

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

INEO
2014



Badan Tenaga Nuklir Nasional

OUTLOOK ENERGI NUKLIR INDONESIA Indonesia Nuclear Energy Outlook

INEO 2014

Editor:

Dr. Hudi Hastowo

Dr. Taswanda Taryo, MSc.

Ir. Yarianto SBS, M.Si

Dr. Suparman

Diterbitkan oleh/Published by

Pusat Diseminasi dan Kemitraan/Centre for Dissemination and Partnership

Badan Tenaga Nuklir Nasional/National Nuclear Energy Agency

2014

TIM PENYUSUN / AUTHORS

Pengarah/Steering Commite
Chairman of BATAN

Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto

Penanggung Jawab/Person in Charge
Deputy Chairman

Dr. Taswanda Taryo, MSc.

Ketua/Team Leader
Head of Nuclear Energy System Assessment Centre

Ir. Yarianto SBS, M.Si

Wakil Ketua/Co-leader : Dr. Suparman
Sekretaris/Secretary: Yohanes Dwi Anggoro, S.T.

Anggota/Members:

1. Dr. Ir. Sudi Ariyanto, M.Eng (BATAN)
2. Ir. Sriyana, MT (BATAN)
3. Dr. Jupiter S Pane, M.Sc (BATAN)
4. Ir. Sungkono, MT (BATAN)
5. Ir Husen Zamroni (BATAN)
6. Wiku Lulus Widodo, M.Eng (BATAN)
7. Ir. Edwaren Liun (BATAN)
8. Mochamad Nasrullah, M.Si (BATAN)
9. Ir. Moch. Djoko Birmano, M.Sc. (BATAN)
10. Citra Candranurani, MT (BATAN)
11. Nurlaila, ST, M.Si (BATAN)
12. Nuryanti, S.Si, M.T (BATAN)
13. Arief Tris Yuliyanto, ST., MT. (BATAN)
14. Yuliasuti, M.Si. (BATAN)
15. Rizki Firmansyah Setya Budi, ST (BATAN)
16. Suroso Isnandar (PLN)
17. Ir. Adiwardjojo (MPEL)
18. Budi S Sudarsono, M.Sc (MPEL)
19. Dr. Ir. Arnold Soetrisnanto (DRN)
20. Ir. Agus Sugiyono, M.Eng (BPPT)
21. Dr. Safaruddin (KEMENRISTEK)
22. Qatro Romandhi, ST, M.Sc (EBTKE-KESDM)
23. Ir. Yenny Dwi Suharyani (DEN-KESDM)
24. Dr. Deendarlianto (PSE-UGM)
25. Prof. Dr. Eng. M. Ismail Yusuf (Pusat EBT-UNTAN)
26. Drs. Taufik, MT (Distamben-Babel)
27. Ir. Noor Arifin Muhammad, MSIE (BAPPENAS)
28. Dr. Ahmad Helmy Fuady, SE, MIDEK. (LIPI)
29. Lisa Ambarsari, S.T, M.S.E. (Pusdatin – ESDM)
30. Rinaldi Adam, M.Comp. (Pusdatin – ESDM)



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

Daftar Isi

DAFTAR ISI / CONTENT

SAMBUTAN / FOREWORD

RINGKASAN EKSEKUTIF / EXECUTIVE SUMMARY

KATA PENGANTAR / PREFACE

BAB 1 / CHAPTER 1

PENDAHULUAN / INTRODUCTION

- 1.1. Latar Belakang / Background
- 1.2. Maksud dan Tujuan / Purpose and Objective
- 1.3. Pendekatan Studi / Study Approach
 - 1.3.1. Model / Models
 - 1.3.2. Pembagian Wilayah / Region Distribution
 - 1.3.3. Skenario / Scenario

BAB 2 / CHAPTER 2

KONDISI DAN PERMASALAHAN ENERGI / ENERGY CONDITION AND CHALLENGES

- 2.1. Kondisi Keenergian Saat Ini / Current Energy Conditions
 - 2.1.1. Bauran Energi / Energy Mix
 - 2.1.2. Sektor Ketenagalistrikan / Electricity Sector
 - 2.1.3. Konsumsi Energi per Kapita / Energy Consumption per Capita
- 2.2. Permasalahan Keenergian / Energy Challenges
 - 2.2.1. Cadangan Energi Fosil Terbatas / Limited Reserves of Fossil Energy
 - 2.2.2. Subsidi Energi Yang Terus Meningkat / Increasing Energy Subsidies
 - 2.2.3. Minimnya Pembangunan Infrastruktur Energi / Lack of Energy Infrastructure Development
 - 2.2.4. Emisi Karbon / Carbon Emissions

BAB 3 / CHAPTER 3

PROYEKSI ENERGI NUKLIR SAMPAI TAHUN 2050 / PROJECTION OF NUCLEAR ENERGY UNTIL 2050

- 3.1. Proyeksi Kebutuhan Energi / Projection of Energy Demand
- 3.2. Penyediaan Energi Nasional / National Energy Supply
 - 3.2.1. Asumsi Dasar Penyediaan Energi / The Basic Assumption for Energy Supply
 - 3.2.2. Proyeksi Penyediaan Energi Nasional dan Bauran Energi / Projection of National Energy Supply and Energy Mix
 - 3.2.3. Proyeksi Kapasitas Energi Nuklir / Projection of Nuclear Energy Capacity.

BAB 4 / CHAPTER 4

FAKTOR PENDORONG PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR / DRIVING FACTORS FOR NUCLEAR ENERGY UTILIZATION

- 4.1. Kebutuhan Energi Yang Terus Meningkat / Increasing Energy Needs
- 4.2. Keberhasilan Negara Pembangun PLTN / The Success of the State who Build NPP
- 4.3. Teknologi PLTN yang Semakin Maju / The NPP's Advanced Technology
- 4.4. Ekonomi / Economy
- 4.5. Permintaan Pemerintah Daerah / Requests from Local Governments

BAB 5 / CHAPTER 5

ASPEK KESELAMATAN, BAHAN BAKAR DAN PENGELOLAAN LIMBAH NUKLIR SERTA PENERIMAAN MASYARAKAT / NUCLEAR SAFETY, FUEL AND WASTE MANAGEMENT, AND PUBLIC ACCEPTANCE ASPECTS.

- 5.1. Keselamatan PLTN / NPP Safety
- 5.2. Bahan Bakar Nuklir / Nuclear Fuel
- 5.3. Pengelolaan Limbah Nuklir / Nuclear Waste Management
- 5.4. Penerimaan Masyarakat / Public Acceptance

BAB 6 / CHAPTER 6

KESIAPAN INFRASTRUKTUR DAN PETA JALAN / INFRASTRUCTURE AND ROADMAP READINESS

- 6.1. Kesiapan Infrastruktur / Infrastructure Readiness
- 6.2. Tapak / Site
 - 6.2.1. Tapak Muria / Muria Site
 - 6.2.2. Tapak Banten / Banten Site
 - 6.2.3. Tapak Bangka / Bangka Site
 - 6.2.4. Tapak Kalimantan Barat / West Kalimantan Site
 - 6.2.5. Tapak Kalimantan Timur / East Kalimantan Site
- 6.3. Peta Jalan PLTN / NPP Road Map

BAB 7 / CHAPTER 7

PENUTUP / CLOSING REMARKS

DAFTAR ISTILAH / GLOSSARY

DAFTAR PUSTAKA / REFERENCES

“PLTN adalah sebuah keniscayaan untuk hadir di bumi pertiwi. Terlebih kita dihadapkan pada fakta bahwa cadangan energi fosil semakin menipis, serta komitmen pemerintah untuk mengurangi emisi karbon”



Kepala / Chairman of BATAN
Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) didukung oleh berbagai instansi dan organisasi yang kompeten dapat menerbitkan buku Outlook Energi Nuklir Indonesia (*Indonesian Nuclear Energy Outlook, INEO*) 2014. Secara umum buku INEO 2014 ini mengulas kondisi dan permasalahan energi baik saat ini maupun proyeksinya, dengan bahasan khusus pada energi nuklir dalam kurun 2014-2050. Seperti kita ketahui bersama bahwa energi nuklir (baca PLTN) masih merupakan isu sensitif. Hal ini menjadi salah satu penyebab belum dapat dimanfaatkannya energi nuklir untuk pembangkit listrik di Indonesia sampai saat ini, dan menjadi tantangan tersendiri.

Energi nuklir masih mendapatkan perlakuan yang kurang setara, karena hanya menjadi pilihan terakhir dalam dalam draf Kebijakan Energi Nasional (KEN). Namun demikian mengingat kebutuhan energi yang semakin meningkat, guna mendukung pertumbuhan penduduk, ekonomi dan industri, maka PLTN adalah sebuah keniscayaan untuk hadir di bumi pertiwi. Terlebih kita dihadapkan pada fakta bahwa cadangan energi fosil semakin menipis, serta komitmen pemerintah untuk mengurangi emisi karbon.

Buku INEO ini memberikan berbagai sudut pandang dan perspektif pengembangan energi nuklir di

With sincere gratitude to Allah SWT, National Nuclear Energy Agency (Batatan), supported by various competent agencies and organizations, has published a book on the Indonesian Nuclear Energy Outlook (INEO) 2014. In general, INEO 2014 reviews both current and projected energy conditions and issues, with a special discussion on nuclear energy in the period of 2014-2050. It is understood that nuclear energy (read NPP) is still a sensitive issue. This is one reason why nuclear energy is yet to be utilized for electricity generation in Indonesia until now and remains as a challenge.

