahun 1978, dan dewasa ini sudah mencapai 20 buah PLTN dengan kapasitas total 17.451 MWe atau 35,3% dari total energi listrik. Kesuksesan Korea Selatan dipicu oleh adanya organisasi proyek nuklir yang efektif, pendekatan teknologi secara bertahap langkah demi langkah, dan partisipasi nasional dalam mendukung pembangunan dan pengembangan energi nuklir. Sejak pembangunan PLTN pertama Kori unit I pada tahun 1978, energi nuklir telah menjadi energi yang penting bagi Korea Selatan. Meskipun perkembangan industri nuklir Amerika Serikat dan Eropa menurun, pemerintah Korea Selatan malah meningkatkan kegiatan energi nuklir sebagai tantangan meningkatnya permintaan energi, pencarian lokasi dan tapak, dan mendukung pengembangan teknologi komersial (Tjipta Suhaemi, Djen Djen Djainal dan Sudarno, 2009).

Kebijakan energi Korea Selatan dipengaruhi oleh pertimbangan keamanan suplai energi dan perlunya mengurangi ketergantungan kepada impor. Kebijakan tersebut dilanjutkan dengan keputusan pengembangan PLTN sebagai unsur utama produksi pembangkitan listrik. Korea Selatan pada tahun 1978 membangun PLTN berjenis PWR buatan Westinghouse. Berikutnya adalah PLTN jenis CANDU Wolsung-1 yang didesain tahun 1973, konstruksi tahun 1977, dan dioperasikan pada tahun 1983. Pembangunan kedua PLTN tersebut dilakukan cara kontrak serah kunci (*turn-key contract*). Pembangunan PLTN berikutnya mulai dilakukan peningkatan partisipasi nasional industri Korea Selatan secara bertahap. Korea Selatan melaksanakan program nuklir secara ambisius dan paralel dengan kebijakan industrialisasi nasional, dan menjaga komitmen yang kuat terhadap pengembangan energi nuklir sebagai bagian integral dari kebijakan energi nasional dengan tujuan mengurangi pengaruh eksternal dan menjamin ketahanan energi terhadap merosotnya bahan bakar fosil dunia.

Dalam pembangunan PLTN di Korea Selatan dapat dibagi kedalam 4 fase program, yaitu:

1. Fase pertama: Periode kontrak serah kunci dengan kontraktor luar negeri. Dalam hal ini contohnya adalah PLTN Kori unit 2, 3, dan Wolsong unit 1.
2. Fase kedua: Tanggung jawab pembangunan pada Korea Selatan sedangkan kontrak peralatan dengan pihak luar negeri. Seperti Kori unit 3, 4, Yonggwang unit 1, 2, dan Ulchin unit 1, 2.
3. Fase ketiga: Sebagian peralatan dibuat oleh kontraktor domestik, misalnya Yonggwang unit 3, 4.
4. Fase keempat: Seluruhnya produk nasional.

Fase pertama dibangun dengan basis serah kunci dimana pihak pemilik (*owner*) Korea Selatan tidak terlibat di dalam pelaksanaan pembangunan proyek dan kegiatan pembangunan, dan pengadaan peralatan diserahkan sepenuhnya dan menjadi tanggung jawab kontraktor utama. Fase kedua PLTN dibangun dengan tanggung jawab di pihak Korea Selatan. Pada fase ketiga usaha dilakukan untuk memaksimalkan partisipasi industri lokal, yang akan menghasilkan biaya modal yang lebih rendah, waktu pembangunan yang lebih singkat (Tjipta Suhaemi, Djen Djen Djainal dan Sudarno, 2009).

2.4. Hipotesis

Besarnya kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun sedangkan sumber-sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga perlu mencari peluang PLTN sebagai energi.

PLTN dapat merupakan solusi energi listrik yang murah (Mochamad Nasrullah dan Suparman, 2011). Dengan menggunakan asumsi pajak karbon sebesar 40 US\$/MT Carbon atau 44,1 US\$/ton, maka biaya pembangkit listrik PLTU menjadi sebesar 6,9 cents USD/kWh, PLTG sebesar 6,8 cents USD/kWh dan PLTN sebesar 6,05 cents USD/kWh.

Industri PLTN merupakan industri yang padat modal, padat teknologi dan juga padat tenaga ahli. Oleh karena keterkaitan dengan banyak industry baik keterkaitan kedepan (*forward linkage*) maupun keterkaitan ke belakang (*backward linkage*), maka pembangunan PLTN akan memberikan efek ganda bagi perkembangan ekonomi dan industri tersebut. Efek ganda ini akan semakin lebih dirasakan apabila tingkat komponen lokalnya lebih besar. Peluang apakah industry Indonesia memiliki kontribusi dalam membangun PLTN dan seberapa besar nilai kontribusi tersebut. Untuk itu dibutuhkan penelitian mengenai seberapa besar kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN sehingga dapat diketahui kemampuan industri Indonesia dalam menyikapi peluang ini.

2.5. Energi Nuklir dan Aplikasinya

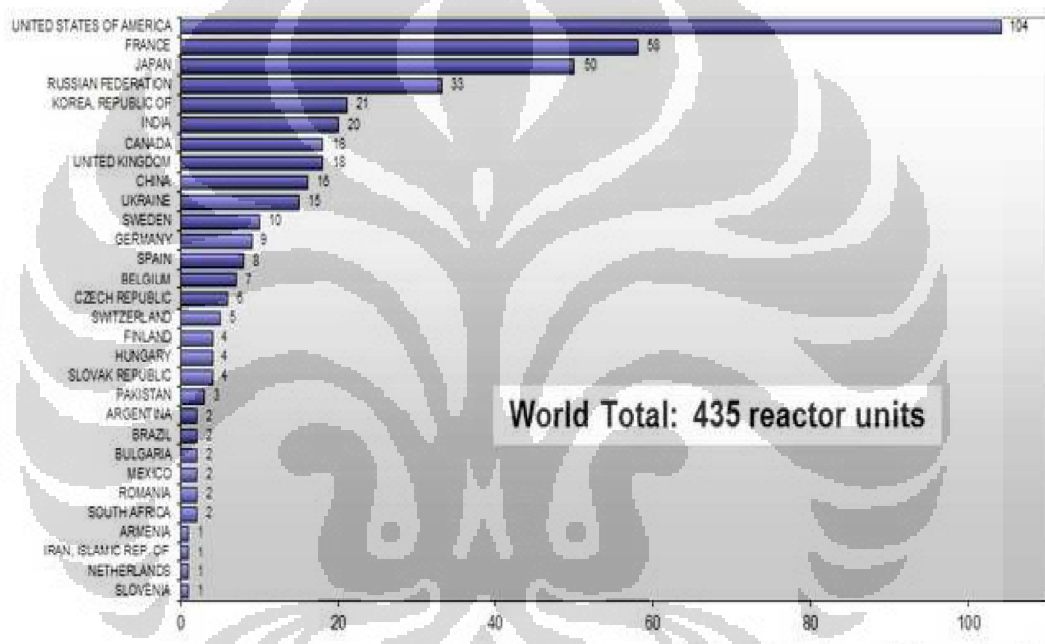
2.5.1. Energi Nuklir dan Pembangkit Listrik

Kebutuhan akan sumber energi alternatif yang terbarukan untuk mendukung kebutuhan listrik pada kehidupan manusia sudah tidak dapat dihindari mengingat dampak penggunaan sumber energi fosil yang pada abad 21 ini menghadapi kenyataan semakin meningkatnya kebutuhan listrik dunia, semakin menipisnya bahan baku sumber energi, tingginya biaya produksi dan adanya dampak pemanasan global akibat penggunaannya.

Hal ini telah diantisipasi oleh negara-negara maju di dunia yang terlihat dari jumlah penggunaan energi nuklir sebagai alternatif sumber energi terbarukan

untuk pembangkit tenaga listrik negaranya, dengan kronologis perkembangannya hingga saat ini adalah:

- Energi nuklir yang dikenal sejak 1940 sebagai senjata perang atau bom dan baru sejak 1950 dimanfaatkan untuk tujuan damai yaitu dengan beroperasinya stasiun tenaga nuklir sebagai sumber energi pembangkit listrik.
- Sekarang terdapat sekitar 435 PLTN yang beroperasi di 30 negara dengan total kapasitas 368.304 GWe. Sekitar 35 PLTN sedang dalam tahap konstruksi di 11 negara seperti yang terlihat pada gambar 2.2.

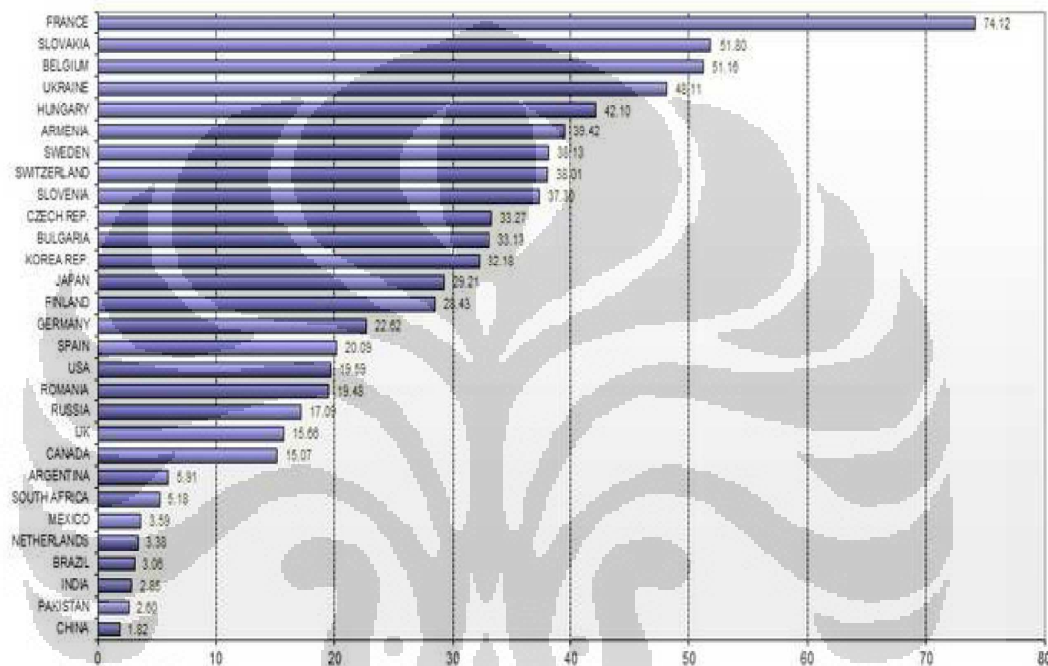


Gambar 2.2 Data PLTN Dunia
(Sumber: IAEA, 2011)

Badan Tenaga Atom Internasional (*International Atomic Energy Agency* /IAEA) meningkatkan proyeksi kapasitas PLTN secara signifikan. Saat ini diantisipasi sekurangnya 60 reaktor baru dalam 15 tahun ke depan, menghasilkan 430 GWe pada tahun 2020 yaitu 130 GWe lebih tinggi dari yang diproyeksi dalam tahun 2000 dan 16% lebih tinggi dari yang telah beroperasi di tahun 2006. Perubahan tersebut terjadi berdasarkan perencanaan khusus pada beberapa negara, termasuk China, India, Rusia, Finlandia dan Perancis, dan dipercepat lagi dengan adanya perubahan

pandangan yang disebabkan *Kyoto Protocol* untuk mengatasi *Global Warming*.

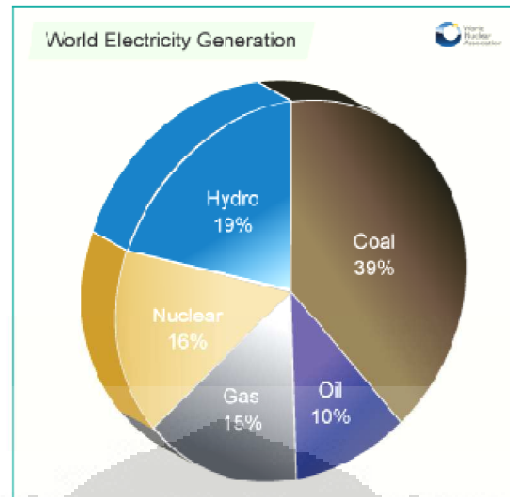
- PLTN memsupply 16% dari listrik dunia, sebagai *base-load power*. Negara yang dominan memanfaatkan nuklir untuk memenuhi kebutuhan listrik di negaranya adalah Perancis yaitu 74,12%. Sedangkan Korea Selatan, Jepang serta Amerika masing-masing memanfaatkan nuklir untuk 22,19%, 29,21% dan 19,59% dari produksi totalnya yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Persentase Produksi Listrik Nuklir di Berbagai Negara
(Sumber: IAEA, 2011)

Sumber energi lain yang masih dominan digunakan untuk pembangkit listrik saat ini adalah batu bara, minyak bumi dan gas bumi yang merupakan energi fosil dan akan menurun cadangan depositnya dalam 50 tahun kedepan, disamping dampak pemanasan global yang juga dihasilkan dari gas buangnya.

Perbandingan bahan baku sumber energi untuk pembangkit listrik dan negara-negara penggunaannya ditunjukkan pada gambar 2.4. Terlihat bahwa sumber energi terbesar saat ini adalah batu bara (39%) dan yang terkecil adalah minyak bumi (10%) dengan tenaga nuklir pada urutan ke tiga yaitu 16%.



Gambar 2.4 Persentase Perbandingan Bahan Sumber Energi Pembangkit Listrik

(Sumber: *World Nuclear Association*, 2009)

Dari uraian diatas diperoleh bahwa penggunaan energi nuklir didunia terus meningkat dan hal ini tidak lepas dari analisis para pakar mengenai manfaat dan proteksi terhadap bahaya yang ditimbulkan.

2.5.2. Aplikasi Nuklir Dalam PLTN

Aplikasi teknologi nuklir dalam bidang energi adalah pemanfaatan yang paling awal dilakukan dibandingkan aplikasi teknologi nuklir dalam bidang lainnya. Pemanfaatan dalam bidang energi ini merupakan mata rantai keberhasilan melakukan reaksi inti terkendali. Reaksi inti tak terkendali memang sudah dibuktikan terlebih dahulu keberhasilannya lewat pembuatan bom atom yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki (Jepang) pada tahun 1945 yang mengakhiri Perang Dunia II. Aplikasi yang terakhir ini yaitu membuat bom atom diharapkan tidak akan pernah dilakukan lagi, karena menimbulkan malapetaka dan kesengsaraan bagi umat manusia.

Pada reaksi inti yang terjadi di dalam reaktor nuklir, bahan bakar atau bahan fisil yang bereaksi dengan neutron akan menghasilkan beberapa unsur radioaktif, neutron baru dan energi yang sangat tinggi, seperti pada reaksi fisi yang telah diuraikan terdahulu.

Energi yang tinggi yang dihasilkan pada reaksi tersebut di atas dimanfaatkan sebagai sumber panas yang pada proses berikutnya mirip dengan

pemanfaatan sumber panas konvensional. Panas yang dihasilkan oleh energi nuklir tersebut sangat tinggi, jauh lebih tinggi daripada panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi dan batubara).

Sebagai contoh penghitungan energi nuklir yang sangat tinggi hasil dari reaksi inti adalah sebagai berikut ini.

Misalkan 1 gram U^{235} bereaksi inti seluruhnya, energi yang dihasilkan:

$$\text{Jumlah atom } U^{235} = m/A \times N_A$$

$$N_A = \text{Bilangan Avogadro} = 6,025 \times 10^{23} \text{ atom/grat}$$

$$= \{(1 \text{ gram})/(235 \text{ gram/grat})\} \times 6,025 \times 10^{23} \text{ atom/grat}$$

$$= 2,56 \times 10^{21} \text{ atom}$$

Padahal diketahui bahwa pada setiap pembelahan atom U^{235} akan dibebaskan energi sebesar 200 MeV/atom, seperti tampak pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.3 Energi Fisi (U^{235})

Fraksi Pembelahan Energi	(MeV)
Energi kinetik fragmen fisi	167
Energi kinetik neutron fisi	5
Prompt radiasi Gamma	7
Energi peluruhan radiasi Beta	5
Energi peluruhan radiasi Gamma	5
Energi neutrino	11
Total energi fisi U^{235}	200

Sumber: Wisnu Wardana, 2007

Sehingga pada pembelahan 1 gram U^{235} akan dihasilkan energi panas sebesar:

$$E = 2,56 \times 10^{21} \times 200 \text{ MeV/atom}$$

$$= 5,12 \times 10^{23} \text{ MeV}$$

Padahal, konversi energi: 1 MeV = $3,83 \times 10^{-14}$ cal. Jadi, energi yang dibebaskan pada reaksi pembelahan U^{235} adalah:

$$E = 5,12 \times 10^{23} \times 3,83 \times 10^{-14} \text{ cal.}$$

$$= 1,96 \times 10^{10} \text{ cal.} = 2,00 \times 10^{10} \text{ cal. (dibulatkan)}$$

Sekarang kalau dibandingkan dengan ledakan granat yang berisi serbuk TNT 50 gram adalah sebagai berikut:

Granat berisi 50 gram TNT menghasilkan panas 50.000 kalori = 5×10^4 cal.