Nuclear energy has received unequal treatment as it is positioned as the last option in the draft of National Energy Policy (KEN). However, considering the increase in energy demand to support growth of population, economy and industry, nuclear power plant is a necessity in Indonesia. Moreover, we are faced with the fact that fossil fuel reserves are running low and there is the government's commitment to reduce carbon emissions.

INEO 2014 provides a variety of viewpoints and perspectives on nuclear energy development in Indonesia to support national energy security. Nuclear energy will be the most rational and prospective option, considering various advantages such as technology options, higher level of

Indonesia dalam konteks untuk mendukung ketahanan energi nasional. Energi nuklir akan menjadi pilihan paling rasional dan prospektif, mengingat berbagai nilai positif seperti pilihan teknologi, tingkat keselamatan semakin andal, biaya pembangkitan listrik yang kompetitif dan success story negara pengguna PLTN. Hal ini akan menjadi daya dorong percepatan pembangunan PLTN di Indonesia.

Keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar wilayah di Indonesia masih menjadi permasalahan fundamental. Akselerasi pembangunan akan sangat tergantung pada ketersediaan infrastruktur termasuk kelistrikan. Introduksi energi nuklir dengan berbagai pilihan teknologi dan variannya (kapasitas, teknologi, aplikasi panas) adalah potensi yang sangat besar dan rasional untuk mendorong percepatan pembangunan ekonomi di seluruh wilayah Indonesia, sejalan dengan semangat MP3EI.

Penguasaan energi, khususnya nuklir akan memperkuat diplomasi energi, baik di tingkat regional maupun global, sehingga akan meningkatkan posisi tawar dalam menghadapi persaingan bebas.

Berbagai topik mengenai keselamatan PLTN, pengelolaan limbah radioaktif, penerimaan masyarakat, kesiapan tapak yang aman, kesiapan infrastruktur, dan peta jalan menjadi bagian yang penting dalam buku ini untuk menjawab tantangan dan kekhawatiran masyarakat pada umumnya.

Buku ini adalah buah kajian dan analisis para pakar dalam berbagai bidang keahlian, tentunya akan memperkaya sudut pandang dan perspektif bagi para pengambil kebijakan, agar lebih bijaksana dan tepat dalam penetapan kebijakan energi nasional. Pengambilan keputusan hari ini akan menentukan dan membawa nasib bangsa Indonesia masa depan.

Kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada tim penyusun serta semua pihak yang telah memberi dukungan dan bantuan sehingga buku ini bisa diterbitkan.

safety, competitiveness of power generation cost and success stories of countries with NPP. This will be the driving force to accelerate NPP development in Indonesia.

Balance and distribution of development among regions in Indonesia is still a fundamental problem. Acceleration of development will depend on the availability of infrastructure including electricity. Introduction of nuclear energy with various technology option and variants (capacity, technology, heat application) is highly potential and rational to accelerate economic development in all regions of Indonesia, in line with the spirit of MP3EI.

Energy sovereignty, nuclear in particular, will strengthen energy diplomacy, both at regional and global levels, thereby increasing the bargaining power in the light of free competition.

Various topics concerning NPP safety, radioactive waste management, public acceptance, site readiness, infrastructure preparedness, and road map become an important part of this book to address the challenges and concerns to the public.

This book is the pieces of study and analysis of experts in various fields of expertise which will surely enrich the viewpoints and perspectives of policy makers to be more thoughtful and precise in setting national energy policy. Today's decision will determine the fate of Indonesia in the future.

I extend my thanks and appreciation to the editorial team and everyone who have given their support and assistance for the publication of this book.

Jakarta, 6 Juni 2014

Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto

Indonesia masih sangat tergantung pada minyak bumi untuk pemenuhan kebutuhan energinya dengan persentase 48% dari total pasokan energi. Secara persentase angka ini akan berkurang, namun secara kuantitas konsumsi minyak terus meningkat. Sementara produksi minyak dalam negeri terus menurun yang saat ini sudah sampai pada angka kurang dari 1 juta barel per-hari. Harga minyak dunia yang mempunyai trend/kecenderungan meningkat berakibat pada meningkatnya subsidi BBM dan energi, yang menjadi beban keuangan negara terus menerus. Sumberdaya lain pun seperti gas dan batubara juga mengalami penipisan cadangan. Pemerintah melalui instrumen kebijakan energi berupaya keras mengatasi ketergantungan pada energi fosil ini dengan mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) secara intensif. Namun demikian kebijakan ini perlu diperhatikan konsistensi dalam implementasinya.

Di sektor ketenagalistrikan, dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi listrik belum dapat diimbangi oleh pertumbuhan kapasitas pembangkit. Meskipun kapasitas pembangkit listrik, jaringan transmisi, dan jaringan distribusi terus berkembang, namun laju pertumbuhannya tidak seiring dengan laju permintaan listrik. Hal ini mengakibatkan banyaknya konsumen yang masuk dalam "daftar tunggu" untuk memperoleh aliran listrik. Lebih ironis lagi, dalam kondisi tertentu guna menjaga keandalan sistem dilakukan "pemadaman" akibat permintaan yang terlalu tinggi. Peningkatan target rasio elektrifikasi dan kebutuhan listrik menuntut pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan di masa datang. Saat ini elektrifikasi rasio baru mencapai 80 %, dan itupun masih terpusat di Pulau Jawa.

Di lingkungan regional ASEAN, konsumsi energi final per kapita Indonesia pada tahun 2011 sebesar 0,857 TOE masih lebih rendah dibandingkan dengan Brunei (9,427 TOE), Singapura (6,452 TOE), Malaysia (2,639 TOE), dan Thailand (1,790 TOE) pada tahun yang sama, namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan Vietnam dan Filipina. Begitu juga dengan konsumsi

Indonesia still depends heavily on petroleum to meet its energy needs which comprises 48% from the total of energy supply. The percentage figure will decrease, but the quantity of oil consumption continues to increase. Domestic oil production continues to decline to less than 1 million barrels per day at the present time. World oil prices tend to increase resulting in the increase in fuel and energy subsidies, which continuously became the state's financial burden. Other resources such as gas and coal are also depleted. The government through the instrument of energy policy strives to overcome the dependence on fossil energy by encouraging the use of New and Renewable Energy (NRE) intensively. However, the consistency in the implementation of this policy needs to be considered.

In electricity sector in recent years, the growth of electricity consumption cannot be offset by the growth of generating capacity. Although the capacity of power plants, transmission lines and distribution networks continue to grow, the rate of growth is not keeping pace with the rate of electricity demand. This resulted in the number of consumers being put into the "waiting list" to get electricity. More ironically, under certain conditions, in order to maintain the system stability, outage has to be performed because demand is too high. Increases in the target for electrification ratio and electricity demand require electricity infrastructure development in the future. Currently, electrification ratio has reached 80% and it is still concentrated in Java Island.

In ASEAN region, the final energy consumption per capita of Indonesia in 2011 was amounted to 0.857 TOE which was lower than Brunei (9.427 TOE), Singapore (6.452 TOE), Malaysia (2,639 TOE), and Thailand (1,790 TOE) in the same year, but still higher than Vietnam and the

listrik per kapita Indonesia masih lebih rendah dibandingkan dengan Brunei, Singapura, Malaysia, Vietnam, dan Thailand pada tahun yang sama, namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan dan Filipina.

Kesenjangan regional antara Jawa dan Luar Jawa juga belum dapat diatasi. Masih banyak kawasan industri dan kawasan ekonomi yang belum dapat dilayani oleh sistem kelistrikan nasional. Di beberapa daerah luar Jawa, dimana sumber daya melimpah, malah kekurangan pasokan listrik. Menurut kajian Dewan Energi Nasional (DEN) tahun 2010 ada sekitar delapan daerah di Indonesia yang sedang mengalami krisis listrik parah. Adapun daerah tersebut antara lain, Riau, Kalimantan Barat, Aceh, Sumatera Utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Bali, dan Nusa Tenggara.

Proyeksi kebutuhan energi nasional dengan mengacu kepada Draft Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang telah mendapat persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) tahun 2014 menyebutkan bahwa target penyediaan energi primer pada tahun 2025 sekitar 400 MTOE (2.932 Juta SBM) dan pada tahun 2050 sekitar 1000 MTOE (7.230 Juta SBM). Sedangkan target untuk pemanfaatan listrik per kapita pada tahun 2025 sekitar 2.500 kWh/kapita dan sekitar 7.000 kWh/kapita pada tahun 2050. Dengan target ini diperlukan pasokan energi yang besar dan dapat disediakan secara masif.

Nuklir diproyeksikan mulai masuk ke dalam sistem kelistrikan Jamali pada tahun 2027 sebesar 2.000 MW (2 x 1.000 MW) dan bertambah sampai tahun 2050 sebesar 12.000 MW. Sedangkan untuk wilayah Sumatera, nuklir akan masuk mulai tahun 2031 sebesar 2.000 MW dan diakhir tahun 2050 menjadi sebesar 8.000 MW. Pada tahun yang sama PLTN mulai memasok listrik di sistem Kalimantan dengan 100 MW dan meningkat menjadi 800 MW di tahun 2050. Sedangkan untuk pulau-pulau lain, nuklir mulai dapat berkontribusi tahun 2041 dengan kapasitas 35 MW. (Tabel 1.)

Philippines. Similarly, Indonesia's per capita electricity consumption was still lower than Brunei, Singapore, Malaysia, Vietnam, and Thailand in the same year, but still higher than the Philippines.

Regional gap between Java and outside Java is also yet to be resolved. There are many industrial and economic zones that cannot be served by the national electricity system. In some areas outside Java, where resource is abundant, power shortage still occurs. According to the review of the National Energy Commission (NEC) in 2010 there were about eight regions in Indonesia having severe power crisis. Those areas include: Riau, West Kalimantan, Aceh, North Sumatra, East Kalimantan, South Sulawesi, North Sulawesi, Bali, and Nusa Tenggara.

Projection of national energy demands refers to the Draft of National Energy Policy (NEP) which has been approved by the House of Representatives (DPR) in 2014. It is stated that the target of primary energy supply in 2025 is about 400 MTOE (2,932 million BOE) and in 2050 about 1,000 MTOE (7,230 million BOE). The target of electricity consumption per capita in 2025 is about 2,500 kWh / capita and approximately 7,000 kWh / capita in 2050. This goal requires large amount of energy supply and one that can be provided massively.

Nuclear is projected to go online in the Jamali electrical system starting in 2027, amounted to 2,000 MW (2 x 1,000 MW), and will increase to 12,000 MW in 2050. As for the Sumatra region, nuclear will enter in 2031 at about 2,000 MW and at the end of 2050 it will reach 8,000 MW. In the same year nuclear power plant will start to supply electricity in Kalimantan system at 100 MW and will increase to 800 MW in 2050. For other islands, NPP may start its contribution in 2041 with a capacity of about 35 MW. (Table 1).

Tabel 1. Proyeksi Kapasitas PLTN sampai tahun 2050 (MW)
 Table 1. Projection of NPP Capacity Until 2050 (MW)

Tahun Year	Jamali	Sumatera	Kalimantan	Pulau Lainnya Other Island	Total
2013	-	-	-	-	-
:	-	-	-	-	-
2027	2.000	-	-	-	2.000
2028	2.000	-	-	-	2.000
2029	2.000	-	-	-	2.000
2030	2.000	-	-	-	2.000
2031	2.000	2.000	100	-	4.100
2032	2.000	2.000	100	-	4.100
2033	2.000	2.000	100	-	4.100
2034	2.000	2.000	100	-	4.100
2035	2.000	2.000	200	-	4.200
2036	4.000	2.000	200	-	6.200
2037	4.000	2.000	200	-	6.200
2038	4.000	2.000	200	-	6.200
2039	4.000	2.000	200	-	6.200
2040	4.000	4.000	200	-	8.200
2041	6.000	4.000	400	35	10.435
2042	6.000	4.000	400	35	10.435
2043	6.000	4.000	400	35	10.435
2044	6.000	4.000	400	35	10.435
2045	6.000	6.000	400	35	12.435
2046	8.000	6.000	600	70	14.670
2047	10.000	8.000	600	70	18.670
2048	12.000	8.000	600	70	20.670
2049	12.000	8.000	600	140	20.740
2050	12.000	8.000	800	140	20.940

Ketakutan masyarakat awam terhadap pemanfaatan energi nuklir mempunyai berbagai alasan terutama kekhawatiran terhadap bahaya radiasi pengion (hasil Jajak Pendapat). Pada prinsipnya setiap pembangunan reaktor nuklir (PLTN) wajib mempertimbangkan keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan melalui peningkatan standar keselamatan dan keamanannya, sesuai dengan prinsip *defense in depth*, sehingga zat radioaktif yang dihasilkan reaktor nuklir dijamin tidak terlepas ke lingkungan baik selama operasi normal maupun jika

Public fears concerning the use of nuclear energy are based on many reasons, particularly concerning the danger of ionizing radiation (Poll results). In principle, any development of nuclear reactors (NPP) must consider the safety of workers, society and the environment through increased safety and security standards, in accordance with the principle of defense in depth, so that the radioactive produced from nuclear reactors are guaranteed not to be released into the environment both during normal operation and in case of accident. Nuclear

terjadi kecelakaan. Teknologi PLTN terus berevolusi secara signifikan, terutama dalam desain sehingga PLTN generasi berikutnya menjadi lebih andal, aman, ekonomis serta lebih mudah untuk dioperasikan. Peningkatan keandalan dan keamanan diperoleh pada penyederhanaan sistem pendingin primer, perbaikan pada mekanisme batang kendali dan optimasi dari pendinginan inti dalam keadaan darurat. Peningkatan kemudahan operasi dan pemeliharaan diupayakan dengan cara perbaikan sistem instrumentasi dan pengendalian, sedangkan penurunan biaya konstruksi dan operasi diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerja secara ekonomis.

Jajak pendapat terbaru (2013) terhadap masyarakat tentang pembangunan PLTN di Indonesia yang dilakukan oleh konsultan independen menunjukkan bahwa secara nasional 60,4% masyarakat setuju dengan pembangunan PLTN. Hasil ini meningkat dibandingkan dengan jajak pendapat yang dilaksanakan pada tahun sebelumnya.

Dari segi ekonomi, di beberapa negara, ongkos pembangkitan listrik nuklir dari tahun ke tahun menunjukkan kecenderungan lebih rendah dari harga pokok penjualan listrik. Hal ini menunjukkan prospek yang menjanjikan sebagai salah satu pemasok listrik di Indonesia. PT PLN (Persero) telah melakukan studi keekonomian dan perencanaan energi serta kelistrikan. Hasil studi menunjukkan untuk PLTN dengan daya 1.000 MW ongkos pembangkitan listrik per kWh pada kisaran 6 sen USD sudah termasuk biaya jaringan listrik. Jika dibandingkan dengan pembangkit non-nuklir, maka PLTN kompetitif.

Pengembangan energi nuklir juga didorong oleh adanya permintaan beberapa pemerintah daerah yang menginginkan supaya dibangun PLTN di wilayahnya. Kalimantan Timur, Kalimantan Barat dan Bangka Belitung sangat berkeinginan untuk dapat membangun PLTN. Alasan utamanya adalah kurangnya pasokan listrik dan adanya potensi sumberdaya Uranium dan Thorium

power technology continues to evolve significantly, especially in the design so that the next generations of NPP become more reliable, safe, economical and easy to operate. Improved reliability and security is obtained on simplifying the primary cooling system, improvements to the control rod mechanism and optimization of core cooling in an emergency. Improved ease of operation and maintenance improvements are sought by way of instrumentation and control systems, while decreasing the cost of construction and operation are expected to improve economic performance.

Recent poll (2013) on the development of NPP in Indonesia which was carried out by independent consultants showed that, nationally, 60.4% of people agree with the construction of NPP. This number has increased compared to polls conducted in the previous year.

From economic perspective, in some countries, the cost of nuclear electricity generation from year to year has shown a trend of lower electricity selling price. This condition shows a promising prospect for NPP as a supplier of electricity in Indonesia. PT PLN (Persero) has done a study on economy, energy and electricity planning. The study shows that for an NPP with a capacity of 1,000 MW, the power generation costs per kWh is in the range of 6 cents USD including the cost of electricity grid. When compared to non-nuclear power plant, the NPP is competitive.

Nuclear energy development is also driven by demands from some local governments who want to build NPPs in their regions. The government of East Kalimantan, West Kalimantan and Bangka Belitung are very eager to build NPPs. The main reason is the lack of electricity supply and there are some potential uranium and thorium resources to be used as nuclear fuel.

Provision of infrastructure to support the successful

sebagai bahan bakar nuklir.

Penyediaan infrastruktur untuk mendukung keberhasilan pembangunan PLTN secara aman, selamat, damai dan efisien merupakan hal yang sangat penting. Berbeda dengan pembangkit listrik lainnya, penyiapan infrastruktur pembangunannya lebih memerlukan kajian mendalam dan komprehensif terkait dengan aspek keselamatan. Terkait dengan organisasi pelaksana persiapan infrastruktur pembangunan PLTN, IAEA menyarankan perlu dibentuknya NEPIO (Nuclear Energy Program Implementation Organization). Organisasi ini berperan dalam implementasi program energi nuklir, yang mencakup persiapan untuk menetapkan keputusan program energi nuklir hingga pelaksanaannya, mengkoordinasikan institusi terkait pada pelaksanaan pemanfaatan energi nuklir atau berperan dalam implementasi program energi nuklir.

Terkait dengan penyiapan tapak PLTN, terdapat beberapa lokasi di Indonesia yang telah diidentifikasi sebagai tapak potensial. Tapak-tapak tersebut berada di Semenanjung Muria, Banten, Pulau Bangka, Kalimantan Timur dan Kalimantan Barat. Calon tapak Bangka adalah yang paling siap untuk dibangun PLTN.

Saat ini kita dihadapkan suatu pilihan yang harus segera diputuskan, apakah Indonesia menginginkan pasokan listrik yang cukup, terjangkau, andal serta ramah lingkungan dengan keberanian untuk memanfaatkan nuklir secepatnya atautkah sebaliknya menerima keadaan krisis listrik seperti apa adanya saat ini tanpa usaha yang berarti dan mengabaikan pemanfaatan nuklir? Untuk menjadi bangsa besar perlu keberanian dalam mengambil keputusan.

development of NPP safely, securely, peacefully and efficiently is very important. In contrast to conventional power plants, preparation of infrastructure development requires more in-depth and comprehensive study related to safety aspects. Associated with the preparation of the implementing organization infrastructure development of NPP, IAEA suggests on the establishment of the NEPIO (Nuclear Energy Program Implementation Organization). NEPIO has an important role in the implementation of nuclear energy program, which includes the preparation of decision to set up a nuclear energy program up to the implementation, relevant institutions coordination related to the implementation of nuclear energy usage or participation in the implementation of nuclear energy program.