Energi untuk reaksi inti 1 gram U^{235} menghasilkan panas $2,00 \times 10^{10}$ kalori
 ini sama dengan serbuk TNT sebanyak $= 50 \times 2,00 \times 10^{10} / 5 \times 10^4$ gram
 $= 20.000.000$ gram TNT
 $= 20$ ton

Jadi, energi yang dihasilkan 1 gram U^{235} sama dengan energi ledakan 20 ton TNT. Energi nuklir ini dapat juga disetarakan dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batubara) sebagai berikut:

1 gram Uranium = 2,5 ton batubara = 17.500 liter minyak bumi = 20 ton TNT.

Dengan melihat kesetaraan energi tersebut di atas, bisa dibayangkan betapa dahsyatnya energi yang diperoleh dari reaksi nuklir itu. Atas dasar kenyataan itu, manusia berpikir untuk memanfaatkan energi nuklir guna memenuhi kebutuhan energi pengganti bahan bakar fosil minyak bumi dan batubara. Energi nuklir antara lain diperoleh dari reaksi inti Uranium dan Uranium ini diperoleh dari batuan Uranium.

Mengingat akan besarnya energi yang diperoleh dari reaksi nuklir tersebut, serta mengingat semakin berkurangnya energi fosil, saat ini energi nuklir merupakan energi alternatif terbaik sebagai penggantinya. Oleh karena itu, pembangunan reaktor nuklir untuk pembangkit listrik di dunia berkembang pesat. Selain itu, perkembangan PLTN juga didukung oleh harga bahan baku Uranium yang relatif masih murah dan cadangannya masih tersedia melimpah. Hal lain yang mendukung perkembangan PLTN adalah pemakaian energi nuklir untuk pembangkit listrik bersih dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Lain halnya dengan pemakaian bahan bakar fosil yang apabila digunakan untuk pembangkit tenaga listrik akan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang cukup parah. Alasan lain adalah bahwa harga bahan bakar fosil relatif mahal dan cadangannya pun semakin menipis. Dengan demikian, orang harus mulai berpikir tentang energi alternatif yang dalam hal ini adalah energi nuklir.

Jenis-jenis PLTN beranekaragam. Penggolongan jenis PLTN ini atas dasar sistem reaktor yang digunakan di dalam PLTN tersebut. Beberapa jenis sistem

reaktor yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga nuklir dan telah terbukti baik jaminan keselamatannya, antara lain adalah sebagai berikut:

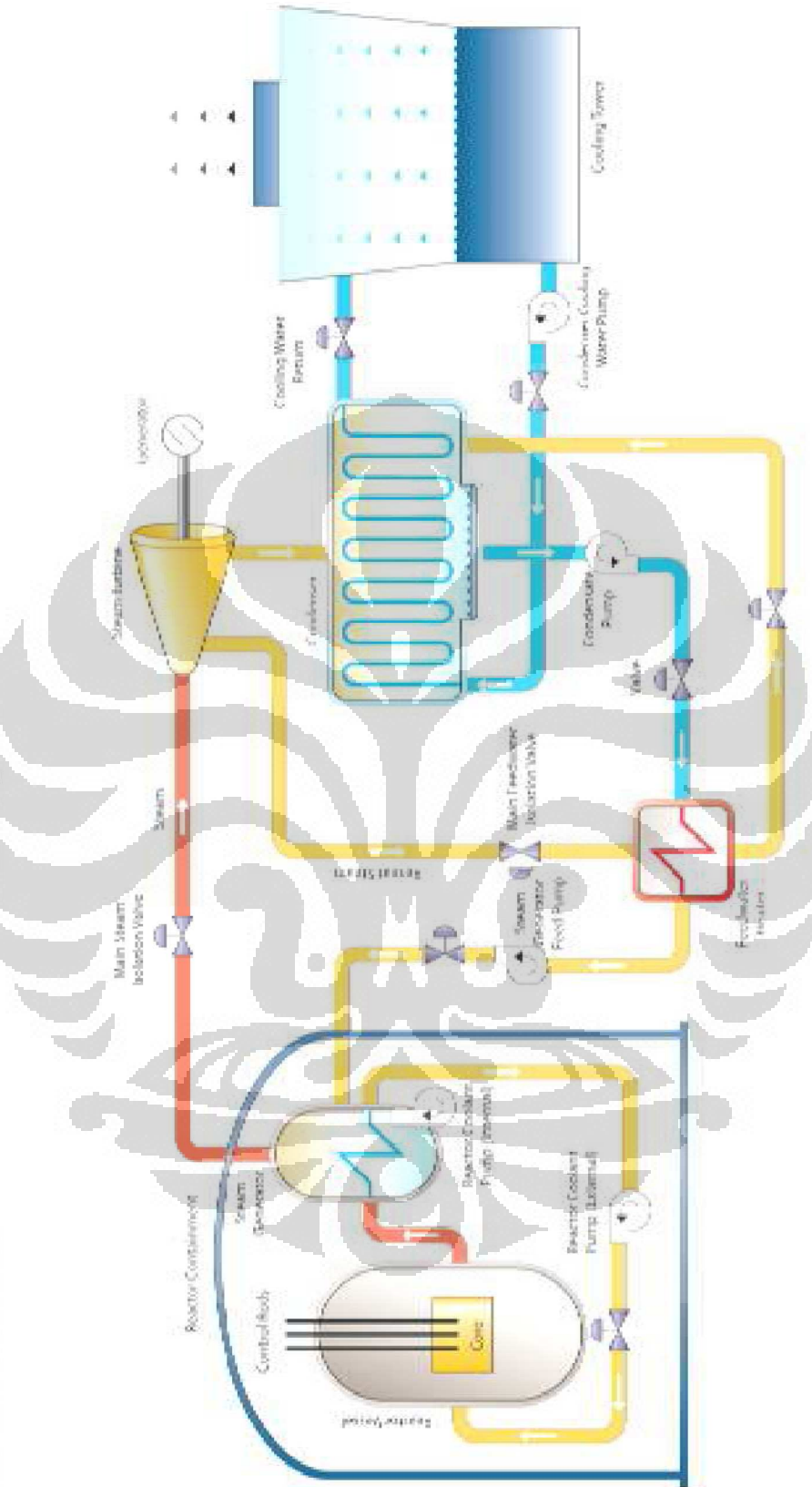
1. *Pressurized Water Reactor* (PWR) atau Reaktor Air Tekan (RAT)

PLTN tipe PWR, uap yang dibangkitkan akan masuk ke turbin yang berasal dari *steam generator* atau pembangkit uap. Jadi di sini yang bertindak sebagai *boiler* adalah *steam generator*. Skema cara kerja PLTN tipe ini terlihat pada gambar 2.5.

Bahan bakar nuklir berada di dalam teras reaktor (*reactor core*), dan teras reaktor berada di dalam bejana reaktor (*reactor vessel*). Bahan bakar akan mengalami reaksi fisi dan menghasilkan energi termal yang berada di material bahan bakar itu sendiri. Agar energi tersebut dapat dimanfaatkan, maka bahan bakar harus didinginkan menggunakan air pendingin. Jadi air pendingin ini akan mengalir ke dalam teras reaktor dari bawah, selanjutnya mengambil kalor dari bahan bakar, dengan demikian suhunya akan naik, dan selanjutnya keluar ke atas dari teras untuk selanjutnya masuk ke *steam generator*. Di dalam *steam generator* energi yang dikandung oleh air akan digunakan untuk menguapkan air yang akan masuk ke turbin. Air yang sudah dingin selanjutnya akan dikembalikan ke teras reaktor. Pada PLTN tipe ini, air pendingin reaktor dijaga jangan sampai mendidih, caranya dengan mempertahankan tekanan air tetap tinggi. Agar tujuan ini tercapai digunakan komponen yang disebut *pressurizer*. Ciri khas PLTN tipe PWR adalah:

- PWR mempunyai dua aliran pendingin yang terpisah, yaitu air untuk mendinginkan reaktor (istilahnya adalah sistem pendingin primer) dan air yang akan menjadi uap untuk memutar turbin (istilahnya adalah sistem pendingin sekunder).
- Proses pendidihan air terjadi di *steam generator*, di mana energi ditransfer dari pendingin primer ke pendingin sekunder.
- Pada sistem pendingin primer tidak terjadi pendidihan karena tekanan dijaga tetap tinggi oleh *pressurizer*.
- Batang kendali yang mengatur berlangsungnya reaksi fisi terletak di bagian atas bejana reaktor.

Nuclear Pressurized Water Reactor Process Diagram



Gambar 2.5 Skema Cara Kerja PLTN Tipe PWR

Dan memiliki kelebihan dan kekurangan PLTN tipe PWR sebagai berikut:

Kelebihan:

- Pengalaman operasi paling lengkap, dan telah terbukti dapat diandalkan seperti pembangkit listrik fosil.
- Dapat menggunakan air biasa sebagai moderator dan pendingin.
- Dapat menggunakan peralatan pembangkit listrik konvensional.
- Tenaga ahli teknologi PWR tersedia.
- Secara ekonomi kompetitif dengan pembangkit listrik fosil di berbagai macam ukuran.

Kekurangan:

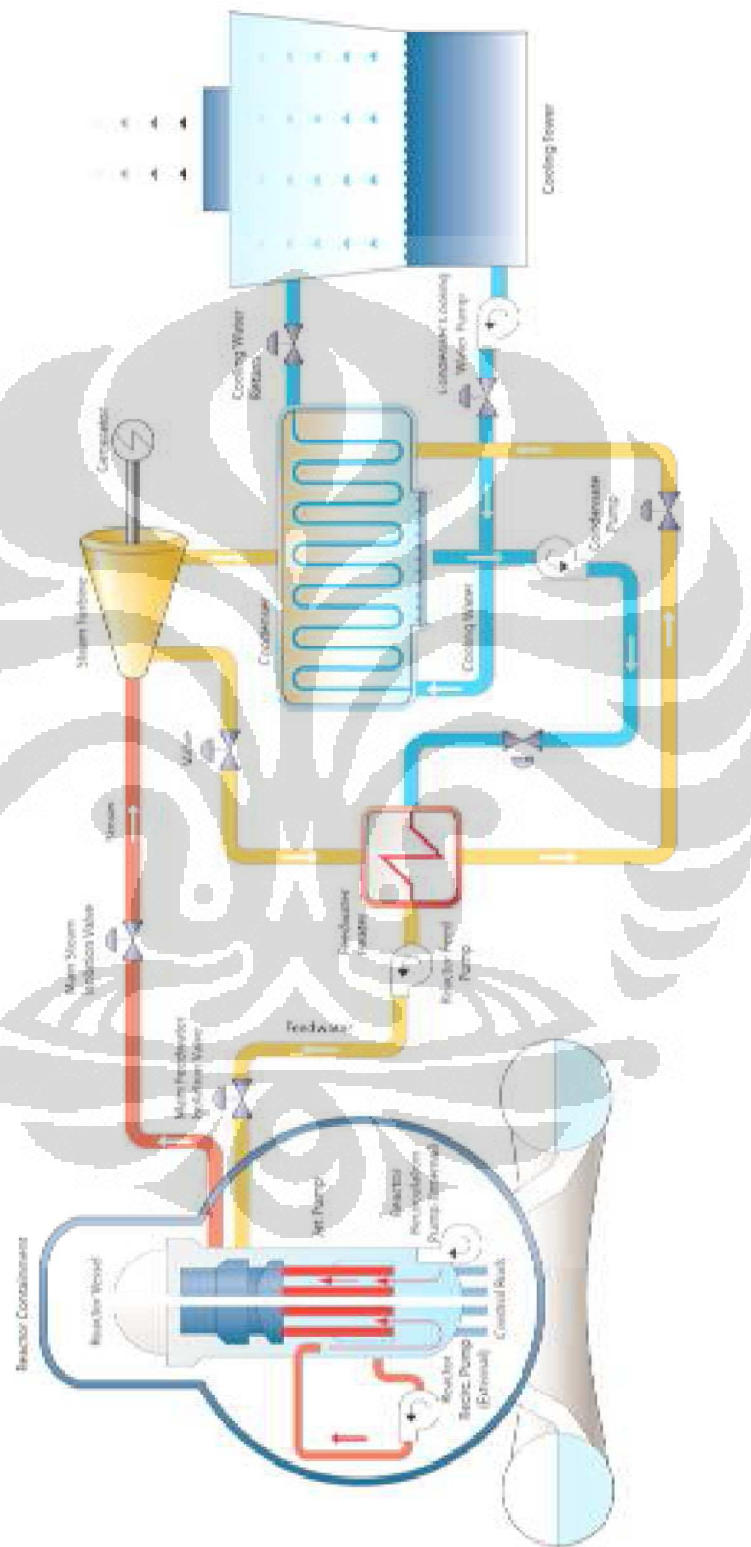
- Membutuhkan uranium yang diperkaya.
- Sistem primer bertekanan tinggi.
- Membutuhkan industri berat untuk mendukung teknologi.

2. *Boiling Water Reactor* (BWR) atau Reaktor Air Mendidih (RAM)

Pada PLTN tipe BWR hanya ada satu aliran pendingin. Proses pendidihan terjadi di dalam bejana reaktor, atau dengan kata lain yang bejana reaktor sebagai *boiler*. Energi yang dihasilkan dari reaksi fisi akan digunakan secara langsung untuk mendidihkan air dan uap yang dihasilkan dari bejana reaktor akan langsung dialirkan menuju ke turbin. Skema cara kerja PLTN tipe BWR terlihat pada gambar 2.6. Ciri khas PLTN tipe BWR ini adalah:

- Hanya ada satu aliran pendingin.
- Proses pendidihan berlangsung di dalam bejana reaktor.
- Karena terjadi pendidihan pada sistem pendingin maka tekanan pendingin lebih rendah daripada PLTN tipe PWR.
- Karena uap akan mengumpul di bagian atas bejana, maka batang kendali ditempatkan di bagian bawah bejana reaktor.

Nuclear Boiling Water Reactor (BWR) Process Diagram



Gambar 2.6 Skema Cara Kerja PLTN Tipe BWR

Dan memiliki kelebihan dan kekurangan PLTN tipe BWR sebagai berikut:

Kelebihan:

- Pengalaman operasi paling lengkap, dan telah terbukti dapat diandalkan seperti pembangkit listrik fosil.
- Dapat menggunakan air biasa sebagai moderator dan pendingin.
- Dapat menggunakan peralatan pembangkit listrik konvensional.
- Tenaga ahli teknologi BWR tersedia.
- Secara ekonomi kompetitif dengan pembangkit listrik fosil di berbagai macam ukuran.

Kekurangan:

- Membutuhkan uranium yang diperkaya.
- Membutuhkan industri berat untuk mendukung teknologi.
- Membutuhkan teknologi turbin uap yang dirancang khusus.
- Core BWR tidak compact seperti PWR.

Pada PLTN tipe PWR, air dingin masuk ke reaktor melalui dasar teras, mengalir di antara elemen-elemen bahan bakar nuklir. Karena reaksi inti, elemen-elemen bahan bakar nuklir menjadi panas, maka air yang mengalir di antara celah-celah elemen bahan bakar tersebut akan ikut panas. Elemen bahan bakar nuklir berupa tabung zirkonium yang berisi uranium dioksida. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar yang diperkaya. Bahan bakar yang diperkaya adalah bahan yang mengandung isotop U^{235} dalam jumlah yang lebih banyak dari biasanya. U^{235} adalah isotop uranium yang dapat bereaksi fisi. Sebagian besar uranium terdiri atas isotop U^{238} dan hanya sebagian kecil saja ($\pm 0,7\%$) berupa isotop U^{235} . Walaupun demikian, kandungan U^{235} dapat ditingkatkan menjadi 3% di pabrik pemerkaya uranium.

Pada saat air mengalir ke atas dan melewati celah-celah bahan bakar, air dapat mencapai suhu lebih dari $300^{\circ}C$. Walaupun mencapai suhu tersebut, air yang mengalir itu tidak mendidih, karena teras reaktor diberi tekanan yang sangat tinggi dengan menggunakan *pressurizer*. Air panas yang tidak mendidih kemudian mengalir ke alat penukar kalor dan memindahkan kalornya ke sirkit air kedua yang bertekanan lebih rendah. Karena tekanannya lebih rendah, maka air

pada sirkit kedua akan mendidih dan menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dan turbin ini juga yang menggerakkan generator listrik, sehingga diperoleh tenaga listrik. Melalui transformator dan saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), tenaga listrik ini disalurkan kepada konsumen.

Air dari sirkit pertama, setelah menyerahkan kalornya ke air pada sirkit kedua, akan menjadi dingin dan lalu dialirkan kembali ke teras reaktor. Uap air pada sirkit kedua, setelah dihembuskan ke turbin, akan didinginkan/diembunkan oleh alat pengembun (*condenser*, sebagai sirkit ketiga), lalu akan kembali berfungsi sebagai alat penukar panas (*heat exchanger*).

Teras reaktor dan alat penukar panas tempat terbentuknya uap, ditempatkan di bawah suatu sungkup atau dikurung dalam perisai yang terbuat dari beton. Sungkup beton ini dimaksudkan sebagai garis pertahanan kedua jika terjadi kebocoran. Sedangkan yang berfungsi sebagai garis pertahanan pertama adalah reaktor dan alat penukar panas itu sendiri. Jika diperhatikan, baik sistem aliran air pada sirkit pertama maupun kedua, semuanya merupakan sirkit tertutup, sehingga tidak akan ada zat radioaktif yang keluar ke lingkungan reaktor. Atas dasar pengertian ini, PLTN merupakan pembangkit listrik bersih dan tidak mencemari lingkungan, serta sistem keamanannya menerapkan pertahanan ganda, sehingga dengan baik mampu menjamin keselamatan pengoperasiannya.

Adapun uap yang keluar dari menara adalah uap air dari sungai atau danau (air pada sirkit ketiga) yang digunakan untuk mendinginkan/mengembunkan uap air pada sirkit kedua yang menggerakkan turbin.

Pada saat bahan bakar bereaksi inti dengan neutron, terjadi pengumpulan limbah bahan bakar. Hal ini akan mengganggu unjuk kerja bahan bakar. Sebelum semua U^{235} habis dalam reaksi inti, bahan bakar tersebut diganti dengan bahan bakar baru.

Bahan bakar bekas tersebut disimpan sementara di dalam air untuk menurunkan tingkat radioaktivitasnya yang memang tinggi. Setelah beberapa saat, bahan bakar bekas tersebut dikirim ke tempat pemrosesan daur ulang. Pada proses daur ulang ini, U^{235} yang belum terbakar (belum bereaksi inti) diambil untuk kemudian digunakan lagi sebagai bahan bakar. Selain itu, di dalam limbah

bahan bakar bekas, terdapat pula isotop baru yang sebelumnya tidak ada, yaitu Pu^{239} . Plutonium ini berasal dari reaksi inti neutron yang keluar dari pembelahan U^{235} dengan isotop U^{238} yang terdapat pada bahan bakar. Pu^{239} ini dapat menjadi bahan bakar baru bagi PLTN lainnya.

Pemakaian PLTN sebagai pemenuhan kebutuhan energi listrik dunia pada saat ini sudah sedemikian pesat perkembangannya. Negara-negara industri maju sangat mengandalkan energinya dari energi nuklir ini. Minyak bumi dan batubara pada saat ini cadangannya semakin menipis, tenaga air terbatas, sehingga PLTN merupakan tumpuan harapan untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan. Minyak bumi dan batubara apabila dibakar hanya untuk menghasilkan tenaga listrik, sangat disayangkan, karena akan mempercepat habisnya cadangan kedua bahan bakar tersebut. Di samping itu, pembakaran bahan bakar fosil tersebut menimbulkan polusi yang merusak lingkungan.

Sisa limbah yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi masih mempunyai tingkat radioaktivitasnya yang tinggi. Setelah melalui proses pengolahan limbah radioaktif, limbah tersebut kemudian disimpan secara lestari untuk jangka waktu yang sangat panjang. Pada saat ini, pengolahan limbah radioaktif bagi negara-negara maju sudah menjadi ajang bisnis tersendiri. Pengelolaan limbah radioaktif masih memiliki nilai ekonomis.

Keberhasilan pemakaian energi nuklir untuk PLTN telah merintis jalan ke arah pembuatan mesin-mesin berbasis energi nuklir lainnya. Mesin-mesin tersebut antara lain digunakan untuk penggerak kapal dagang, kapal selam dan kapal induk. Kapal-kapal tersebut mendapat tenaga dari reaktor nuklir yang ada di dalam kapal. Jenis reaktor yang digunakan pada umumnya adalah PWR yang berukuran lebih kecil dari yang ada di PLTN. Beberapa kapal bertenaga nuklir bahkan memiliki reaktor nuklir khusus yang dirancang untuk bekerja terus menerus selama 7 tahun tanpa harus mengisi bahan bakar (nuklir) baru. Keadaan ini secara tekno-ekonomis tentu akan dapat bersaing keras dengan kapal konvensional berbahan bakar fosil.

2.6. Studi Literatur

2.6.1. Teori Klasifikasi

Industri adalah suatu usaha atau kegiatan pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi barang jadi yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan. Usaha perakitan atau assembling dan juga reparasi adalah bagian dari industri. Hasil industri tidak hanya berupa barang, tetapi juga dalam bentuk jasa.

Karena merupakan kegiatan ekonomi yang luas maka jumlah dan macam industri berbeda-beda untuk tiap negara atau daerah. Pada umumnya, makin maju tingkat perkembangan perindustrian di suatu negara atau daerah, makin banyak jumlah dan macam industri, dan makin kompleks pula sifat kegiatan dan usaha tersebut. Cara penggolongan atau pengklasifikasian industri pun berbeda-beda. Tetapi pada dasarnya, pengklasifikasian industri didasarkan pada kriteria yaitu berdasarkan bahan baku, tenaga kerja, pangsa pasar, modal, atau jenis teknologi yang digunakan. Selain faktor-faktor tersebut, perkembangan dan pertumbuhan ekonomi suatu negara juga turut menentukan keanekaragaman industri negara tersebut, semakin besar dan kompleks kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi, maka semakin beranekaragam jenis industrinya (Dumairy, 1996).

Klasifikasi diferensial/memecah merupakan klasifikasi pada suatu kelompok/objek untuk diteliti/dilihat isinya maka tahap pertama yang dilakukan mengidentifikasi isi tersebut berdasarkan kelompok sebagai contoh memecah/mengelompok manusia berdasarkan unsur, gender, ras, kulit dan tiap-tiap kelompok tersebut diidentifikasi lebih lanjut tentang sifat-sifatnya misal kelompok lelaki dilihat dari umur, demikian pula kelompok perempuan maka dengan demikian bisa dilihat suatu model pengelompokan mengenai industri komponen PLTN.

Metode klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan komponen-komponen berdasarkan dari persamaan bentuk desainnya. Pada metode klasifikasi ini terdapat 2 variasi untuk menyelesaikan masalah (Kusiak, 2005), yaitu:

1. Metode Visual

Dalam metode ini komponen-komponen produk akan dikelompokkan berdasarkan kesamaan bentuk geometrinya. Pengelompokkan komponen dengan menggunakan metode visual ini bersifat obyektif karena keputusan

yang diambil sangat tergantung pada orang yang mengambil keputusan. Karena itu metode ini cocok digunakan jika jumlah produk yang diproduksi hanya sedikit.

2. Metode Coding

Dalam metode ini komponen diklasifikasikan berdasarkan lima karakteristik:

- Bentuk geometris
- Tipe material
- Dimensi
- Bentuk bahan baku
- Kebutuhan keakuratan hasil akhirnya

Dengan menggunakan sistem pengkodean ini, maka setiap komponen akan diberi kode berupa angka, huruf, yang setiap digitnya mewakili bentuk dari komponen tersebut.

2.6.2. *Exchange Rate*

Pengertian *exchange rate* adalah harga satu mata uang yang diekspresikan terhadap mata uang lainnya (M. Faisal, 2001). Kurs dapat diekspresikan sebagai sejumlah mata uang asing disebut *direct quote* atau sebaliknya sejumlah mata uang lokal disebut *indirect quotes*. Berdasarkan pendapat David K. Eiteman, dkk (2003) nilai tukar (*exchange rate*) valuta asing adalah harga salah satu mata uang yang dinyatakan menurut mata uang lainnya. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tukar (*exchange rate*) adalah nilai tukar yang menunjukkan jumlah unit mata uang tertentu yang dapat ditukar dengan satu mata uang lain.

Berdasarkan perkembangan sistem moneter internasional sejak berlakunya *Bretton Woods System* tahun 1947, dikenal 3 macam sistem penetapan kurs (*forex rate*) yaitu:

1. Sistem Kurs Tetap atau Stabil (*Fixed Exchange Rate System*)

Sistem ini mulai diterapkan pasca perang dunia kedua yang ditandai dengan digelarnya konferensi internasional mengenai sistem nilai tukar yang diadakan di Bretton Woods. New Hampshire Amerika Serikat pada tahun 1944.

2. Sistem Kurs Mengambang atau Berubah (*Floating Exchange Rate System*)

Setelah runtuhnya *fixed exchange rate system* maka timbul konsep baru yaitu *floating exchange rate system*. Dalam konsep ini nilai tukar dibiarkan bergerak bebas. Nilai tukar valuta ditentukan oleh kekuatan permintaan dan penawaran valuta tersebut di pasar. Dalam prakteknya terdapat dua jenis *floating exchange rate system* yaitu:

a. *Free Floting Exchange Rate System*

Dalam sistem ini nilai tukar dibiarkan bergerak bebas. Pergerakan sepenuhnya tergantung dari kekuatan penawaran dan permintaan di pasar. Bank sentral tidak melakukan intervensi ke pasar guna mempengaruhi nilai tukar mata uangnya. Pada sistem ini perubahan nilai tukar tidak akan mempengaruhi cadangan devisa negara, itu karena begitu ada perubahan penawaran atau permintaan akan berdampak langsung pada naik-turunnya nilai tukar valuta.

b. *Managed (Dirty) Floting Exchange Rate System*

Berbeda dengan sistem diatas maka pada sistem ini bank sentral dapat melakukan intervensi ke pasar guna mempengaruhi pergerakan nilai tukar valuta. Bank sentral melakukan intervensi ini biasanya disebabkan karena ada pergerakan kurs valas yang dipandang tidak menguntungkan bagi perekonomian negara tersebut sehingga perlu dilakukan intervensi untuk mencegah akibat yang lebih buruk lagi. Pada sistem ini naik turunnya cadangan devisa ditentukan oleh ada tidaknya intervensi bank sentral ke pasar.

3. Sistem Kurs Terikat (*Pegged Exchange Rate System*)

Sistem nilai tukar ini diterapkan dengan cara mengaitkan nilai tukar mata uang suatu negara dengan nilai tukar mata uang negara lain atau sejumlah mata uang tertentu.

Salah satu variasi dari *pegged system* dikenal sebagai CBS (*Currency Board System*) atau Sistem Dewan Mata Uang sebagai pengganti sistem bank sentral yang diterapkan oleh beberapa negara yang mengalami kesulitan moneter seperti Argentina dan Rumania serta Hong Kong yang masih menggunakan CBS yang

dilaksanakan dengan cara mengikatkan dan menetapkan nilai tukar tetap antara mata uangnya dengan hard currency tertentu didasarkan kepada jumlah uangnya yang beredar dan cadangan devisa yang dimilikinya.

2.6.3. *Foreign Exchange*

Pengertian *foreign exchange* atau valuta asing menurut Hamdy Hady (2006) dapat diartikan sebagai mata uang asing dan alat pembayaran lainnya yang digunakan untuk melakukan atau membiayai transaksi ekonomi keuangan internasional dan yang mempunyai catatan kurs resmi pada bank sentral.

Berdasarkan pendapat Heli Charisma Berlianta (2005) valuta asing atau yang disingkat dengan kata valas secara bebas dapat diartikan sebagai mata uang yang dikeluarkan dan digunakan sebagai alat pembayaran yang sah di negara lain.

Dari pengertian tentang valas di atas terdapat suatu hal yang relatif yaitu kata di negara lain. Jadi suatu mata uang dikatakan sebagai valuta asing tergantung dari siapa yang melihat. Untuk penduduk di negara yang bukan negara asal mata uang akan menyebut valuta asing atau valas dan sebaliknya penduduk di negara asal mata uang tidak akan menyebutnya demikian. Sebagai contoh bagi orang Indonesia mata uang US dollar adalah valuta asing, sedangkan bagi orang Amerika mata uang US dollar tentunya bukan valuta asing.

Perdagangan barang dan jasa, aliran modal dan dana antar negara akan menimbulkan pertukaran mata uang antar negara yang pada akhirnya akan menimbulkan perukaran mata uang antar negara yang pada akhirnya akan timbul permintaan dan penawaran terhadap suatu mata uang tertentu. Sebagai contoh, importir dari Indonesia membeli mobil dari Jepang dengan perjanjian bahwa pembayaran dilakukan dengan mata uang US dollar. Berdasarkan perjanjian yang telah dilakukan tersebut maka pihak importir dari Indonesia membutuhkan US dollar untuk membayar mobil yang dia impor, di sini timbul permintaan akan mata uang US dollar. Sebaliknya setelah pihak Jepang menerima pembayaran US dollar dari importir Indonesia tersebut dia menukarkan US dollar tersebut kedalam mata uang Yen (mata uang Jepang) untuk keperluan membayar upah pegawai dan material yang dia gunakan untuk membuat mobil, dari sini timbul penawaran akan

mata uang US dollar. Dalam praktek sehari-hari pertukaran valuta ini dilakukan dalam bentuk transaksi jual-beli valuta atau transaksi valuta asing

Beberapa teori yang berkaitan dengan nilai tukar valuta asing:

1. *Balance of Payment Approach*

Pendekatan ini mendasarkan diri pada pendapatan bahwa nilai tukar valuta ditentukan oleh kekuatan penawaran dan permintaan terhadap valuta tersebut. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan penawaran dan permintaan adalah *balance of payment*. Dengan menggunakan *balance of payment* kita dapat melihat aliran dana masuk dan keluar suatu negara. Dalam menggunakan pendekatan ini harus berhati-hati melihat data yang ada pada *balance of payment* karena tidak jarang data yang tersaji disana memberikan gambaran yang bias terhadap pergerakan mata uang itu sendiri.

2. Teori *Purchasing Power Parity*

Teori ini agak berbeda dengan pendekatan sebelumnya. Teori ini berusaha untuk menghubungkan nilai tukar dengan daya beli valuta tersebut terhadap barang dan jasa. Pendekatan ini menggunakan apa yang disebut *law of one price* sebagai dasar. Dalam *law of one price* disebutkan bahwa dengan asumsi tertentu, dua barang yang identik (sama dalam segala hal) harusnya mempunyai harga yang sama. Ada dua versi teori ini yaitu versi absolute dan versi relative:

- a. Versi absolute ini menyatakan bahwa nilai tukar adalah perbandingan harga barang di dua negara. Ukuran yang digunakan adalah rata-rata tertimbang dari harga seluruh barang yang ada di negara tersebut. Versi absolute ini banyak mendapat kritikan karena beberapa hal antara lain:
 - Sulit sekali menemukan produk di dua negara yang benar-benar identik.
 - Versi ini tidak memperhatikan hal-hal lain seperti selera, tingkat pendapatan, merek barang dll. Sebagai contoh makanan kaviar mungkin disukai oleh orang Rusia dan harganya relative lebih murah disana dan akan relative lebih mahal di Indonesia karena sedikit orang yang makan makanan itu. Contoh lain orang lebih suka membeli Toyota Kijang daripada mobil serupa yang bermerek lain.