Associated with the preparation of NPP site, there are several locations in Indonesia, which has been identified as potential sites. The sites are located in the Muria peninsula, Banten, Bangka Island, East Kalimantan and West Kalimantan. Bangka candidate site is the most prepared NPP site.

Nowadays, a decision has to be made on whether Indonesia wants sufficient, affordable, reliable and environmentally friendly electricity supply with the courage to take advantage and accept nuclear power as soon as possible or there will be critical situation without significant efforts and ignoring the use of nuclear? A great nation needs the courage to make decisions.

KATA PENGANTAR

P R E F A C E



Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan buku Indonesia Nuclear Energy Outlook (INEO) 2014.

Penyusunan buku INEO 2014 berdasarkan beberapa dokumen acuan, antara lain: Rancangan Peraturan Pemerintah (RPP) Kebijakan Energi Nasional, Outlook Energi Indonesia – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Indonesia Energy Outlook – Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), World Nuclear Energy Outlook – World Nuclear Association (WNA), World Energy Outlook – International Energy Agency (IEA), dan dokumen proyeksi energi nuklir – International Atomic Energy Agency (IAEA). Data yang digunakan dalam perhitungan dan optimasi antara lain dari PT. PLN, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), KESDM, BPPT dan diskusi dengan para narasumber.

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Deputy Bidang Teknologi Energi Nuklir – BATAN, para Anggota Tim Penyusun, para narasumber dan kontributor yang telah membantu menyusun buku INEO 2014.

Demikianlah, semoga bermanfaat sebagai bahan masukan dalam menentukan kebijakan pengelolaan energi nasional.

Thank to Allah SWT, the Almighty God who has given His grace and guidance so that we can finish the book on the Indonesia Nuclear Energy Outlook (INEO) 2014.

Preparation of INEO 2014 is based on several reference documents, among others: Draft of Government Regulation on the National Energy Policy, Indonesia Energy Outlook by Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT), Indonesia Energy Outlook by Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR), World nuclear energy Outlook by World Nuclear Association (WNA), World Energy Outlook by The International Energy Agency (IEA), and nuclear energy projections documents by the International Atomic Energy Agency (IAEA). The data used in the calculation and optimization are coming from PT. PLN, the National Development Planning Agency (Bappenas), MEMR, BPPT and discussion with experts.

Thanks to the Chairman of National Nuclear Energy Agency (Batatan), Deputy Chairman for Technology of Nuclear Energy, the authors, the experts and contributors who have helped in the compilation of INEO 2014.

Hopefully, this publication may be useful as an input in developing the national energy policy.

Jakarta, 10 Juni 2014
KETUA TIM PENYUSUN
AUTHOR TEAM LEADER

Ir. Yarianto SBS, M.Si

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

1

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Permintaan energi diproyeksikan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan jumlah penduduk dan peningkatan kesejahteraan. Pada sisi lain paradigma baru sektor energi mengusung mandat tentang pentingnya keberlanjutan (sustainability) terkait dengan wacana terjadinya perubahan iklim global akibat emisi Gas Rumah Kaca. Perubahan iklim global ini tentu saja memberikan implikasi pada terjadinya perubahan peta energi global. Penggunaan teknologi energi konvensional kini mulai beralih pada teknologi energi yang lebih ramah lingkungan. Peta energi global tersebut perlu dievaluasi dalam kaitannya dengan energi nuklir (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir/PLTN), mengingat PLTN merupakan salah satu teknologi pembangkitan yang bebas dari emisi gas rumah kaca.

Saat ini PLTN telah berkontribusi sekitar 14% terhadap energi listrik dunia. Sebuah Indonesia Nuclear Energy Outlook (INEO) perlu disusun untuk mengetahui status dan kecenderungan (trend) sektor energi ke depan di Indonesia dalam kaitannya dengan energi nuklir. Dengan Outlook ini juga dapat diketahui prospek energi nuklir di dunia dan secara khusus di Indonesia. Untuk mengetahui proyeksi maupun trend energi ke depan tentu diperlukan data yang komprehensif baik aspek demografi, ekonomi, perkembangan teknologi maupun kebijakan yang terkait dengan energi. Oleh karena itu kegiatan penyusunan Outlook tersebut akan melibatkan seluruh aspek yang terkait dengan perencanaan energi.

INEO merupakan outlook energi yang berisi prakiraan trend perkembangan energi nuklir Indonesia sampai dengan 2050. INEO 2014 disusun dengan memasukkan isu-isu pokok dan krusial serta mempertimbangkan kebijakan dan regulasi pemerintah. Beberapa isu pokok dan kebijakan yang menjadi pertimbangan dalam

INTRODUCTION

1.1. Background

Energy demand is projected to increase in line with economic growth, population growth and increasing prosperity. On the other hand, the new paradigm brings mandate to the energy sector on the importance of sustainability associated with the discourse on global climate change due to greenhouse gas emissions. Global climate change implies a change in the global energy map, of course. The use of conventional energy technologies is now beginning to turn to environmentally friendly technologies. The global energy map needs to be evaluated in relation to nuclear energy (Nuclear Power Plant/NPP) as one of generation technologies that is free of greenhouse gas emissions.

Currently nuclear power plants have contributed to approximately 14% of the world's electricity generation. The Indonesian Nuclear Energy Outlook (INEO) is necessary to evaluate the future status and trends of several energy sectors in Indonesia in relation to nuclear energy. In this outlook the prospect of nuclear energy in the world and specifically in Indonesia can be recognized. To determine the projection of energy trends and the future course a comprehensive data is needed for aspects such as demography, economy, technology developments and all energy related policies. Therefore the preparation of the Outlook will involve all aspects related to energy planning.

INEO is an energy outlook containing trend forecasting of the development in Indonesian nuclear energy up to 2050. INEO 2014 is prepared by incorporating key and crucial issues as well as considerations to policies and

penyusunan INEO 2014 diantaranya: ekspor-impor energi, akses energi, bauran energi primer (kebijakan energi nasional), kebijakan harga energi, serta mitigasi perubahan iklim, yaitu kontribusi sektor energi terkait dengan komitmen pemerintah terhadap perubahan iklim.

1.2. Maksud dan Tujuan.

Maksud penyusunan INEO 2014 ini adalah untuk memberikan rujukan kepada penyusun kebijakan, pelaku pasar energi, investor, pengguna dan peneliti energi mengenai peran potensial energi nuklir sebagai bagian dari bauran energi nasional yang optimal untuk mendukung pembangunan berkelanjutan serta sejalan dengan sasaran pembangunan millenium/*Millennium Development Goal (MDG)* menuju masyarakat Indonesia yang maju/moderen (*modern society needs*). Mengingat energi sangat terkait dengan sektor lain, INEO juga diharapkan dapat digunakan sebagai bahan masukan dalam perumusan kebijakan bidang energi di masa mendatang. Adapun tujuan penyusunan INEO adalah untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai kecenderungan energi nuklir di masa mendatang yang mencakup permintaan energi, khususnya energi listrik, dan kemampuan pasokannya yang berasal dari potensi di dalam negeri maupun dari impor, serta gambaran mengenai kebutuhan infrastruktur yang terkait dengan penyediaan energi.

1.3. Pendekatan Studi

1.3.1. Model

Proyeksi kapasitas nuklir menggunakan model perencanaan optimasi energi dan kelistrikan dari Interanational Atomic Energy Agency (IAEA) yaitu MESSAGE (*Model for Energi Supply Strategy Alternatives and their General Environment Impacts*), sedangkan proyeksi permintaan energi menggunakan target pemenuhan energi dan konsumsi listrik per kapita dari draf KEN.

government regulations. Some of the key issues and policies taken into consideration in the preparation of INEO 2014 includes: export-import of energy, access to energy, primary energy mix (national energy policy), energy pricing policies, as well as the mitigation of climate change, which is related to the energy sector's contribution to the government's commitment to climate change.