- Versi ini tidak memperhitungkan biaya transport dan pembatasan perdagangan yang ada sampai sekarang.
- b. Versi relatif mengatakan bahwa pergerakan nilai tukar valuta dua negara adalah sama dengan selisih kenaikan harga barang di kedua negara tersebut pada periode tertentu. Versi ini masih mendapat beberapa kritikan yaitu:
- Belum memperhitungkan pembatasan perdagangan yang ditetapkan pada dua negara tersebut.
 - Perbedaan dalam pembobotan indeks harga
 - Kesulitan dalam menentukan periode perhitungan sehingga mengalami kesulitan dalam perbandingan tingkat kenaikan harga.
 - Kenyataan bahwa pada jangka pendek pergerakan valuta lebih dipengaruhi oleh kondisi pasar keuangan dari pada pasar komoditi.

3. *Fisher Effect*

Fisher effect diperkenalkan oleh Irving Fisher. *Fisher effect* menyatakan bahwa tingkat suku bunga nominal di suatu negara akan sama dengan tingkat suku bunga riil ditambah dengan tingkat inflasi di negara itu. Menurut *fisher effect*, tingkat suku bunga nominal di dua negara dapat berbeda karena tingkat inflasi mereka berbeda.

4. *Internasional Fisher Effect*

Internasional fisher effect pendapat ini didasari oleh *fisher effect* yang telah dijelaskan diatas. Pendapat ini menyatakan bahwa pergerakan nilai mata uang suatu negara dibanding negara lain (pergerakan kurs) disebabkan oleh perbedaan suku bunga nominal yang ada dikeluarga negara tersebut.

Beberapa faktor atau kondisi yang berbeda dan mempengaruhi kurs valas di masing-masing tempat tersebut antara lain sebagai berikut.

1. *Supply dan demand foreign currency*

Valas atau forex sebagai benda ekonomi mempunyai permintaan dan penawaran pada bursa valas atau forex market. Sumber-sumber penawaran atau *supply* valas tersebut terdiri atas: Ekspor barang dan jasa yang menghasilkan valas atau forex;

Impor modal atau *capital import* dan transfer valas lainnya dari luar negeri ke dalam negeri. Sumber-sumber permintaan atau *demand* valas tersebut terdiri atas: Impor barang dan jasa yang menggunakan valas atau forex; Ekspor modal atau *capital export* dan transfer valas lainnya dari dalam negeri ke luar negeri.

2. Posisi *Balance Of Payment* (BOP)

Balance of payment atau neraca pembayaran internasional BOP adalah suatu catatan yang disusun secara sistematis tentang semua transaksi ekonomi internasional yang meliputi perdagangan, keuangan, dan moneter antara penduduk suatu negara dan penduduk luar negeri untuk suatu periode tertentu, biasanya satu tahun. Catatan transaksi ekonomi internasional yang terdiri atas ekspor dan impor barang, jasa, dan modal pada suatu periode tertentu akan menghasilkan suatu posisi saldo positif (*surplus*) atau negative (defisit) atau *ekuilibrium*.

3. Tingkat Inflasi

Pada keadaan semula kurs valas atau forex JPY/USD adalah sebesar JPY 100 per USD. Diasumsikan inflasi di USA meningkat cukup tinggi (misalnya mencapai 5%), sedangkan inflasi di Jepang relatif stabil (hanya 1%) dan barang-barang yang dijual di Jepang dan USA relatif sama dan dapat saling saling mengsubstitusi.

Dalam keadaan demikian tentu harga barang-barang di USA akan lebih mahal sehingga impor USA dari Jepang akan meningkat. Import USA yang meningkat ini akan mengakibatkan permintaan terhadap JPY meningkat pula.

Di lain pihak, kenaikan harga barang di USA akan mengurangi impor Jepang dari USA sehingga permintaan akan USD justru menurun. Perkembangan tingkat inflasi tersebut akan mempengaruhi permintaan dan penawaran valas atau forex, baik JPY maupun USD sehingga kurs valas atau forex rate JPY/USD bergeser dari JPY 100/USD menjadi JPY 105/USD kemudian menjadi JPY 110/USD.

4. Tingkat Bunga

Hampir sama dengan pengaruh tingkat inflasi, maka perkembangan atau perubahan tingkat bunga pun dapat berpengaruh terhadap kurs valas atau *forex rate*. Dengan adanya invasi USA ke Irak, maka pemerintah USA memerlukan dana yang cukup besar untuk membiayai operasinya.

Karena permintaan dana yang besar pemerintah USA menaikkan tingkat suku bunganya untuk menarik modal luar negeri ke USA, terutama Jepang. Banyaknya valas dalam bentuk JPY yang akan masuk ke USA akan menyebabkan peningkatan permintaan USA dan penawaran JPY sehingga kurs valas atau *forex rate* JPY/USD berubah dari JPY 105/USD menjadi JPY 110/USD.

5. Tingkat pendapatan

Faktor kelima yang dapat mempengaruhi kurs valas atau *forex rate* adalah pertumbuhan tingkat pendapatan di suatu negara. Seandainya kenaikan pendapatan masyarakat di Indonesia tinggi sedangkan kenaikan jumlah barang yang tersedia relatif kecil, tentu impor barang akan meningkat. Peningkatan impor ini akan membawa efek kepada peningkatan *demand* valas yang pada gilirannya akan mempengaruhi kurs valas atau *forex rate* dari Rp 8500/USD menjadi Rp 8600/USD.

6. Pengawasan/Kebijakan Pemerintah

Faktor pengawasan pemerintah yang bisanya dijalankan dalam berbagai bentuk kebijakan moneter, fiskal dan perdagangan luar negeri untuk tujuan tertentu mempunyai pengaruh terhadap kurs valas atau *forex rate*. Misalnya: pengawasan lalu lintas devisa, peningkatan *trade barrier*, pengetatan uang yang beredar, kenaikan tingkat suku bunga, dan sebagainya. Kebijakan pemerintah tersebut pada umumnya akan berpengaruh terhadap penawaran dan permintaan valas atau *forex* yang pada gilirannya akan berpengaruh pula terhadap kurs valas atau *forex*.

7. Ekspektasi, Spekulasi dan Rumor

Adanya harapan bahwa tingkat inflasi atau defisit USA akan menurun atau sebaliknya juga akan dapat mempengaruhi kurs valas atau forex USD. Adanya spekulasi atau rumor devaluasi Rp karena defisit *current account* yang besar juga berpengaruh terhadap kurs valas atau forex rate dimana valas secara umum mengalami apresiasi.

Pada dasarnya, ekspektasi dan spekulasi yang timbul di masyarakat tersebut akan mempengaruhi permintaan dan penawaran valas yang akhirnya akan mempengaruhi kurs valas atau *forex rate*. Demikian bila halnya dengan adanya rumor, misalnya sakitnya presiden atau menteri keuangan dapat mempengaruhi sentiment dan ekspektasi masyarakat sehingga mempengaruhi permintaan dan penawaran valas yang akan berakibat pada fluktuasi kurs valas.

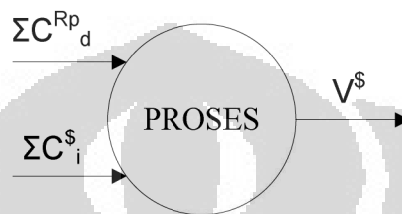
2.6.4. *Domestic Resource Cost*

Pendekatan *domestic resource cost* dikembangkan oleh Michael Bruno pada tahun 1960. *Domestic resource cost* membandingkan biaya kesempatan dari produksi dalam negeri dengan nilai tambah yang dihasilkannya.

Analisis *domestic resource cost* menilai biaya penggunaan sumber daya dalam negeri (domestik) dalam memproduksi komoditas tersebut. Biaya penggunaan dalam negeri berupa penggunaan bahan baku, rancang bangun dan perekayasaan yang mengandung unsur manufaktur, fabrikasi, perakitan, dan penyelesaian akhir pekerjaan serta penggunaan jasa dengan memanfaatkan tenaga kerja termasuk tenaga ahli, alat kerja termasuk perangkat lunak dan sarana pendukung sampai dengan penyerahan akhir yang berasal dari dan dilaksanakan di dalam negeri.

Domestic resource cost merupakan perhitungan biaya domestik atau dalam negeri yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk. Dalam proses produksi kadang menggunakan bahan yang berasal dari luar negeri yang dibeli dengan mengeluarkan sejumlah dolar. Dengan perhitungan *domestic resource cost* ini akan didapatkan berapa perbandingan harga barang per dollar atau bisa simpulkan seperti *exchange rate*. Jika nilai *domestic resource cost* lebih kecil dibandingkan nilai tukar dolar yang ada maka perusahaan tersebut dapat

menghasilkan devisa untuk negara dengan pertukaran barang tersebut dengan barang lainnya. *Domestic resource cost* didapatkan dari besarnya biaya lokal untuk memproduksi sebuah barang dibagi dengan *value added* dari barang tersebut. *Value added* merupakan pengurangan harga produk yang dijual dengan kurs dolar dengan biaya luar dengan kurs dolar yang dibutuhkan untuk memproduksinya. Berikut merupakan perhitungan *domestic resource cost* yang dimodelkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pemodelan *Domestic Resource Cost*

Rumus perhitungan *domestic resource cost*:

$$\text{Domestic resource cost} = \frac{\sum C_d^{\text{Rp}}}{V^{\$} - \sum C_i^{\$}} \quad (2.1)$$

Dimana:

$\sum C_i^{\$}$ = biaya luar dalam dolar

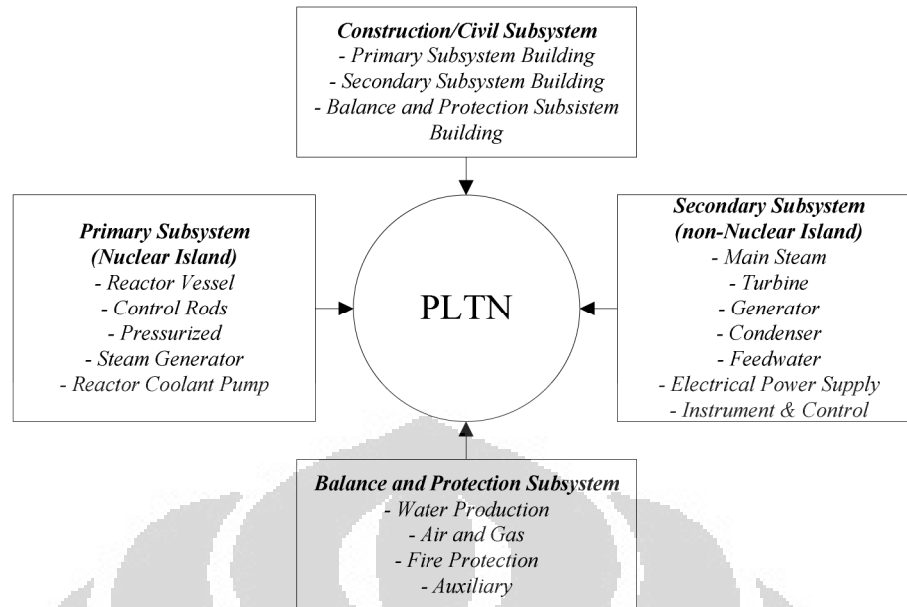
$V^{\$}$ = harga produk yang dijual dalam dolar

$\sum C_d^{\text{Rp}}$ = biaya lokal dalam rupiah

2.7. Pemodelan

2.5.1. Pemodelan Komponen PLTN

Dalam pembangunan PLTN membutuhkan berbagai macam komponen. Untuk PLTN tipe PWR, terdapat 4 subsistem yang dimodelkan pada gambar 2.8 (IAEA TRS.275).



Gambar 2.8 Pemodelan Subsistem PLTN

Dalam sistem tersebut terdapat komponen yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTN sebagai berikut:

1. *Primary Subsystem (Nuclear Island)*

Primary subsystem merupakan tempat terjadinya reaksi fisi yang dapat menghasilkan panas sehingga dengan panas tersebut uap panas dapat dibangkitkan. *Primary Subsystem* terdiri dari *reactor vessel*, *control rods*, *pressurizer*, *steam generator* dan *reactor coolant pump*. Sebuah loop pendingin reaktor adalah *reactor coolant pump*, *steam generator*, dan pipa yang menghubungkan komponen-komponen ke *reactor core*. Fungsi utama dari sistem pendingin reaktor adalah untuk mentransfer panas dari bahan bakar ke *steam generator*.

2. *Secondary Subsystem (non-Nuclear Island)*

Uap panas yang dihasilkan dari *primary subsystem* dialirkan ke *secondary subsystem* melalui *steam generator* karena *primary subsystem* dan *secondary subsystem* secara fisik terpisah, hal ini bertujuan untuk meminimalkan komponen tercemar radioaktif. Dalam *secondary subsystem* uap panas digunakan untuk menggerakkan turbin dan turbin ini juga yang menggerakkan generator listrik

sehingga diperoleh energi listrik. *Secondary subsystem* terdiri dari *turbine-generator, electrical power, instrumentation and control*.

3. *Construction/Civil Subsystem*

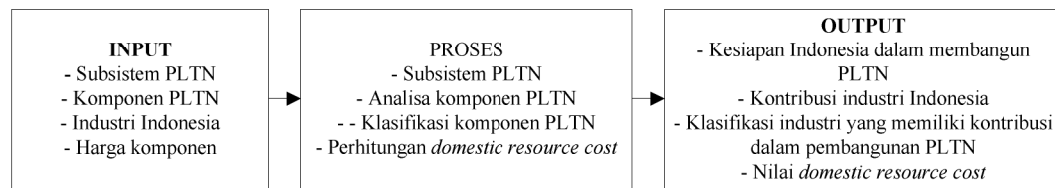
Construction/civil subsystem merupakan bangunan yang didalamnya terdapat komponen-komponen *primary subsystem, secondary subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Fungsi *construction/civil subsystem* harus dapat memberikan keselamatan jika terjadi kecelakaan nuklir. Hal ini menyebabkan *Construction/Civil subsystem* harus didesain baik terhadap efek dinamik, seismic, missil, angin, banjir, kebocoran pipa dan dapat meminimalkan kemungkinan dan akibat dari kebakaran dan ledakan. Bangunan yang perlu dibangun dalam *Construction/Civil subsystem* antara lain *contaiment, earthworks, buildings (if applicable), including architectural finish, lighting, air-conditioning, water, power, installation, furniture etc cooling water structures docking facility/harbor, other structures, e.g.*

4. *Balance and Protection Subsystem*

Balance and protection subsystem merupakan sistem pendukung dalam PLTN, Sistem ini terdiri dari *water production, supply and distribution, hot and chilled water, air and gas, fire protection, sampling, laboratories, laundries and decontamination, cranes, hoists and lifting equipment and elevators, transportation and mobile lifting equipment for normal operation and maintenance (such as buses, lorries, mobile tanks, mobile cranes, cars), draining and sewage, ventilation and air conditioning, auxiliary steam, hot and cold workshops, control centers for fire protection, security guarding, emergencies, maintenance training center, visitors information center, training center, full scope and full scale operator training simulator, canteen and social building*

2.5.2. Input dan Output

Penelitian ini berawal dari data-data yang diperlukan (input) lalu diproses hingga mendapatkan output yang diinginkan seperti yang tertera pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Input-Proses-Output

2.5.3.1. Input

Input dari penelitian ini didapat dari hasil dokumen, penelusuran internet, survei, kuesioner dan wawancara. Data yang dibutuhkan adalah:

- Subsistem PLTN tipe PWR
- Komponen PLTN tipe PWR
- Klasifikasi komponen PLTN
- Harga komponen
- Industri yang pernah terlibat dalam pembangunan pembangkit listrik

2.5.3.2. Output

Output yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Kesiapan Indonesia dalam membangun PLTN
- Kontribusi industri di Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN
- Klasifikasi industri yang memiliki kontribusi dalam pembangunan PLTN
- Nilai *domestic resource cost*.

2.8. Algoritma Kontribusi Industri Indonesia

Langkah-langkah penyelesaian kontribusi industri Indonesia dalam pembangunan PLTN berawal dari mencari data-data masukan/input yang dibutuhkan, setelah data input terpenuhi, data tersebut dapat diproses dengan bantuan algoritmayang dapat dilihat pada gambar 2.10, sehingga output yang diinginkan dapat tercapai.

Langkah ke-1, penentuan PLTN. Data PLTN ini diperoleh melalui studi literatur. Data ini berupa tipe PLTN, kelas PLTN, subsistem PLTN, komponen PLTN.

Langkah ke-2, breakdown komponen PLTN sesuai subsistem.

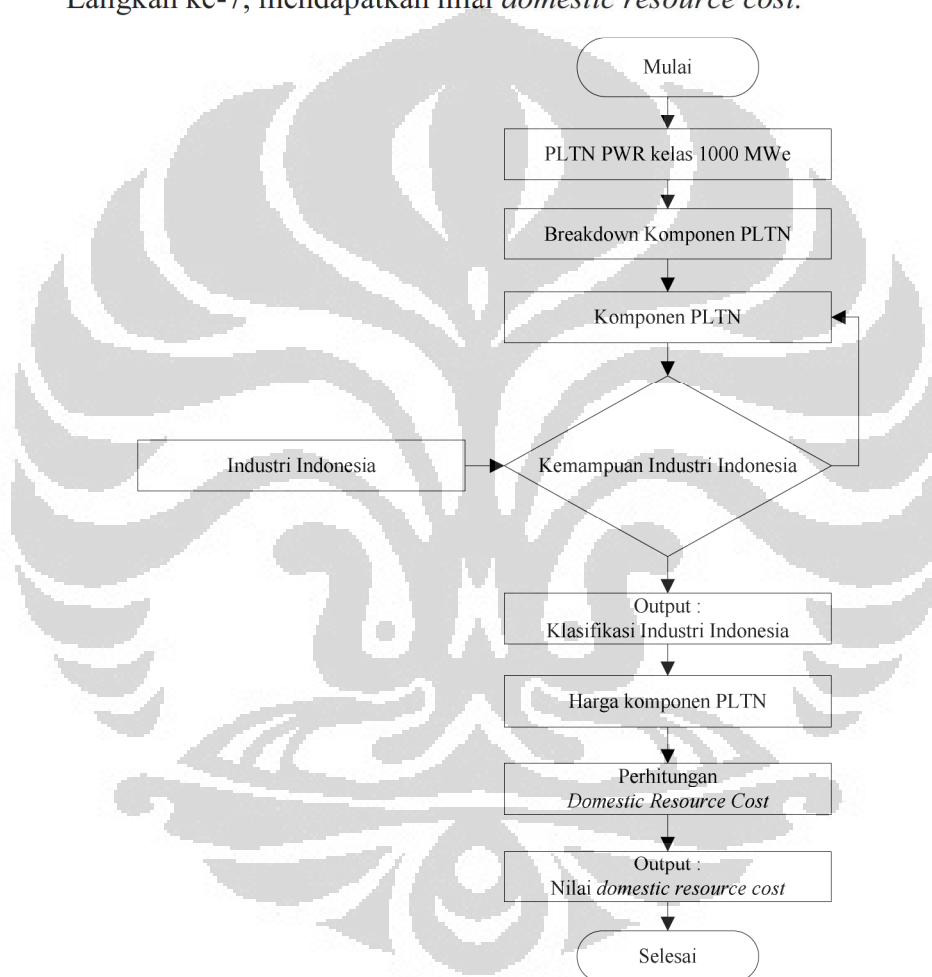
Langkah ke-3, survei industri Indonesia yang dapat menyediakan komponen PLTN..

Langkah ke-4, melakukan klasifikasi industri Indonesia.

Langkah ke-5, mendapatkan harga per komponen tersebut.

Langkah ke-6, melakukan perhitungan *domestic resource cost* pada tiap komponen PLTN. Perhitungan ini untuk mengetahui seberapa besar sumber daya dalam negeri dipergunakan dalam pembangunan PLTN.

Langkah ke-7, mendapatkan nilai *domestic resource cost*.



Gambar 2.10 Algoritma

BAB III DATA DAN PERHITUNGAN

Bab 3 ini berisikan semua data-data yang didapatkan dari literatur, penelusuran internet, survei dan data sekunder. Pengumpulan data ini meliputi aktifitas pembangunan PLTN, komponen PLTN, klasifikasi komponen PLTN, industri Indonesia yang dapat memproduksi komponen tersebut, dan harga komponen yang dapat diproduksi industri Indonesia. Adapun pengolahan data untuk mengetahui seberapa kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN dan mengetahui nilai *domestic resource cost*.

3.1. PLTN Tipe PWR Sebagai Model Perhitungan

Dalam penelitian ini, tipe PLTN yang digunakan tipe PWR kelas 1000 MWe. PLTN tipe PWR merupakan jenis reaktor yang paling banyak digunakan, reaktor ini menggunakan air (H_2O) sebagai pendingin sekaligus sebagai moderator. Pada PLTN tipe ini, uap yang dibangkitkan kemudian akan masuk ke turbin ternyata dihasilkan di *steam generator* atau pembangkit uap atau dengan kata lain *steam generator* sebagai *boiler*.

Bahan bakar nuklir berada di dalam teras reaktor (*reactor core*), dan teras reaktor berada di dalam bejana reaktor (*reactor vessel*). Bahan bakar akan mengalami reaksi fisi dan menghasilkan energi termal yang berada di material bahan bakar itu sendiri. Agar energi tersebut dapat dimanfaatkan, maka bahan bakar harus didinginkan menggunakan air pendingin. Jadi air pendingin ini akan mengalir ke dalam teras reaktor dari bawah, selanjutnya mengambil kalor dari bahan bakar, dengan demikian suhunya akan naik, dan selanjutnya keluar ke atas dari teras untuk selanjutnya masuk ke *steam generator*. Di dalam *steam generator* energi yang dikandung oleh air akan digunakan untuk menguapkan air yang akan masuk ke turbin. Air yang sudah dingin selanjutnya akan dikembalikan ke teras reaktor. Pada PLTN tipe ini, air pendingin reaktor dijaga jangan sampai mendidih, caranya dengan mempertahankan tekanan air tetap tinggi. Agar tujuan ini tercapai digunakan komponen yang disebut *pressurizer*. Skema cara kerja dan tata ruang

PLTN tipe PWR terlihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2. Ciri khas dari PLTN tipe PWR ini adalah:

- PWR mempunyai dua aliran pendingin yang terpisah, yaitu air untuk mendinginkan reaktor (istilahnya adalah sistem pendingin primer) dan air yang akan menjadi uap untuk memutar turbin (istilahnya adalah sistem pendingin sekunder).
- Proses pendidihan air terjadi di *steam generator*, di mana energi ditransfer dari pendingin primer ke pendingin sekunder.
- Pada sistem pendingin primer tidak terjadi pendidihan karena tekanan dijaga tetap tinggi oleh *pressurizer*.
- Batang kendali yang mengatur berlangsungnya reaksi fisi terletak di bagian atas bejana reaktor.

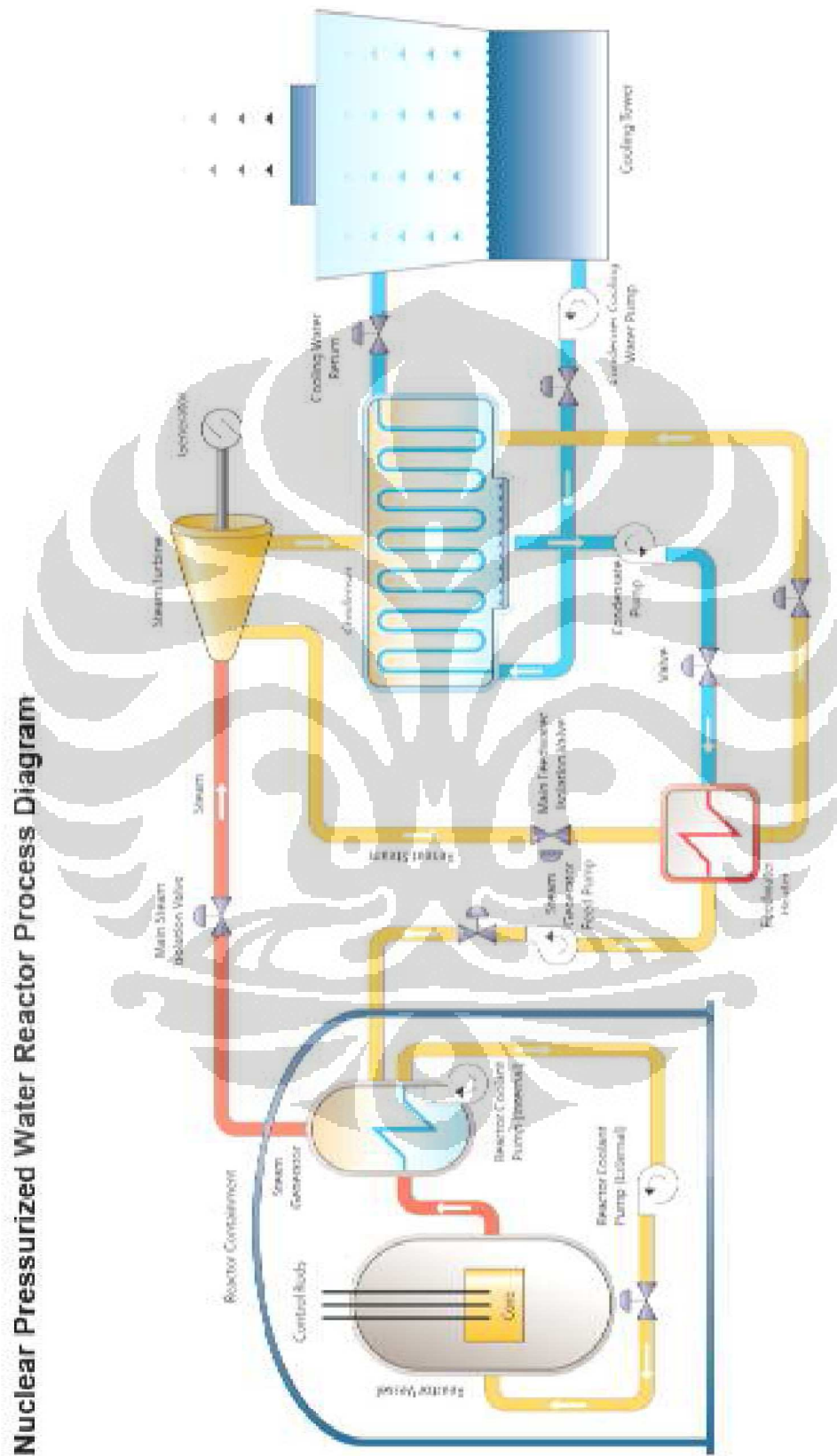
Pemilihan tipe PWR ini karena memiliki kelebihan dan kekurangan:

Kelebihan:

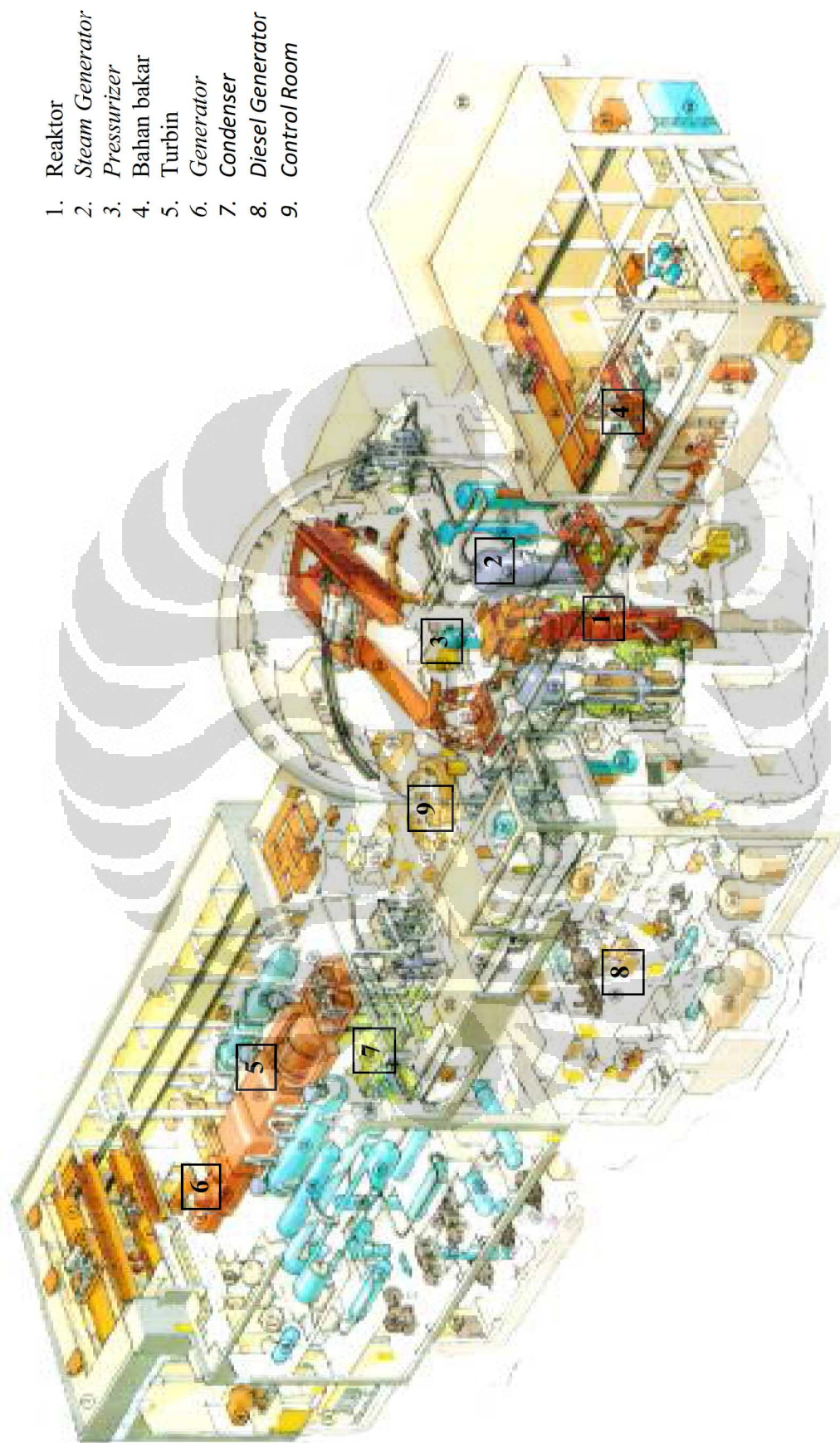
- Pengalaman operasi paling lengkap, dan telah terbukti dapat diandalkan seperti pembangkit listrik fosil.
- Dapat menggunakan air biasa sebagai moderator dan pendingin.
- Dapat menggunakan peralatan pembangkit listrik konvensional.
- Tenaga ahli teknologi PWR tersedia.
- Secara ekonomi kompetitif dengan pembangkit listrik fosil di berbagai macam ukuran.

Kekurangan:

- Membutuhkan uranium yang diperkaya.
- Sistem primer yang bertekanan tinggi.
- Membutuhkan industri berat untuk mendukung teknologi.



Gambar 3.1 Skema Cara Kerja PLTN Tipe PWR

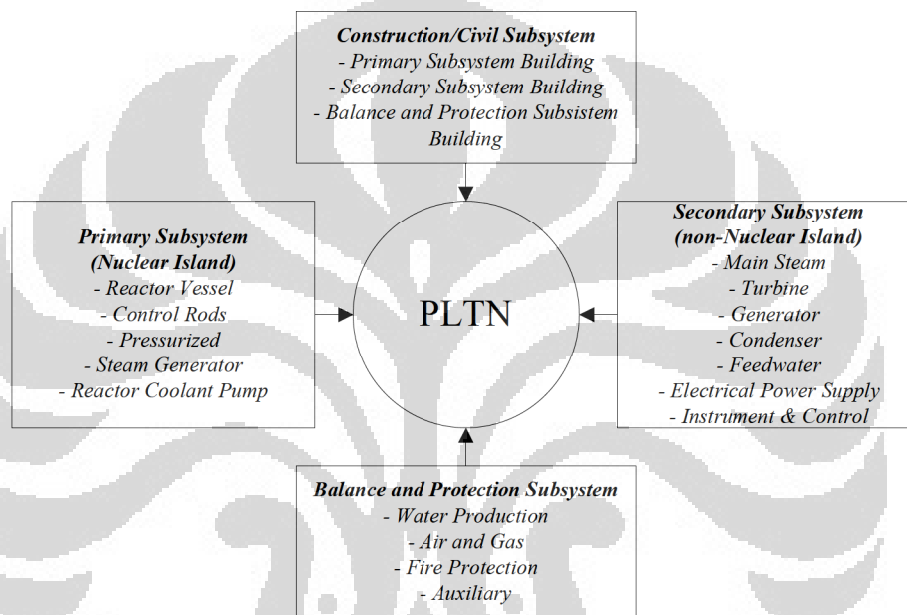


1. Reaktor
2. Steam Generator
3. Pressurizer
4. Bahan bakar
5. Turbin
6. Generator
7. Condenser
8. Diesel Generator
9. Control Room

Gambar 3.2 Tata Ruang PLTN Tipe PWR (OPR1000)

3.2. Komponen PLTN Tipe PWR

PLTN terdiri dari komponen dengan spesifikasi nuklir dan non-nuklir. Komponen non-nuklir PLTN memiliki spesifikasi desain yang mirip dengan komponen pembangkit listrik konvensional. Terdapat lebih dari 1500 komponen dalam membangun sebuah PLTN. Komponen-komponen tersebut dikelompokkan dalam 4 subsistem yaitu *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem* dengan pemodelan terlihat pada gambar 3.3 (IAEA TRS.275).