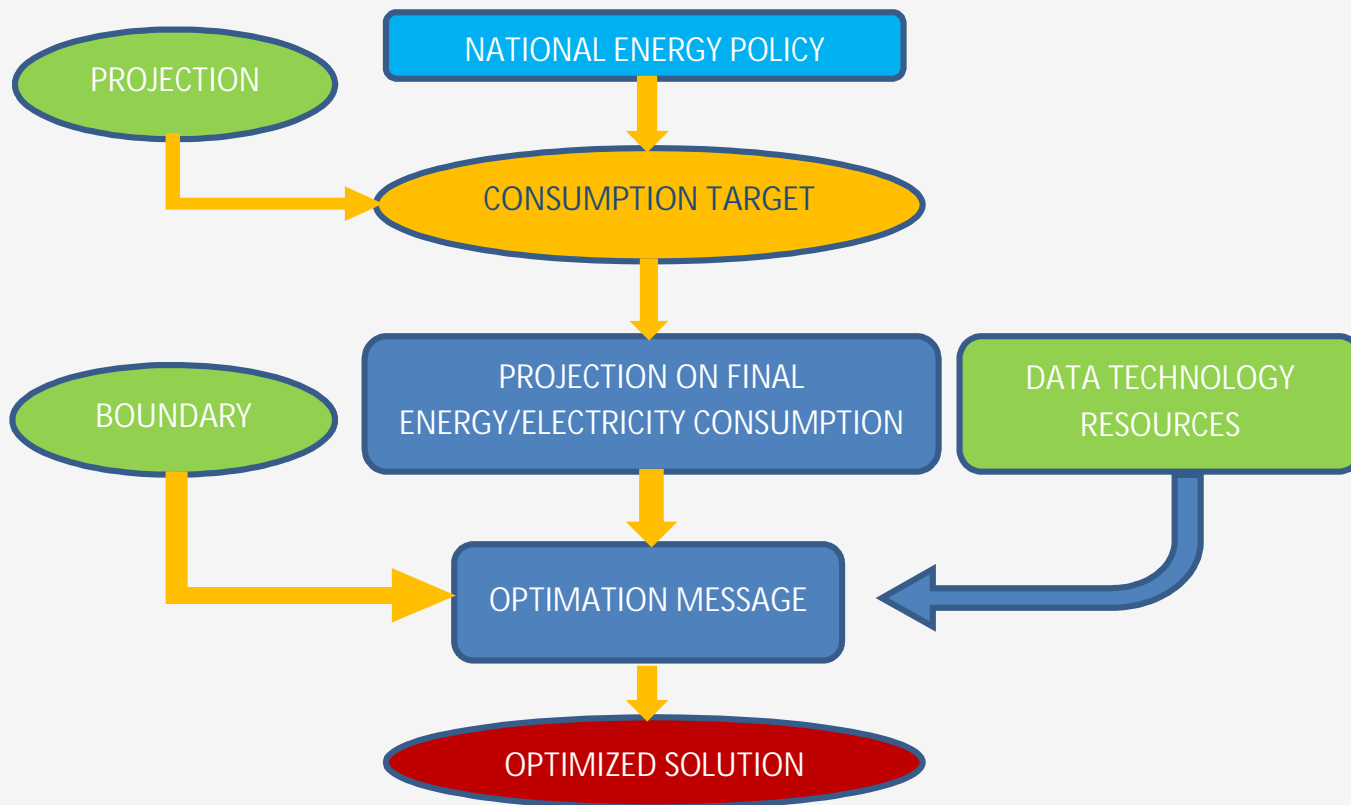
1.2. Purpose and Objective

The purpose of INEO 2014 is to provide a reference for policy makers, energy market participants, investors, energy users and energy researchers with regard to the potential role of nuclear energy as a part of the national optimum energy mix to support sustainable development and in line with the millennium development goals (MDG) for the Indonesian modern society. Considering that energy is related to other sectors, INEO is also expected to be used as an input in the energy policy formulation in the future. The objective of INEO is to provide a quantitative overview on the trend of nuclear energy in the future which includes a demand for energy, especially electricity, and the availability of supply coming from potential domestic and import sources, as well as depictions of infrastructure requirements associated to energy provision.

1.3. Study Approach

1.3.1. Models

Projections of nuclear capacity is performed using a model of energy and electricity planning optimization from the International Atomic Energy Agency (IAEA) i.e. MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environment Impacts), while the energy demand projection is performed using energy compliance targets and electricity consumption per-capita taken from the draft of National Energy Policy.



Gambar 1.1. Alur Kerja untuk Menyusun Bauran Energi Optimal
 Figure 1.1. Work Flow to Arrange Optimal Energy Mix

1.3.2. Pembagian Wilayah

Karena wilayah Indonesia sangat luas, maka untuk dapat lebih merefleksikan karakteristik masing-masing daerah dan perkembangannya, maka khusus untuk proyeksi kebutuhan dan penyediaan listrik dibagi menjadi empat wilayah, yaitu: 1) Jawa-Madura dan Bali, 2) Sumatera, 3) Kalimantan, dan 4) Pulau Lain (Sulawesi, Maluku, Papua, NTB dan NTT), sedangkan untuk proyeksi kebutuhan energi final (non-listrik) dihitung secara nasional, tidak dibagi per wilayah.

1.3.2. Region Distribution

Because Indonesian region is very wide, therefore to better reflect the characteristics of each region and its development, specific to the projected demand and supply of electricity, it is divided into four regions, namely: 1) Java-Madura and Bali, 2) Sumatera, 3) Kalimantan, and 4) Other Islands (Sulawesi, Maluku, Papua, NTB and NTT), while final energy demand projections (non-electric) is calculated nationally, not divided by region.



Gambar 1.2. Pembagian Wilayah Indonesia Untuk Proyeksi Kebutuhan dan Pasokan Listrik
Figure 1.2. Indonesian Regional Division for Power Demand and Supply Projection

1.3.3. Skenario

Periode studi meliputi tahun 2013 hingga 2050, dengan tahun dasar (base year) 2012 dengan pertimbangan lain adalah ketersediaan data input pada tahun 2012.

Dalam rangka mendukung rencana perencanaan energi yang komprehensif perlu memperhatikan 6 (enam) kriteria sebagai faktor pendorong yang harus dipenuhi oleh semua jenis energi yang direncanakan. Adapun 6 kriteria (Six Compatibility Criteria) mencakup aspek: kebutuhan energi, lingkungan, antar generasi, sosial-politik, geopolitik, dan ekonomi. Khusus untuk aspek lingkungan, dalam penyusunan proyeksi pasokan listrik memasukkan faktor eksternalitas.

1.3.3. Scenario

The study covers the period of 2013 to 2050. The base year is 2012, taking into consideration the availability of input data in 2012.

In order to support a comprehensive energy planning there are six (6) criteria as a motivating factor that must be met by all types of planned energy. The 6 criteria (Six Compatibility Criteria) cover aspects such as: energy demand, the environment, inter-generation, socio-politics, geopolitics, and economics. Particular to the environmental aspect, the preparation of projected electricity supply introduces externalities (externality factors).

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

2

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

KONDISI DAN PERMASALAHAN ENERGI

2.1. Kondisi Keenergian Saat Ini

2.1.1. Bauran Energi

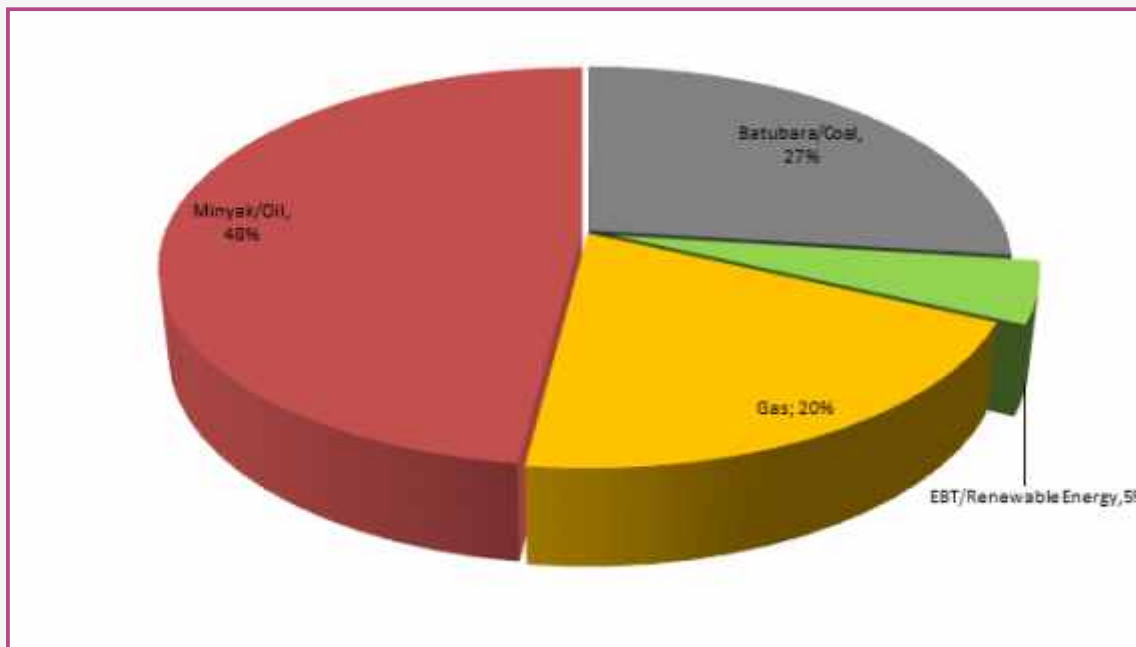
Indonesia masih sangat tergantung pada minyak bumi untuk pemenuhan kebutuhan energinya, dengan persentase 48% dari total energi, dan secara kuantitas konsumsi minyak terus meningkat. Sementara produksi minyak dalam negeri terus menurun dan saat ini di bawah 1 juta barel per-hari. Mengingat kecenderungan harga minyak dunia yang cenderung naik menumbuhkan keinginan bangsa ini untuk mengurangi ketergantungannya terhadap minyak bumi. Batubara dan gas menempati urutan kedua dan ketiga dalam pasokan energi dengan masing-masing sebesar 27% dan 20%, sedangkan peran Energi Baru Terbarukan (EBT) masih rendah yaitu sekitar 5%.

ENERGY CONDITION AND CHALLENGES

2.1. Current Energy Conditions

2.1.1. Energy Mix

Indonesia is still very dependent on petroleum to fulfill its energy needs, which is 48% of total energy. The quantity of oil consumption continues to increase while domestic oil production continues to decline to less than 1 million barrels per day currently. The trend of increasing world oil prices has accrued the nation's desire to reduce its dependence on petroleum. Coal and gas have ranked second and third in the supply of energy at 27% and 20% respectively, while the role of Renewable Energy (RE) is still low at around 5%.



Gambar 2.1. Pangsa Pasokan Energi Nasional
Figure 2.1. The Share of National Energy Supply

Eksplorasi sumberdaya energi saat ini lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat tidak bisa diperbarui (energi tak terbarukan) sedangkan energi yang bersifat terbarukan (energi terbarukan) relatif belum banyak dimanfaatkan. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah, semakin menipis dan saat ini telah menjadi net importir minyak mentah dan produk-produk turunannya. Menurut Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (2010) cadangan minyak mentah Indonesia hanya dapat diproduksi (akan habis) dalam kurun waktu 23 tahun, gas selama 59 tahun dan batubara selama 82 tahun. Hasil perhitungan ini menggunakan asumsi bahwa tidak ditemukan lagi ladang-ladang baru sebagai sumber energi fosil. Cadangan energi dapat meningkat (bertahan lama) apabila ditemukan ladang-ladang yang baru.

Konsumsi energi final (termasuk biomasa) pada kurun waktu 2000-2011 meningkat dari 764 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 1.044 juta SBM pada tahun 2011 atau meningkat rata-rata 2,87% per tahun. Konsumsi energi final tersebut tidak mempertimbangkan other petroleum products di sektor industri.

2.1.2. Sektor Ketenagalistrikan

Di sektor ketenagalistrikan, dalam beberapa tahun terakhir, pertumbuhan konsumsi listrik juga belum dapat diimbangi oleh pertumbuhan kapasitas pembangkit. Meskipun kapasitas pembangkit listrik, jaringan transmisi, dan jaringan distribusi terus berkembang, namun laju pertumbuhannya tidak seiring dengan laju permintaan listrik. Hal ini mengakibatkan banyaknya konsumen yang masuk dalam "daftar tunggu" untuk memperoleh aliran listrik dan dalam kondisi tertentu guna menjaga keandalan sistem dilakukan "pemadaman" akibat permintaan yang terlalu tinggi. Peningkatan target rasio elektrifikasi dan kebutuhan listrik menuntut pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan.

Exploration of energy resources is now much more focused on fossil fuels that are not renewable (non renewable energy) while renewable energy is relatively untapped. These conditions led to the availability of fossil fuels, especially crude oil, to dwindle and Indonesia has now become a net importer of crude oil and its derivative products. According to the Ministry of Energy and Mineral Resources (2010) Indonesia's crude oil reserves can only be produced (to be discharged) within a period of 23 years, gas for 59 years and coal for 82 years. The result of this calculation is based on the assumption that there is no new discovery of fossil energy sources. Energy reserves can be increased (last a long time) if new sources are discovered.

Final energy consumption (including biomass) in the period of 2000-2011 had increased from 764 million BOE in 2000 to 1,044 million BOE in 2011 or increased by an average of 2.87% per year. Final energy consumption does not take into account other petroleum products in the industrial sector.

2.1.2. Electricity Sector

In electricity sector, in recent years, the growth of electricity consumption cannot be offset by the growth in generation capacity. Although the capacity of power plants, transmission lines, and distribution networks continues to grow, the rate of growth is not in line with the rate of electricity demand. This resulted in many consumers being included in the "waiting list" to obtain electricity and under certain conditions, in order to maintain system reliability; "power outage" are performed because demand is too high. Increased target of electrification ratio and electricity needs require the development of electricity infrastructure.

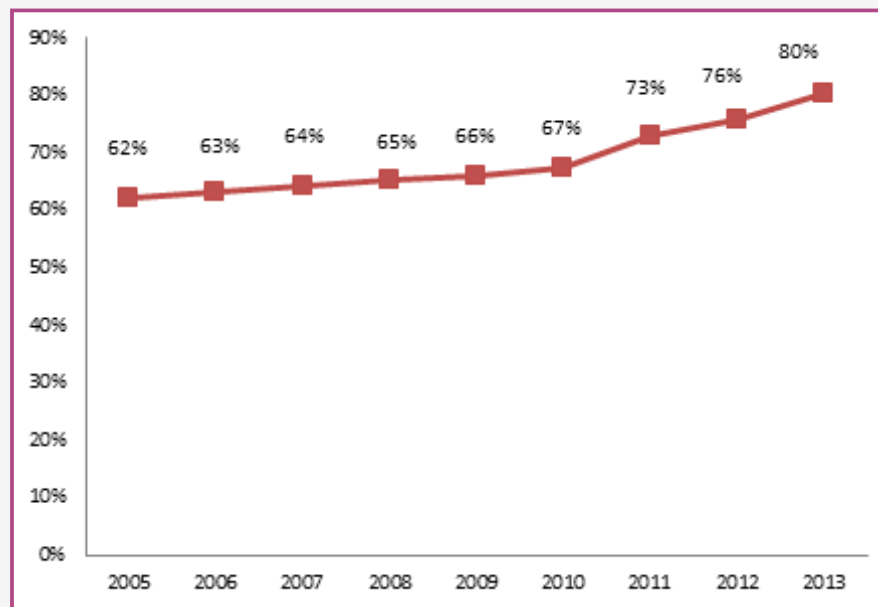
In 2013, the installed power capacity had increased to 1,875 MW or 4.1 percent compared to the year of 2012

Pada 2013, kapasitas daya terpasang naik 1.875 MW atau 4,1 persen dibandingkan 2012 sebesar 45.253 MW. Dari kapasitas terpasang 2013 sebesar 47.128 MW, yang dimiliki PLN sebesar 74 persen, swasta (IPP) 22 persen, dan PPU 3,7 persen.

Rasio elektrifikasi di Indonesia pada akhir 2013 telah mencapai 80% atau naik sekitar 4% dibandingkan dengan rasio elektrifikasi pada 2012, yakni sebesar 76%. Angka elektrifikasi ini diproyeksikan akan terus meningkat hingga mencapai angka 100% di seluruh wilayah Indonesia pada tahun 2020.

which was 45.253 MW. From the 2013 installed capacity of 47.128 MW, 74 percent of which was owned by PLN, 22 percent by private (IPP), and 3.7 percent by PPU.

Electrification ratio in Indonesia at the end of 2013 had reached 80%, an increase of 4% compared to the electrification ratio in 2012, which amounted to 76%. Electrification ratio is projected to continue to increase until reaching 100% in all regions of Indonesia in 2020.



Gambar 2.2. Rasio Elektrifikasi
Figure 2.2. Electrification Ratio

2.1.3. Konsumsi Energi per Kapita.

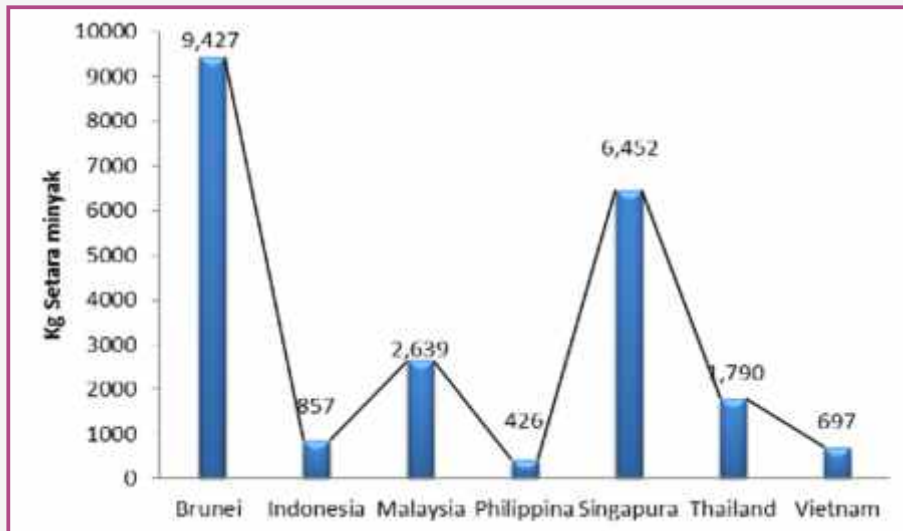
Di ASEAN, konsumsi energi final per kapita Indonesia pada tahun 2011 di Indonesia masih lebih rendah dibandingkan dengan Brunei, Singapura, Malaysia, dan Thailand pada tahun yang sama, namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan Vietnam dan Filipina. Begitu juga dengan konsumsi listrik per kapita Indonesia masih

2.1.3. Energy Consumption per Capita

In ASEAN, in terms of final energy consumption per capita in 2011, Indonesia was still lower than Brunei, Singapore, Malaysia, and Thailand in the same year, but still higher than Vietnam and the Philippines. In terms of electricity consumption per capita, Indonesia was still lower than Brunei, Singapore, Malaysia, Vietnam, and Thailand in the

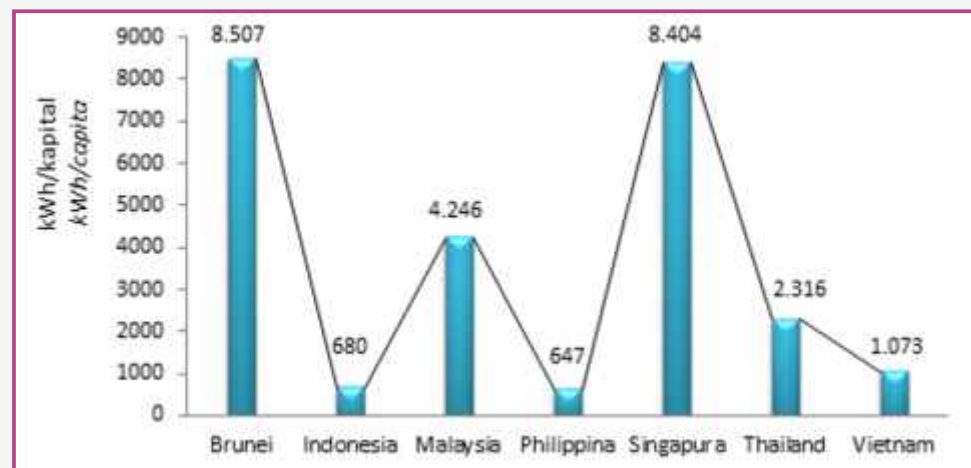
lebih rendah dibandingkan dengan Brunei, Singapura, Malaysia, Vietnam, dan Thailand pada tahun yang sama, namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan Filipina. Gambaran perbedaan konsumsi energi final dan listrik per kapita dari beberapa negara tahun 2011 ditunjukkan pada Grafik 2.1 dan Gambar 2.1.

same year, but still higher than the Philippines. Overview of the differences final energy consumption and electricity per capita of some countries in 2011 are shown in Graph 2.1 and Graph 2.2.