Gambar 3.3 Pemodelan Subsistem PLTN

3.2.1. Primary Subsystem (Nuclear Island)

Primary subsystem merupakan tempat terjadinya reaksi fisi yang dapat menghasilkan panas sehingga dengan panas tersebut uap panas dapat dibangkitkan. *Primary subsystem* terdiri dari 20 fasilitas dengan jumlah komponen 108. Sebuah loop pendingin reaktor adalah *reactor coolant pump*, *steam generator*, dan pipa yang menghubungkan komponen-komponen ke *reactor core*. Fungsi utama dari sistem pendingin reaktor adalah untuk mentransfer panas dari bahan bakar ke *steam generator*. Salah satu fasilitas dalam *primary subsystem* adalah *essential service water pumps and screen wash pumps* dengan komponen *essential service water pumps* dan *esw screen wash pumps* seperti yang ditampilkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komponen *Primary Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen
1	<i>Essential Service Water Pumps And Screen Wash Pumps</i>	1. <i>Essential Service Water Pumps</i> 2. <i>ESW Screen Wash Pumps</i>
2	<i>Safety Related Centrifugal Pumps</i>	1. <i>Component Cooling Water Pumps</i> 2. <i>Spent Fuel Pool Cooling Water Pumps</i> 3. <i>Essential Chilled Water Pumps</i> - <i>Component Cooling Water Makeup Pumps</i>
3

3.2.2. *Secondary Subsystem (non-Nuclear Island)*

Uap panas yang dihasilkan dari *primary subsystem* dialirkan ke *secondary subsystem* melalui *steam generator* karena *primary subsystem* dan *secondary subsystem* secara fisik terpisah, hal ini bertujuan untuk meminimalkan komponen tercemar radioaktif. Dalam *secondary subsystem* uap panas digunakan untuk menggerakkan turbin dan turbin ini juga yang menggerakkan generator listrik sehingga diperoleh energy listrik. *Secondary subsystem* terdiri dari 99 fasilitas dengan jumlah komponen 1168. Salah satu fasilitas dalam *secondary subsystem* adalah *wastewater treatment* dengan komponen *float pump*, *oily wastewater pumps*, *vertical dispensing pump*, *advanced oil separator* seperti yang ditampilkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komponen *Secondary Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen
1	<i>Wastewater Treatment</i>	1. <i>Float Pump</i> 2. <i>Oily Wastewater Pumps</i> 3. <i>Vertical Dispensing Pump</i>
2	<i>Shop Fabricated ASME III Piping</i>	<i>All fittings and accessories</i>
3

3.2.3. *Construction/Civil Subsystem*

Construction/civil subsystem merupakan bangunan yang didalamnya terdapat komponen-komponen *primary subsystem*, *secondary subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Salah satu ciri khas bangunan dalam PLTN yang tidak ada di pembangkit konvensional adalah adanya bangunan *containment*. Di dalam *containment* ini terdapat komponen *primary subsystem*. *Containment*

dirancang untuk menahan paparan suhu tinggi dan tekanan selama jangka waktu yang panjang. Fungsi utama *containment* untuk mencegah dan membatasi kebocoran gas radioaktif ke lingkungan jika terjadi kecelakaan nuklir.

Construction/civil subsystem terdiri dari 23 fasilitas dengan jumlah komponen 131. Salah satu fasilitas dalam *construction/civil* adalah *cement* dengan komponen *cement* seperti yang ditampilkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Komponen *Construction/Civil Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen
1	<i>Cement</i>	<i>Cement</i>
2	<i>Concrete Laboratory Equipment</i>	1. <i>Grip for Round 1.4" to 2.25" Diameters</i> 2. <i>Specific Gravity Bech and Water Tank with Balance</i> 3. <i>Blaine Air-Permeability Apparatus</i>
3

3.2.4. *Balance and Protection Subsystem*

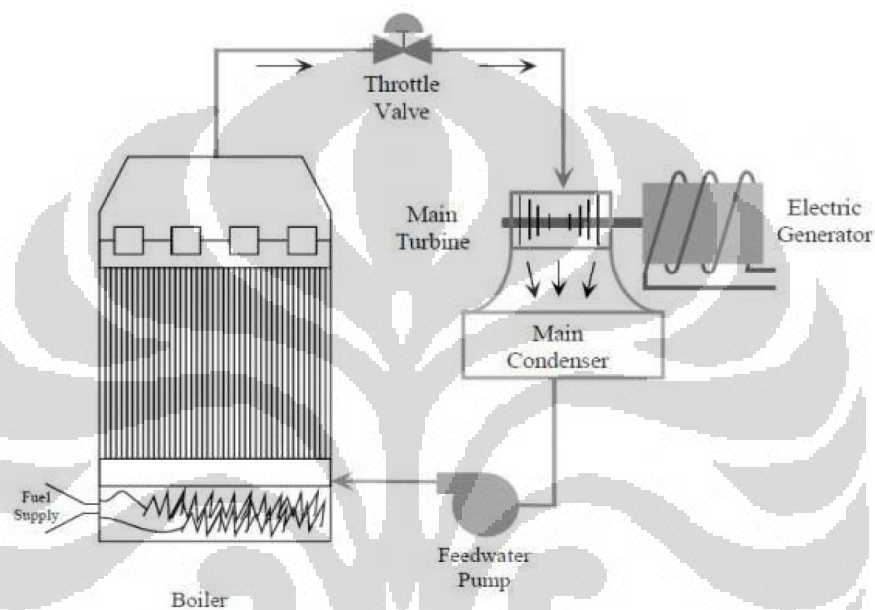
Balance and protection subsystem merupakan sistem pendukung dalam PLTN. Sistem pendukung ini antara lain *water production, hot and chilled water systems, air and gas, fire protection, sampling, laboratories, laundries and decontamination, cranes, hoists and lifting equipment and elevators* dan *Auxiliary*. *Balance and protection subsystem* terdiri dari 38 fasilitas dengan jumlah komponen 93. Salah satu fasilitas dalam *balance and protection* adalah *electric elevator* dengan komponen *electric elevator/freight elevators* seperti yang ditampilkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Komponen *Balance and Protection Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen
1	<i>Electric Elevator</i>	<i>Electric Elevator/ Freight Elevator</i>
2	<i>Hollow Metal Doors & Hardwares</i>	<i>Hollow Metal Doors, Frames, and Hardware</i>
3

3.3. Kontribusi Industri Indonesia

PLTN pada dasarnya sama dengan PLTU lainnya. PLTU menggunakan uap bertekanan tinggi yang dihasilkan dari pemanasan air dalam boiler. Uap air bertekanan tinggi tersebut dihasilkan dengan membakar batubara, gas, minyak, kayu dan bahan-bahan lain yang dapat terbakar seperti limbah tebu, kelapa sawit, sekam, dll. Prinsip kerja PLTU secara sederhana dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3.4.

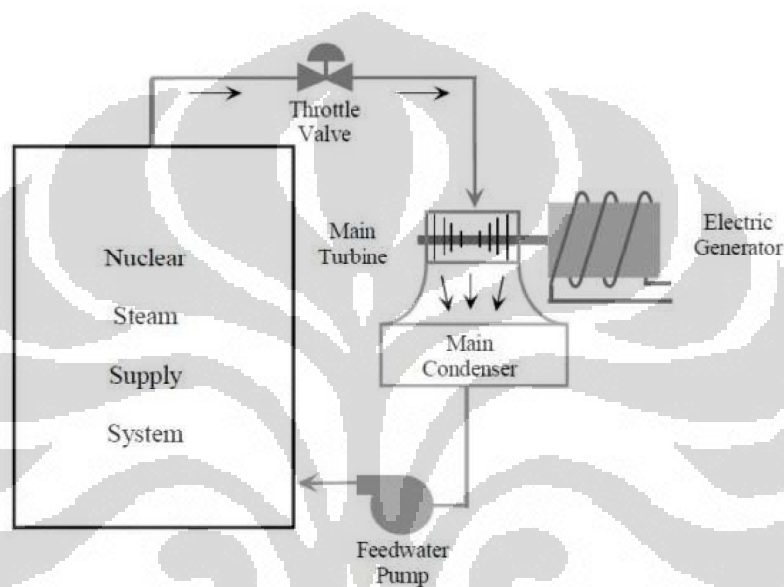


Gambar 3.4 Skema Cara Kerja Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Batubara

Batubara yang merupakan bahan bakar dipasok ke dalam tungku (*furnace*). Di dalam tungku, batubara dibakar dan akan menghasilkan energi atau kalor. Selanjutnya energi tersebut akan dipindahkan ke air di dalam *boiler*, di mana air kemudian akan mendidih dan berubah bentuk menjadi uap. Uap yang mempunyai suhu tinggi dan tekanan tinggi ini akan dialirkan ke turbin. Di dalam turbin, uap akan melewati sudu-sudu turbin yang kemudian akan memutar poros untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Uap yang telah melewati turbin selanjutnya akan masuk ke dalam kondensor, di mana uap tersebut akan didinginkan dan berubah bentuknya kembali menjadi cair. Air dari kondenser selanjutnya akan dikembalikan ke dalam boiler dengan menggunakan pompa pumpan. Demikian seterusnya proses tersebut berlangsung berulang-ulang. Karena proses tersebut berulang dan menggunakan uap sebagai media untuk

memindahkan energi, maka proses ini disebut dengan istilah siklus uap atau dikenal juga dengan istilah siklus Rankine.

PLTN yang beroperasi saat ini sebagian besar juga bekerja berdasarkan proses siklus Rankine. Oleh karena itu secara garis besar prinsip pembangkitan listriknya juga mirip dengan PLTU. Akan tetapi bedanya, bahan bakarnya diganti dengan bahan bakar nuklir. Proses terbentuknya energi tidak berada di tungku, melainkan di teras reaktor. Gambar 3.5 di bawah ini menampilkan skema kerja PLTN.



Gambar 3.5 Skema Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Melihat dari skema cara kerja PLTU dan PLTN, akan tampak dengan jelas perbedaannya. Tungku dan *boiler* yang ada di PLTU ternyata diganti dengan sistem pemasok uap nuklir (SPUN) atau *primary subsystem*. Di luar dari SPUN yaitu *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem* memiliki komponen yang ada sangatlah mirip dengan yang ada di PLTU. Oleh karena itu, industri Indonesia yang sering terlibat dalam pembangunan pembangkit listrik konvensional dapat ikut berkontribusi dalam pembangunan PLTN terutama *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*.

Keterlibatan industri Indonesia dalam pembangunan PLTU batubara dapat ditunjukkan pada pembangunan PLTU Tanjung Jati B dengan kapasitas 670 MWe yang telah dikoneksikan pada tahun 2006 seperti yang terlihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Keterlibatan Industri Pada Pembangunan PLTU Tanjung Jati B

No	Perusahaan	Komponen Yang Dipasok	Kategori
1	PT Lion Metal Works	<i>Cable Tray</i>	<i>Turbin/Generator</i>
2	PT Wasa Mitra Engineering	<i>Cable Tray Support</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Turbin/Generator Electrical</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Boiler Electrical & Instrumentation</i>	<i>Boiler</i>
3	PT Jurong Engineering Lestari	<i>Turbin/Generator Mechanical BOP</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Turbin/Generator Erection</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Boiler & Boiler Mechanical BOP</i>	<i>Boiler</i>
4	PT Truba Jurong Engineering	<i>Erection & Field Painting of Turbin Building and Control Building, TT#1-6 & Chrusher Building</i>	<i>Civil</i>
5	PT Alstom Power	<i>Trisector Airheater – on shore</i>	<i>Boiler</i>
6	PT Arkom Prima	<i>Precipitator Walls, Hoppers, Nozzles</i>	<i>Boiler</i>
		<i>Buckstay & Roof Beams</i>	<i>Boiler</i>
		<i>Boiler flues & Ducts Works</i>	<i>Boiler</i>
		<i>FGD Flues & Seal Air Ducts</i>	<i>Boiler</i>
		<i>Precipitator Platforms, Bus Ducts, Int. Frames & Supports, Spaces etc</i>	<i>Boiler</i>
		<i>Boiler Burner Wind Box</i>	<i>Boiler</i>
7	PT Boma Bisma Indra	<i>Absorber Tower/Process Tanks</i>	<i>Boiler</i>
8	PT Babcock & Wilcox Indonesia	<i>Pressure Parts</i>	<i>Boiler</i>
9	PT Jaya Ready Mix	<i>Supply of Ready Mix Concrete</i>	<i>Civil</i>
10	PT Bukaka Teknik Utama	<i>Fire Engine</i>	<i>Civil</i>
11	PT Kabel Indonesia	<i>Lightning</i>	<i>Civil</i>
		<i>Electric Cable</i>	<i>Civil</i>
12	PT Bukit Jaya Abadi	<i>Embedded Material 150 kV Substation</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Gantry/Supporting Material</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Gantry Structure Fabrication</i>	<i>Turbin/Generator</i>
		<i>Supporting Structure (Gantry)</i>	<i>Turbin/Generator</i>

Dari tabel 3.5 terlihat industri yang terlibat dan sudah memiliki pengalaman dalam pembangunan PLTU. Industri ini berpotensi untuk berpartisipasi dalam pembangunan PLTN khususnya dalam *secondary subsystem*, *contruction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Dari penelusuran data pula didapatkan industri Indonesia yang memiliki produk berupa komponen-komponen

yang berpotensi dalam pembangunan PLTN terlihat dalam tabel 3.6 dan industri Indonesia lain yang memiliki pengalaman dalam membangun pembangkit listrik.

Tabel 3.6 Komponen dan Industri Indonesia

No	Komponen	Industri
1	<i>Heat Exchanger</i>	PT Boma Bisma Indra
		PT PAL Indonesia
		PT Truba Jurong Engineering
2	<i>Pressure Vessel (Drum)</i>	PT Boma Bisma Indra
		PT Barata Indonesia
		PT Puspetindo
3	<i>Piping System</i>	PT Truba Jurong Engineering
		PT Trans Bakrie/Bakrie Pipe
		PT KHI Piping Industry
4	<i>Deaerator</i>	PT Boma Bisma Indra
		PT Arkom Prima
5	<i>Storage Tank</i>	PT Boma Bisma Indra
		PT Barata Indonesia
6	<i>Low pressure Parts of Turbine</i>	PT Barata Indonesia
		PT Bibcock Wilcox Indonesia
7	<i>Construction/Civil</i>	PT Waskita Karya
		PT Adhi Karya
		PT Hutama Karya
		PT Pembangunan Perumahan
		PT Wijaya karya
8	<i>Project Management</i>	PT Waskita Karya
		PT Adhi Karya
9	<i>Condenser</i>	PT Boma Bisma Indra
		PT PAL Indonesia
10	<i>Testing and Installation of Equipment</i>	PT Truba Jurong Engineering
		PT Rekayasa Industri
11	<i>Steel Material</i>	PT Krakatau Steel
12	<i>Steel Structure</i>	PT Truba Jurong Engineering
13	<i>Turbine Stator Frame</i>	PT PAL Indonesia
14	<i>Generator</i>	PT Pindad

3.3.1. Kontribusi Industri Indonesia di *Primary Subsystem*

Komponen *primary subsystem* merupakan komponen yang memiliki desain spesifikasi grade nuklir. *Primary subsystem* memiliki 20 fasilitas dengan jumlah komponen 108. 108 komponen *primary subsystem* memiliki nilai 5,253,100.00 US\$ dan fasilitas *health physics equipment* dengan komponen *portal monitor*, *wide range beta gamma survey meter*, *medium range beta gamma survey meter*, *low range beta gamma survey meter*, *neutron survey meter*, *portable surface contamination monitor (a)*, *portable surface contamination monitor (b)*, *alpha contamination monitor*, *alpha survey meter*, *beta contamination monitor*, *semi-*

portable particulate iodine&noble gas continuous monitor, alpha&beta particulate air monitor, high volume air sampler, low volume air sampler, battery operated air sampler, mini pulse generator, auto dose monitoring system, TLD reading system, whole body counting system, liquid scintillation counting system, gamma ray spectroscopy system, pulse generator, full face mask, half face mask, pressure air mask, mask fit tester, sorting table, sorting bag monitor, waste shredder, dan laundry monitor memiliki nilai tertinggi di *primary subsystem* yaitu 4,000,000 US\$ atau sebesar 76.14%. Industri Indonesia hanya dapat berkontribusi 28 komponen dengan nilai 231,100.00 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 4.40% pada tahun 2009 dan sebagian perincian ditampilkan pada tabel 3.7.