Grafik 2.1. Konsumsi Energi Final per Kapita
Graph 2.1. Final Energy Consumption per Capita
 Sumber/Source: Bank Dunia/World Bank, 2011

Grafik 2.2. Konsumsi Listrik per kapita
Graph 2.2. Electricity Consumption per Capita
 Sumber/Source: Bank Dunia/World Bank, 2011



Pertumbuhan konsumsi energi antara lain disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan ekonomi, serta pola konsumsi energi yang masih boros di berbagai sektor, sedangkan rendahnya laju penyediaan energi karena keterbatasan kemampuan pendanaan pemerintah dan besarnya subsidi energi khususnya BBM dan listrik. Terbatasnya infrastruktur ini merupakan salah satu penyebab sulitnya pembentukan pasar energi yang efisien di dalam negeri, sehingga para produsen energi lebih tertarik mengekspor produk energinya daripada melayani kebutuhan domestik. Di sisi lain, ketersediaan pasokan energi akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi karena pertumbuhan ekonomi tidak akan tercapai bila energi yang dibutuhkan tidak dijamin ketersediaannya. Kondisi ini pada akhirnya berdampak pada kurangnya lapangan kerja baru, sehingga kesejahteraan rakyat masih dirasakan belum maksimal.

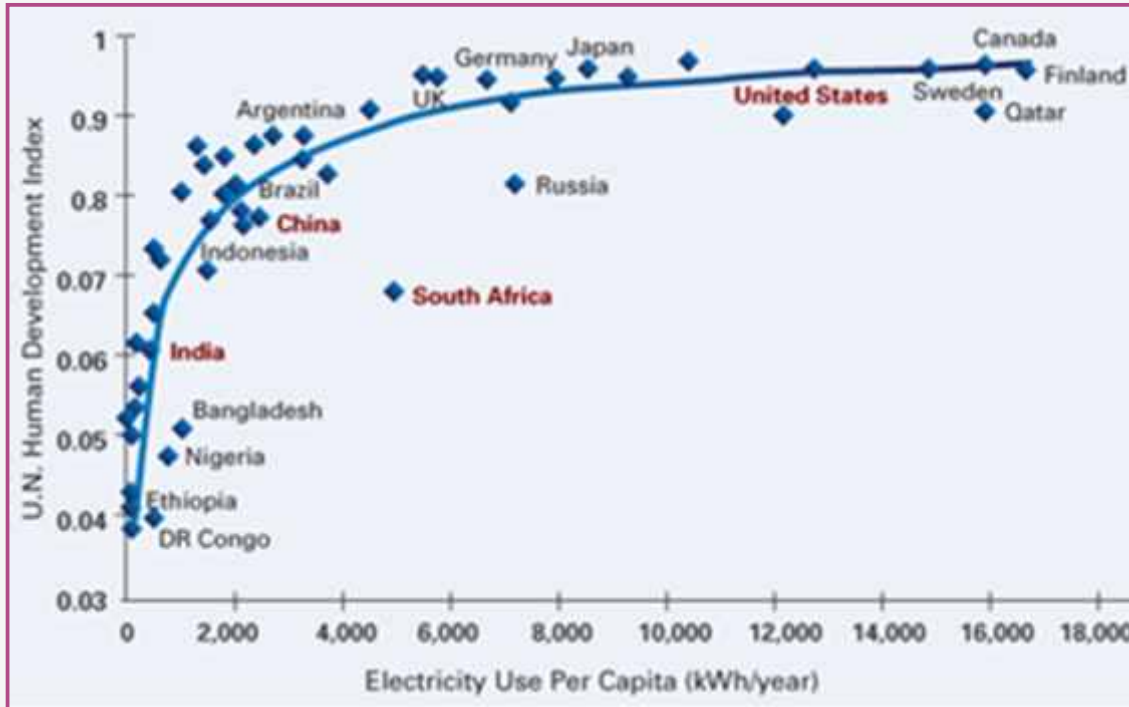
Menurut beberapa analisis dari data empiris, antara konsumsi listrik per kapita dengan Indeks Pembangunan Manusia (Human Development Index) memiliki korelasi yang kuat. Peningkatan konsumsi listrik per kapita secara langsung merangsang pertumbuhan ekonomi yang lebih cepat dan secara tidak langsung target pembangunan sosial dapat ditingkatkan – terutama untuk negara-negara yang masih mempunyai indeks pembangunan manusia rendah dan menengah. Pada umumnya, ambang batas atau transisi HDI rendah ke ekonomi menengah adalah ketika konsumsi listrik 500kWh per kapita dicapai. Nilai ini didasarkan pada jumlah minimal listrik yang digunakan untuk memompa air, penerangan, dan pendingin makanan dan obat-obatan, dimana masyarakat secara signifikan dapat meningkatkan kondisi hidup mereka. Sedangkan konsumsi listrik per kapita sebesar 4000 kWh merupakan garis batas antara Negara berkembang dan Negara maju.

Untuk menjadi negara yang sejahtera (nilai HDI tinggi), perlu peningkatan konsumsi listrik yang signifikan, dari kondisi sekarang yang masih dibawah sekitar 700 kWh/kapita. Bahkan untuk mengejar negara tetangga seperti Malaysia saat ini sekalipun, perlu usaha sangat keras dalam penyediaan energi.

Growth in energy consumption is caused among others by population and economic growth, as well as inefficiencies in energy consumption in various sectors, while rated energy supply is low because of limited ability by the government to fund energy subsidies, especially fuel and electricity. Lack of infrastructure has been one cause of difficulty in shaping an efficient energy market in the country, so that energy producers are more interested in exporting products rather than serving domestic needs for energy. On the other hand, availability of energy supply will affect economic growth because economic growth will not be achieved if the energy availability is not guaranteed. These conditions have an impact on the lack of new jobs, so that the welfare of the people is not maximized.

According to some analysis of empirical data, electricity consumption per capita and Human Development Index (Human Development Index) have strong correlation. The increases in electricity consumption per capita directly stimulate faster economic growth and indirectly improve social development target - especially for countries with lower and middle human development index. In general, HDI threshold or transition from low to the middle-class economy is when electricity consumption of 500 kWh per capita is achieved. This value is based on a minimal amount of electricity used for pumping water, lighting and cooling of food and medicine, where people can significantly improve their living conditions. Electricity consumption per capita in the amount of 4000 kWh is the border line between developing and developed countries.

To become a prosperous nation (high HDI value) a significant increase in electricity consumption from present condition is needed. It is currently still at below about 700 kWh per capita. Even to pursue neighboring countries such as Malaysia, significant efforts are necessary in providing energy supply.



Gambar 2.3. Hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia dengan Konsumsi Listrik per Kapita
 Figure 2.3. The Relationship between the Human Development Index with Electricity Consumption per Capita
 Sumber/Source: CIA World Fact Book. United Nations Development Program's Human Development report, 2011

2.2. Permasalahan Keenergian

Masalah keenergian yang ada di Indonesia saat ini antara lain disebabkan oleh belum terlaksananya secara maksimal Undang-Undang No. 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP). Pengelolaan sumber daya alam, termasuk sumber daya energi lebih berorientasi pada pengendalian disisi penyediaan dari pada sisi kebutuhan. Secara keseluruhan, pengelolaan sumber daya energi belum dimanfaatkan untuk menghasilkan nilai tambah bagi modal pembangunan nasional.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kandungan sumber daya alam yang dapat dijadikan sebagai modal untuk menggerakkan pertumbuhan ekonomi dalam rangka untuk mewujudkan menjadi negara makmur. Ditinjau dari dimensi perdagangan

2.2. Energy Challenges

Current energy issues in Indonesia stems from less than optimal implementation of Act No. 17 of 2007 on the Long Term Development Plan (RPJP). Management of natural resources, including energy resources, is more oriented to control the supply rather than the demand-side. Overall, management of energy resources has not been utilized to produce added value for national development capital.

Indonesia is one country with natural resources that can be used as capital to drive economic growth in order to bring about prosperity. From the dimensions of the global trade, the price of industrial products should be more competitive in the international market if

global, seharusnya harga produk industri menjadi lebih kompetitif di pasar internasional jika tersedia energi yang murah. Pembangunan berbagai infrastruktur akan berjalan pesat karena ditopang devisa dari hasil penjualan kekayaan alam dan produk industri. Selanjutnya, masyarakat akan mudah mendapatkan akses pendidikan dan kesehatan yang memadai, serta pengentasan kemiskinan dapat berjalan dengan baik. Sumber daya manusia berkualitas yang dihasilkan akan semakin memperkuat daya saing internasional dan kemandirian negara.