Komponen dalam *primary subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *spent fuel pool cooling heat exchanger, component cooling water heat exchanger* yang dapat diproduksi oleh Barata Indonesia, PT. Komponen ini memerlukan volume sebanyak 16 EA dan memiliki harga satuan sebesar 8,000 US\$. Berdasarkan volume yang diperlukan dan harga satuannya, maka nilai komponen ini sebesar 128,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 2.43%.

Tabel 3.7 Kontribusi Industri Indonesia Di *Primary Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen	Volume	Satuan	Harga Satuan (US\$)	Nilai (US\$)	Industri
1	ASME III Heat Exchanger	1. Spent Fuel Pool Cooling Heat Exchanger 2. Component Cooling Water Heat Exchanger	16	EA	8,000	128,000	Barata Indonesia, PT

3.3.2. Kontribusi Industri Indonesia di *Secondary Subsystem*

Komponen *secondary subsystem* di PLTN hampir mirip dengan komponen pembangkit konvensional. Di subsistem ini industri Indonesia banyak berkontribusi dalam memproduksi komponen yang dibutuhkan. Terdapat 99 fasilitas dalam *secondary subsystem* PLTN dengan jumlah komponen 1,168 yang

bernilai 1,083,577,656.19 US\$. Fasilitas *cable and wire markers* dengan komponen *cable marker with accessories* dan *wire markers with accessories* memiliki nilai tertinggi di *secondary subsystem* yaitu 200,001,000 US\$ atau sebesar 18.45%. 791 komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 295,837,613.39 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 27.30% pada tahun 2009 dan sebagian perincian ditampilkan pada tabel 3.8.

Komponen dalam *secondary subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *ASME B31.1 seamless pipe, carbon steel, 1/2"-2", ASTM A106 Gr. B, sch. 80* yang dapat diproduksi oleh Alpha Omega, CV. Komponen ini memerlukan volume sebanyak 502,200 LF dan memiliki harga satuan sebesar 95 US\$. Berdasarkan volume yang diperlukan dan harga satuannya, maka nilai komponen ini sebesar 47,709,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 4.40%.

Tabel 3.8 Kontribusi Industri Indonesia Di *Secondary Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen	Volume	Satuan	Harga Satuan (US\$)	Nilai (US\$)	Industri
1	<i>Field Fabricated ASME B31.1 Pipes, Pipe Fittings & Flanges</i>	<i>ASME B31.1 Seamless Pipe, carbon steel, 1/2"-2", ASTM A106 Gr. B, Sch. 80</i>	502,200	LF	95	47,709,000	Alpha Omega, CV

3.3.3. Kontribusi Industri Indonesia di *Construction/Civil Subsystem*

Construction/civil subsystem merupakan bangunan yang didalamnya terdapat komponen-komponen *primary subsystem, secondary subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Terdapat 23 subsistem dalam *construction/civil subsystem* dengan kebutuhan komponen sebesar 131 yang bernilai 1,662,088,321.00 US\$. Fasilitas *concrete expansion anchors* dengan komponen *carbon steel with zinc plated, stainless steel may be used in place of zinc coated carbon steel* dan *minimum tensile strenght 125,000 psi for undercut anchors, 68,000 psi all anchors except undercut anchors* memiliki nilai tertinggi di *construction/ civil system* yaitu 600,000,000 US\$ atau sebesar 36.09%. 51

komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 182,634,721.00 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 10.99% pada tahun 2009 dan sebagian perincian ditampilkan pada tabel 3.9.

Komponen dalam *construction/civil subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *cement* yang dapat diproduksi oleh PT. Semen Cibinong, PT. Semen Gresik, PT. Semen Tonasa Pangkep. Komponen ini memerlukan volume sebanyak 330,104 tons dan memiliki harga satuan sebesar 150 US\$. Berdasarkan volume yang diperlukan dan harga satuannya, maka nilai komponen ini sebesar 58,515,600 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 3.52%.

Tabel 3.9 Kontribusi Industri Indonesia Di *Construction/Civil Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen	Volume	Satuan	Harga Satuan (US\$)	Nilai (US\$)	Industri
1	<i>Cement</i>	<i>Cement</i>	330,104	tons	150	58,515,600	PT. Semen Cibinong PT. Semen Gresik PT. Semen Tonasa

3.3.4. Kontribusi Industri Indonesia di *Balance and Protection Subsystem*

Balance and protection subsystem merupakan *subsystem* pendukung dalam PLTN. *Balance and protection subsystem* terdiri dari 38 subsistem dengan komponen sebesar 93 yang bernilai 1,706,150.10 US\$. Fasilitas *field finish coating materials for coating service level I & II areas* dengan komponen *coating materials for coating service level I & II areas* memiliki nilai tertinggi di *balance and protection subsystem* yaitu 1,500,000 US\$ atau sebesar 87.91%. 23 komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 193,010.10 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 11.31% pada tahun 2009 dan sebagian perincian ditampilkan pada tabel 3.10.

Komponen dalam *balance and protection subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *Electric Elevator/Freight Elevators* yang dapat diproduksi oleh Lelangon CV. Komponen ini memerlukan volume sebanyak 22 dan memiliki harga satuan sebesar 7,500

US\$. Berdasarkan volume yang diperlukan dan harga satuannya, maka nilai komponen ini sebesar 165,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 9.67%.

Tabel 3.10 Kontribusi Industri Indonesia Di *Balance and Protection Subsystem*

No	Fasilitas	Komponen	Volume	Satuan	Harga Satuan (US\$)	Nilai (US\$)	Industri
1	<i>Electric Elevator</i>	<i>Electric Elevator/ Freight Elevators</i>	22	EA	7,500	165,000	Lelangon, CV.

3.4. *Domestic Resource Cost*

Nilai *domestic resource cost* merupakan perhitungan biaya domestik (*domestic cost*) yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk yang produk tersebut memiliki kemampuan dalam menghemat devisa. Dengan perhitungan *domestic resource cost* pada rumus 2.1, akan didapatkan berapa perbandingan harga barang per dolar atau bisa disimpulkan seperti nilai tukar mata uang. Jika nilai *domestic resource cost* lebih kecil dibandingkan nilai tukar dolar yang ada maka perusahaan tersebut dapat menghasilkan devisa untuk negara dengan pertukaran barang tersebut dengan barang lainnya.

Pembangunan PLTN memerlukan komponen sebanyak 1,500 yang diproduksi industri dalam negeri maupun luar negeri. Perhitungan nilai *domestic resource cost* dilakukan pada tiap komponen PLTN dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan komponen tersebut dalam menghemat devisa. Komponen yang diperlukan dalam pembangunan PLTN adalah semen dan *heat exchanger* sehingga kedua komponen ini menjadi basis dari perhitungan *domestic resource cost* untuk komponen yang lain.

3.4.1. Komponen Semen Dalam *Construction/Civil Subsystem*

Berdasarkan perhitungan dan pengambilan data untuk biaya total yang dikeluarkan untuk memproduksi semen didapatkan perbandingan biaya lokal (*domestic cost*) dan biaya luar (*foreign cost*). Dari biaya total yang diperoleh dari penjumlahan biaya yang diperlukan dalam produksi semen akan dimasukkan kedalam rumus *domestic resource cost* yang akan digunakan untuk melihat sebuah perusahaan dalam menghasilkan devisa. *Domestic resource cost*

didapatkan dari besarnya biaya lokal untuk memproduksi sebuah barang dibagi dengan *value added* dari barang tersebut. *Value added* merupakan pengurangan harga produk yang dijual dengan kurs dolar yaitu 158 US\$ (harga telah di eskalasi sebesar 5% berdasarkan inflasi Bank Indonesia) dengan biaya luar dengan kurs dolar yang dibutuhkan untuk memproduksinya yaitu sebesar 2 US\$. Berikut adalah tabel 3.11 yang merupakan rincian biaya produksi semen PT. Semen Tonasa tahun 2010 dengan jumlah produksi sebesar 3,826,600 ton serta hasil perhitungan kandungan lokal yang mengacu pada Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor : 16/M-IND/PER/2/2011.

Tabel 3.11 Persentase Biaya Lokal dan Biaya Luar untuk Produksi Semen

Komponen	Biaya (IDR)	% Lokal	% Luar	Biaya Lokal (IDR)	Biaya Luar (US\$)
Batu kapur	59,700,223,803	100	0	59,700,223,803	0
Tanah liat	15,952,163,358	100	0	15,952,163,358	0
Pasir silica	6,634,344,195	100	0	6,634,344,195	0
Pasir besi	3,677,564,321	100	0	3,677,564,321	0
Gypsum	38,878,255,612	100	0	38,878,255,612	0
Trass	27,990,926,326	100	0	27,990,926,326	0
Sepertine	1,273,113,498	100	0	1,273,113,498	0
Tenaga kerja	1,949,222,515	100	0	1,949,222,515	0
Bahan <i>additif</i>	348,642,000	0	100	0	37,896
Pemakaian kantong semen	203,145,917,421	100	0	203,145,917,421	0
Angkutan bahan baku	9,641,683,255	75	25	7,231,262,441	262,002
Pemakaian bahan bakar	497,496,717	100	0	497,496,717	0
Listrik	76,810,021,476	75	25	57,607,516,107	2,087,229
Pemeliharaan	165,977,372,039	75	25	124,483,029,029	4,510,255
Umum	15,912,114,668	100	0	15,912,114,668	0
Total	628,389,061,205			564,933,150,012	6,897,382
Jumlah Biaya Satuan				147,633	2

Sumber : data telah diolah kembali dari PT. Semen Tonasa

$$Value Added = \text{Harga Jual} - \text{Biaya luar}$$

$$= 158 - 2$$

$$= 156 \text{ dolar}$$

$$Domestic Resource Cost = \frac{\text{Biaya lokal}}{\text{Value added}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{147,633}{156} \\
 &= 948 \text{ per dolar}
 \end{aligned}$$

Nilai *domestic resource cost* yang didapatkan untuk komponen semen sebesar Rp. 948 per dolar. Hal ini berarti perusahaan yang diteliti adalah perusahaan dapat menghasilkan atau menghemat devisa karena dapat memproduksi sebuah barang yang bernilai dengan harga satu dolar namun biaya untuk memproduksinya dibawah satu dolar karena nilai *domestic resource cost* nya dibawah nilai tukar mata uang yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar Rp. 9,200 per dolar.

3.4.2. Komponen *Heat Exchanger* Dalam *Balance and Protection Subsystem*

Berdasarkan perhitungan dan pengambilan data untuk biaya total yang dikeluarkan untuk memproduksi *heat exchanger* didapatkan perbandingan biaya lokal (*domestic cost*) dan biaya luar (*foreign cost*). Dari biaya total yang diperoleh dari penjumlahan biaya yang diperlukan dalam produksi *heat exchanger* akan dimasukkan ke dalam rumus *domestic resource cost* yang akan digunakan untuk melihat sebuah perusahaan dalam menghasilkan devisa. *Domestic resource cost* didapatkan dari besarnya biaya lokal untuk memproduksi sebuah barang dibagi dengan *value added* dari barang tersebut. *Value added* merupakan pengurangan harga produk yang dijual dengan kurs dolar yaitu 8,400 US\$ (harga telah di eskalasi sebesar 5% berdasarkan inflasi Bank Indonesia) dengan biaya luar dengan kurs dolar yang dibutuhkan untuk memproduksinya yaitu sebesar 2474,43 US\$. Berikut adalah tabel 3.12 yang merupakan rincian biaya produksi *heat exchanger* PT. Barata Indonesia tahun 2010 dengan jumlah produksi sebesar 240 unit serta hasil perhitungan kandungan lokal yang mengacu pada Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor : 16/M-IND/PER/2/2011

Tabel 3.12 Persentase Biaya Lokal dan Biaya Luar untuk Produksi
Heat Exchanger

Komponen	Biaya (IDR)	% Lokal	% Luar	Biaya Lokal (IDR)	Biaya Luar (US\$)
Biaya bahan baku	9,122,496,411	75	25	6,841,872,308	247,894
Biaya <i>additif</i>	595,536,896	75	25	446,652,672	16,183
Biaya tenaga kerja	690,818,808	100	0	690,818,808	0
Tanah, lapangan, jalan	235,242,479	100	0	235,242,479	0
Gedung	849,851,115	100	0	849,851,115	0
Rumah dinas	53,126,198	100	0	53,126,198	0
Mesin	2,348,627,525	0	100	0	255,286
Peralatan Logam	566,140,353	0	100	0	61,537
Mebel	57,946,036	100	0	57,946,036	0
Kendaraan	477,028,827	75	25	357,771,621	12,963
Total	14,996,814,646			9,533,281,236	593,862
Jumlah Biaya Satuan				39,722,005	2,474

Sumber : data telah diolah kembali dari PT. Barata Indonesia

$$\begin{aligned}
 \text{Value Added} &= \text{Harga Jual} - \text{Biaya luar} \\
 &= 8400 - 2474 \\
 &= 5926 \text{ dolar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Domestic Resource Cost} &= \frac{\text{Biaya bahan lokal}}{\text{Value added}} \\
 &= \frac{39,722,005}{5926} \\
 &= 6,703 \text{ per dolar}
 \end{aligned}$$

Nilai *domestic resource cost* yang didapatkan untuk komponen *heat exchanger* sebesar Rp. 6,703 per dolar. Hal ini berarti perusahaan yang diteliti adalah perusahaan yang dapat menghasilkan atau menghemat devisa karena dapat memproduksi sebuah barang yang bernilai dengan harga satu dolar namun biaya untuk memproduksinya dibawah satu dolar karena nilai *domestic resource cost* nya dibawah nilai tukar mata uang yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar Rp. 9,200 per dolar.

BAB IV ANALISA HASIL

Bab 4 berisikan analisa hasil dari perhitungan yang telah dilakukan dalam bab 3 yaitu berupa analisa kontribusi industri Indonesia terhadap pembangunan PLTN dan nilai *domestic resource cost*.

4.1. Kontribusi Industri Indonesia

Dalam PLTN terdapat lebih dari 1500 komponen yang membentuk beberapa subsistem dan subsistem-subsistem ini akan dikelompokkan menjadi 4 subsistem yaitu *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*.

4.1.1. Primary Subsystem

Primary subsystem merupakan tempat terjadinya reaksi fisi yang dapat menghasilkan panas sehingga dengan panas tersebut uap panas dapat dibangkitkan. *Primary subsystem* memiliki 20 fasilitas dengan jumlah komponen 108. Komponen yang memiliki desain spesifikasi grade nuklir yang memiliki nilai 5,253,100.00 US\$. Industri Indonesia hanya dapat berkontribusi 28 komponen dengan nilai 231,100.00 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 4.40% pada tahun 2009.

Komponen dalam *primary subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *spent fuel pool cooling heat exchanger*, *component cooling water heat exchanger* yang dapat diproduksi oleh Barata Indonesia, PT dengan nilai komponen ini sebesar 128,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 2.43%.

4.1.2. Secondary Subsystem

Komponen *secondary subsystem* di PLTN hampir mirip dengan komponen pembangkit konvensional. Terdapat 99 fasilitas dalam *secondary subsystem* PLTN dengan jumlah komponen 1,168 yang bernilai 1,083,577,656.19 US\$. 791

komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 295,837,613.39 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 27.30% pada tahun 2009.

Komponen dalam *secondary subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *ASME B31.1 seamless pipe, carbon steel, 1/2"-2", ASTM A106 Gr. B, sch. 80* yang dapat diproduksi oleh Alpha Omega, CV dengan nilai komponen ini sebesar 47,709,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 4.40%.

4.1.3. *Construction/Civil Subsystem*

Construction/civil subsystem merupakan bangunan yang didalamnya terdapat komponen-komponen *primary subsystem, secondary subsystem* dan *balance and protection subsystem*. Terdapat 23 fasilitas dalam *construction/civil subsystem* dengan kebutuhan komponen sebesar 131 yang bernilai 1,662,088,321.00 US\$. 51 komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 182,634,721.00 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 10.99% pada tahun 2009.

Komponen dalam *construction/civil subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *cement* yang dapat diproduksi oleh PT. Semen Cibinong, PT. Semen Gresik, PT. Semen Tonasa dengan nilai komponen ini sebesar 58,515,600 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 3.52%.

4.1.4. *Balance and Protection Subsystem*

Balance and protection subsystem merupakan system pendukung dalam PLTN. *Balance and protection subsystem* terdiri dari 38 fasilitas dengan komponen sebesar 93 yang bernilai 1,706,150.10 US\$. 23 komponen dapat diproduksi oleh industri Indonesia dengan nilai 193,010.10 US\$ atau industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 11.31% pada tahun 2009.

Komponen dalam *balance and protection subsystem* yang dapat diproduksi industri Indonesia dengan nilai kontribusi tertinggi adalah *Electric Elevator/*

Freight Elevators yang dapat diproduksi oleh Lelangon CV dengan nilai komponen ini sebesar 165,000 US\$ atau nilai kontribusinya sebesar 9.67%.

4.2. *Domestic Resource Cost*

Dari perhitungan data persentase biaya lokal dan biaya luar negeri dalam total biaya, diperoleh nilai *domestic resource cost* berupa nilai rupiah per dolarnya. Dari nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata nilai tukar mata uang yang berlaku di Indonesia. Apabila nilai *domestic resource cost* berada dibawah nilai rata-rata nilai tukar mata uang resmi maka perusahaan tersebut dapat menghasilkan devisa dalam perdagangan luar negeri.

Nilai *domestic resource cost* yang didapatkan untuk komponen semen dalam *construction/civil subsystem* sebesar Rp. 948 per dolar dan *heat exchanger* dalam *balance and protection subsystem* dan Rp. 6,703 per dolar. Hal ini berarti perusahaan yang diteliti adalah perusahaan yang dapat menghasilkan atau menghemat devisa karena dapat memproduksi sebuah barang yang bernilai dengan harga satu dolar namun biaya untuk memproduksinya dibawah satu dolar karena nilai *domestic resource cost* nya dibawah nilai tukar mata uang yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar Rp. 9,200 per dolar.

1. Perhitungan *Domestic Resource Cost* Untuk *Construction/Civil Subsystem*

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk komponen *construction/civil subsystem*

$$DRC_{\text{semen}} = DRC_i; i = \text{semen}$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk fasilitas *construction/civil subsystem*

$$DRC_j = \sum_{i=1}^{131} DRC_i; j = \text{komponen}$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk *construction/civil subsystem*

$$DRC_k = \sum_{k=1}^{23} \sum_{i=1}^{131} DRC_i; k = \text{fasilitas}$$

2. Perhitungan *Domestic Resource Cost* Untuk *Balance and Protection Subsystem*

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk komponen *balance and protection subsystem*

$$DRC_{electric\ elevator} = DRC_i; i = electric\ elevator$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk fasilitas *balance and protection subsystem*

$$DRC_j = \sum_{i=1}^{93} DRC_i; j = \text{komponen}$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk *balance and protection subsystem*

$$DRC_k = \sum_{k=1}^{38} \sum_{i=1}^{93} DRC_i; k = \text{fasilitas}$$

3. Perhitungan *Domestic Resource Cost* Untuk *Secondary Subsystem*

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk komponen *secondary subsystem*

$$DRC_{pipe} = DRC_i; i = pipe$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk fasilitas *secondary subsystem*

$$DRC_j = \sum_{i=1}^{1168} DRC_i; j = \text{komponen}$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk *secondary subsystem*

$$DRC_k = \sum_{k=1}^{99} \sum_{i=1}^{1168} DRC_i; k = \text{fasilitas}$$

4. Perhitungan *Domestic Resource Cost* Untuk *Primary Subsystem*

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk komponen *primary subsystem*

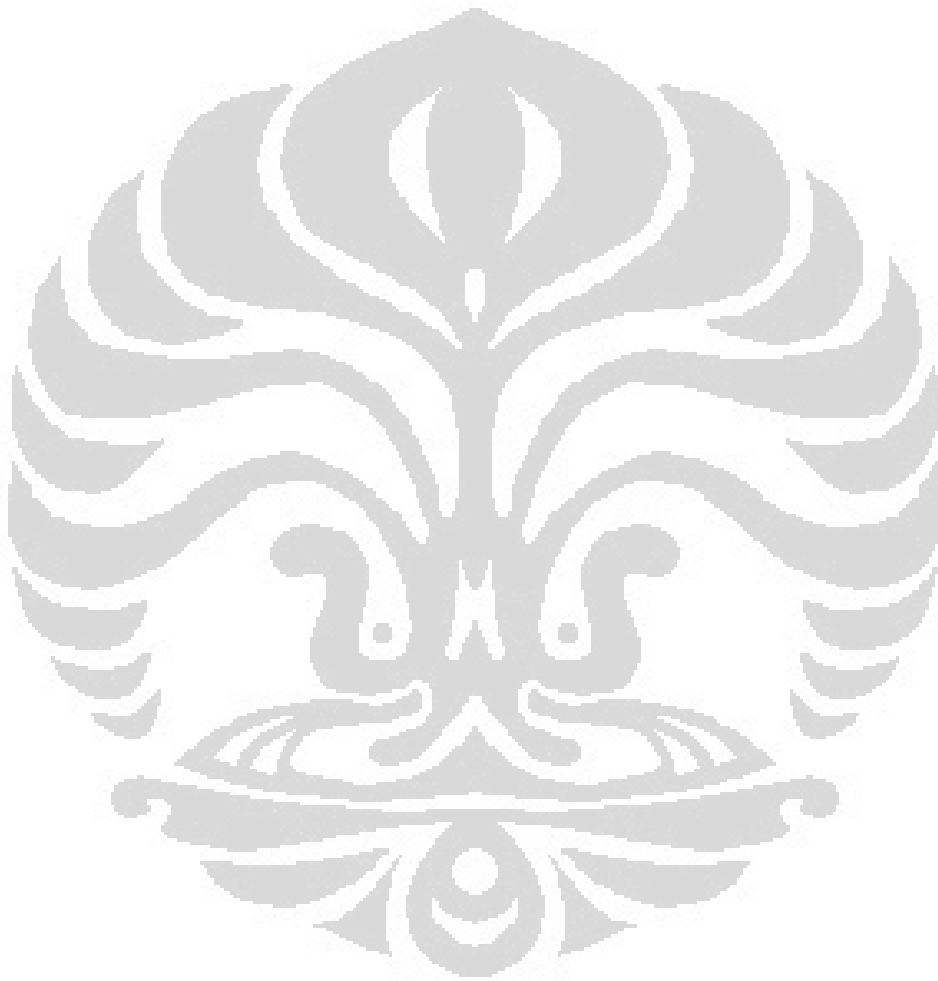
$$DRC_{heat\ exchanger} = DRC_i; i = heat\ exchanger$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk fasilitas *primary subsystem*

$$DRC_j = \sum_{i=1}^{108} DRC_i; j = \text{komponen}$$

- Perhitungan *domestic resource cost* untuk *primary subsystem*

$$DRC_k = \sum_{k=1}^{20} \sum_{i=1}^{108} DRC_i ; k = \text{fasilitas}$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisa terhadap data-data yang telah didapat dan diolah, maka berikut ini beberapa kesimpulan yang dapat diambil dan saran yang akan disampaikan.

5.1. KESIMPULAN

Pokok permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah Indonesia mengalami kesulitan dalam sumber energi pada saat sumber-sumber konvensional seperti PLTU, PLTA dan PLT energi terbarukan lainnya mengalami hambatan dan keterbatasan sehingga perlu mencari peluang PLTN sebagai energi. Peluang apakah Indonesia memiliki kesiapan dalam membangun PLTN dapat diperoleh dengan mengklasifikasikan seberapa besar kontribusi industri Indonesia dalam mendukung pembangunan PLTN. Sesuai dengan tujuan penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengumpulan data didapatkan komponen-komponen yang dikelompokkan dalam 4 subsistem utama PLTN. Keempat sistem itu *primary subsystem*, *secondary subsystem*, *construction/civil subsystem* dan *balance and protection subsystem*.
 - *Primary subsystem* terdapat 20 fasilitas dengan jumlah komponen 108 dan industri Indonesia hanya dapat berkontribusi sebanyak 28 komponen.
 - *Secondary subsystem* terdapat 99 fasilitas dengan jumlah komponen 1168 dan industri Indonesia hanya dapat berkontribusi sebanyak 791 komponen.
 - *Construction/civil subsystem* terdapat 23 fasilitas dengan jumlah komponen 131 dan industri Indonesia hanya dapat berkontribusi sebanyak 51 komponen.
 - *Balance and protection subsystem* terdapat 38 fasilitas dengan jumlah komponen 93 dan industri Indonesia hanya dapat berkontribusi sebanyak 23 komponen.

2. Dari hasil perhitungan diperoleh besar kontribusi industri Indonesia.
 - *Primary subsystem* yang bernilai 5,253,100.00 US\$, industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 231,100.00 US\$ atau 4.40%.
 - *Secondary subsystem* yang bernilai 1,083,577,656.19 US\$, industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 295,837,613.39 US\$ atau 27.30%.
 - *Construction/civil subsystem* yang bernilai 1,662,088,321.00 US\$, industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 182,634,721.00 US\$ atau 10.99%.
 - *Balance and protection subsystem* yang bernilai 1,706,150.10 US\$, industri Indonesia hanya dapat berkontribusi senilai 193,010.10 US\$ atau 11.31%.
3. Nilai *domestic resource cost* yang didapatkan untuk komponen semen dalam *construction/civil subsystem* sebesar Rp. 948 per dolar dan *heat exchanger* dalam *balance and protection subsystem* dan Rp. 6,703 per dolar. Hal ini berarti perusahaan yang diteliti adalah perusahaan yang dapat menghasilkan atau menghemat devisa karena nilai *domestic resource cost* nya dibawah nilai tukar mata uang yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar Rp. 9,200 per dolar.
4. Berdasarkan hasil perhitungan nilai kontribusi industri Indonesia, tingkat kesiapan industri Indonesia untuk terlibat dalam pembangunan PLTN pertama porsi terbesar ada pada *secondary subsystem* sebesar 27.30%

5.2. SARAN

Penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan yang dapat menjadi masukan bagi penelitian-penelitian berikutnya. Penelitian lebih lanjut yang lebih rinci dan komprehensif perlu dilakukan untuk menentukan tingkat kompetensi industri nasional dalam pembuatan komponen-komponen PLTN serta lebih memberikan penekanan pada spesifikasi komponen PLTN kaitannya dengan spesifikasi dan jaminan kualitas komponen tersebut.

DAFTAR REFERENSI

- Alesso, H. P. 1998. *Proven Commercial Reactor Types: An Introduction To Their Principal Advantages and Disadvantages*. Energy Vol 6.
- Agus Sugiyono. 2005. *Analisis Pengambilan Keputusan Untuk Perencanaan Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta: Publikasi Ilmiah Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Anonimous. 2002. *Nuclear Power Project: Policy and Korea Experience*. Korea : Korea Atomic Energy Research Institute.
- Anonimous. 2007. *Laporan Pengembangan Sektor Industri Tahun 2007*. Jakarta: Department Perindustrian dan Perdagangan.
- Balassa, Bela. Schydrowsky, Daniel M. 1968. *Effective Tariffs, Domestic Cost of Foreign Exchange, and The Equilibrium Exchange Rate*. USA: The Journal of Political Economy
- BATAN-GE. 1997. *ABWR Local Participation Plan for Indonesia*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-KEPCO. 1998. *Joint Study on The Construction of KSN-1000 in Indonesia*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-KHNP. 2004. *Report on The Joint Study for Program Preparation and Planning of The NPP Development in Indonesia Phase-1*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-KHNP. 2006. *Report on The Joint Study for Program Preparation and Planning of The NPP Development in Indonesia Phase-2*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-Newjec Co. Ltd. 1993. *National Participation. Feasibility Study of The First Nuclear Power Plants an Muria Paninsula Region*. Newjec. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-UGM. 2004. *Studi Dampak Pembangunan PLTN di Semenanjung Muria Terhadap Sektor Ekonomi Nasional*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.

- BATAN-UGM. 2005. *Studi Teknologi PLTN PWR, PHWR, dan Bahan Bakar DUPIC*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- BATAN-Westinghouse. 1996. *AP-600 National Participation Program for Indonesia*. Westinghouse/Mitsubishi/Samsung. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Behrman, Jere H. 1976. *Foreign Trade Regimes and Economic Development*. NBER.
- Beyond Petroleum. 2011. *BP Statistical Review of World Energy June 2011*. www.bp.com/statisticalreview.
- BSN. 2012. SNI Award. *Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Fujita, Natsuki. 1993. *A Note on The DRC Critetion*. The Developing Economics.
- Gupta, Abhinav. Choi, Byounghoan. 2003. *Seismic Analysis of Coupled Primary – Secondary Systems: Effect of Uncertainties in Modal Properties*. Czech Republic: International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology.
- Gray, Clive. 2007. *Pengantar kelayakan Proyek*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ismail, Abdul Ghafar. Gharleghi, Behrooz. Jafari, Yaghoob. Hosseinidoust, Ehsan. Shafighi, Najla. 2009. *The Impact of Domestic Resource Cost on the Comparative Advantages of Iran Crude Steel Sector*. Munich Personal Repec Archive Paper No. 26381.
- Indyah Nurdyastuti. 2005. *Analisis Pemanfaatan Energi Pada Pembangkit Tenaga Listrik Di Indonesia*. Jakarta : Publikasi Ilmiah Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Kadak, A. C. 1998. *Nuclear Power Plant Design Project, a Response to The Environment and Economic Challenge of Global Warming*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2006. *BluePrint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025*. Jakarta.
- Kim, Inn Seock. Cheon, Se Woo. Kim, Min Chull. 2003. *Nuclear equipment parts classification: a functional modeling approach*. Annals of Nuclear Energy.

- Massachusetts Institute of Technology. 2003. *The Future of Nuclear Power, an Interdisciplinary MIT Study*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Menteri Perindustrian Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 16/M-IND/PER/2/2011 *Tentang Ketentuan Dan Tata Cara Penghitungan Tingkat Komponen Dalam Negeri*.
- Root, Franklin R. 1978. *International Trade and Investment*. Ohio: South Western Publishing Co.
- Samuelson, Paul A. 2004. *Economics*. McGraw Hill International Edition.
- Schenk, H. Pickel, E. Bartsch, R. 1984. *Experience and Status on Primary System Components After 15 Years of Operation In The Nuclear Power Plant Obrigheim*. Amsterdam: Nuclear Engineering and Design.
- Schulz, T. L. 2006. *Westinghouse AP1000 Advanced Passive Plant*. Nuclear Engineering and Design.
- Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). 2011. *PLN Statistics 2011*. Jakarta: PT. PLN (Persero)
- Singh, M. P. 1988. *Seismic Design of Secondary Systems*. Probabilistic Engineering Mechanics.
- Sriyana dan Suprawoto, Bambang. 2008. *Studi Partisipasi Industri Nasional Dalam Pembangunan PLTN*. Jakarta: Jurnal Pengembangan Energi Nuklir.
- Sriyana. 2009. *Analisis Pengaruh Tingkat Kandungan Dalam Negeri Terhadap Keekonomian PLTN*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Sriyana. 2009. *Optimalisasi Partisipasi Industri Nasional Dalam Pembangunan PLTN*. Jakarta: Jurnal Pengembangan Energi Nuklir.
- Sriyana. 2009. *Pemutakhiran Pangkalan Data Kemampuan Industri Nasional Untuk Mendukung Proses Alih Teknologi PLTN*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Sung, Chang Sup. Hong, Sa Kyun. 1998. *Development Process of Nuclear Power Industry in a Developing Country: Korean Experience and Implications*. Elsevier Science Ltd.
- Technical Report Series No 245. 1985. *Energy and Nuclear Power Planning in Developing Countries, A guidebook*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Technical Report Series No 281. 1988. *Developing Industrial Infrastructures to Support a Programme of Nuclear Power, A Guidebook*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Teysseidou, A. Dipama, A. Hounkonnou, W. Aube, F. 2010. *Modeling and Optimization of a Nuclear Power Plant Secondary Loop*. Nuclear Engineering and Design.

USNRC Technical Training Center. *Pressurized Water Reactor (PWR) Systems*. Reactor Concepts Manual.