Namun kenyataan membuktikan lain, tidak semua negara penghasil sumber daya energi dapat mengelola dengan baik. Dengan kekayaan alam yang berlimpah, beberapa negara justru mengalami kemunduran ekonomi dan daya saing. Nigeria adalah salah satu contoh klasik sebuah negara kaya minyak yang justru mengalami pertumbuhan ekonomi negatif selama beberapa dekade. Indonesia pada tahun 1970-an yakni masa awal pemerintahan orde baru berlimpah energi, khususnya minyak bumi mengalami pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi. Sesuai dengan UUD 1945, sumber daya (pangan, air dan energi) harus digunakan secara efisien dan optimal untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran masyarakat. Karena perannya yang besar dalam mendukung perekonomian negara, sumber daya energi tidak hanya dipandang sebagai kekayaan, tetapi harus dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat saat ini dan untuk generasi yang akan datang.

Di dalam kehidupan berbangsa dan bernegara, energi mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis untuk pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan, serta pendorong pertumbuhan perekonomian. Bangsa yang maju dan sejahtera dapat diindikasikan dengan penggunaan energi per kapita yang tinggi. Oleh karena itu, sebagai konsekuensi dari pembangunan ekonomi dan juga kenaikan jumlah penduduk, maka kebutuhan energi nasional akan meningkat.

cheap energy is available. Infrastructure development will be rapid, sustained by inflow of foreign exchange from the sale of natural resources and industrial products. Furthermore, people will have easy access to proper education and health, and poverty can be reduced. Qualified human resources generated will further strengthen the international competitiveness and independence of the country.

The fact to the matter is different, not all countries producing energy resources can manage the resources well. With abundant natural resources, some countries have lost their strength in terms of economy and competitiveness. Nigeria is one of the classic examples. It is an oil-rich country with negative economic growth for decades. Indonesia in the 1970s, in the early days of new order government, had abundant source of energy, especially petroleum and enjoyed high economic growth.

In accordance with the 1945 Constitution, resources (food, water and energy) should be used efficiently and optimally for the maximum prosperity of the people. Because of its important role in supporting the country's economy, energy resources are not only seen as wealth, but must be used to meet the needs of today's society and for future generations.

In the life of a nation and state, energy has a very important and strategic role for achieving social, economic and environment for sustainable development objectives, as well as the driver of economic growth. Development and prosperity of a nation can be indicated by high consumption of energy per capita. Therefore, as a consequence of economic development and increase in population, national energy demand will increase.

Pengelolaan sektor energi nasional masih dihadapkan pada sejumlah tantangan, antara lain oleh peningkatan konsumsi energi yang belum mampu diimbangi oleh peningkatan pasokan energi, ketergantungan yang tinggi terhadap jenis energi fosil, pemanfaatan energi non-fosil yang relatif kecil, rendahnya konsumsi energi final per kapita, masih adanya kesenjangan di dalam akses terhadap energi, lemahnya koordinasi lintas sektor energi dan non energi, serta lemahnya pengawasan. Sampai saat ini, energi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebagian besar masih berasal dari jenis energi fosil, yaitu minyak bumi, gas bumi, dan batu bara yang merupakan energi tak terbarukan. Selain dipakai untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, energi fosil nasional juga diekspor ke luar negeri untuk mendapatkan devisa negara. Disisi lain, harus diakui bahwa akses untuk mendapatkan jaminan suplai energi yang handal, dan baik untuk keperluan masyarakat dan industri (diantaranya industri baja, industri kelistrikan, industri kimia, dan petrokimia) sampai saat ini belum terpenuhi secara optimal.

Dalam konteks isu lingkungan global, struktur penggunaan energi primer di Indonesia yang masih didominasi oleh jenis energi fosil turut memberikan kontribusi yang signifikan di dalam peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Posisi Indonesia sebagai negara tropis kepulauan dan terletak di garis katulistiwa sangat rentan terhadap efek perubahan iklim. Oleh karena itu, pengurangan polusi udara di berbagai sektor pengguna energi, terutama sektor transportasi dan industri mesti menjadi perhatian serius. Sehubungan dengan upaya penurunan emisi GRK, Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% pada tahun 2020, dengan kontribusi sektor energi dan transportasi didalam target penurunan tersebut adalah sebesar 1,26% atau setara dengan 0,038 Giga Ton CO₂. Kesenjangan regional antara Jawa dan Luar Jawa belum dapat diatasi. Masih banyak kawasan industri dan

Management of national energy sector still faces a number of challenges such as: the increase in energy consumption has not been able to be offset by an increase in energy supply, high dependence on fossil energy, relatively limited utilization of non-fossil energy are, low final energy consumption per capita, gaps in the access to energy, lack of coordination across energy and non-energy sectors, and ineffective supervision.

Until now, energy supply used to meet domestic demand remains largely derived from fossil energy types such as petroleum, natural gas, and coal, which are from non-renewable energy. Besides being used to meet domestic demand, national fossil energy are also exported abroad to earn foreign exchange. On the other hand, it should be admitted that access to get good and reliable supply of energy for the society and industry (including the steel industry, electrical industry, chemical industry, and petrochemical industry) has not been optimally fulfilled.

In the context of global environmental issues, the structure of primary energy use in Indonesia is still dominated by fossil fuels that contributed significantly to the increase in greenhouse gas emissions (GHG). Indonesia is an archipelago and tropical country located in the equator so that it is highly vulnerable to the effects of climate change. Therefore, reduction of air pollution in the various sectors of the energy use, especially transportation and industrial sectors should be of serious concern. In connection with efforts to reduce GHG emissions, the Indonesian government has committed to reduce GHG emissions by the amount of 26% in 2020. The contribution of the energy and transportation sector in the reduction target is 1.26% or equivalent to 0.038 Gigatons of Co₂.

Regional gap between Java and outside Java has not

kawasan ekonomi yang belum dapat dilayani oleh sistem kelistrikan nasional.

Di beberapa daerah luar Jawa, dimana sumber daya melimpah, justru terjadi kekurangan pasokan listrik. Menurut kajian Dewan Energi Nasional (DEN) tahun 2010 ada sekitar delapan daerah di Indonesia yang sedang mengalami krisis listrik cukup parah. Adapun daerah tersebut adalah Riau, Kalimantan Barat, Aceh, Sumatera Utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Bali, dan Nusa Tenggara.

Kesenjangan juga ditandai dengan pertumbuhan rasio elektrifikasi (jumlah rumah tangga yang sudah berlistrik dibagi dengan jumlah rumah tangga yang ada) antara Jawa dan Luar Jawa.

- Jawa Bali dan Sumatera: rasio elektrifikasi mengalami pertumbuhan paling tinggi yaitu sekitar 1,1% per tahun
- Kalimantan: rasio elektrifikasi mengalami penurunan dalam dua tahun terakhir, disebabkan oleh keterbatasan pembangkit yang tidak sebanding dengan pertambahan jumlah rumah tangga
- Sulawesi: rasio elektrifikasi mengalami pertumbuhan yang rendah, hanya 0,5% per tahun disebabkan keterbatasan pembangkit
- Indonesia Bagian Timur: rasio elektrifikasi mengalami pertumbuhan sangat rendah, hanya 0,1% per tahun.

2.2.1. Cadangan Energi Fosil Terbatas.

Indonesia mempunyai sumberdaya energi yang cukup beragam, baik berupa fosil maupun non fosil, dimana sumberdaya energi fosil umumnya terdapat di wilayah Kalimantan dan Sumatera, sedangkan sumberdaya energi non fosil tersebar di wilayah Indonesia lainnya. Kegiatan eksplorasi berbagai jenis energi fosil tersebut belum dilaksanakan dengan optimal sehingga jumlah cadangan

been able to be bridged. There are many industrial and economic regions unable to get service from the national electricity system.

In some areas outside Java, even with abundant resources, there are shortages of electricity supply. According to the review by the National Energy Board (DEN) in 2010, there were about eight areas in Indonesia with severe electricity crisis. Those are Riau, West Kalimantan, Aceh, North Sumatra, East Kalimantan, South Sulawesi, North Sulawesi, Bali, and Nusa Tenggara.

The gap was also marked by the growth of electrification ratio (the number of electrified households divided by the number of existing households) between Java and outside Java.

- *Java, Bali and Sumatra: electrification ratio have the highest growth of around 1.1% per year,*
- *Kalimantan: electrification ratio has decreased in the last two years, due to the limitations of power plants that are not proportional to the increase in the number of households,*
- *Sulawesi: electrification ratio have low growth, only 0.5% per year due to power limitations,*
- *Eastern Indonesia: electrification ratio has grown very slowly at only 0.1% per year.*

2.2.1. Limited Reserves of Fossil Energy.

Indonesia has various energy resources in the form of fossil and non-fossil resources. Fossil energy resources are generally found in Kalimantan and Sumatra, whereas non-fossil energy resources are scattered in other areas of Indonesia. Exploration activities of various types of fossil energy have not been optimally implemented so that the amount of fossil energy

energi fosil relatif kecil dibandingkan sumberdayanya. Cadangan baru migas relatif menurun karena minat investor untuk melakukan eksplorasi pada wilayah terpencil, laut dalam, lapangan marginal, dan proyek Enhanced Oil Recovery (EOR) yang berbiaya tinggi lainnya terhambat oleh sistem bagi hasil yang sama dan adanya ketidakpastian dalam peraturan perundangan akibat perubahan sistem pemerintahan dari sistem yang bersifat sentralisasi ke arah desentralisasi. Kondisi ini juga berlangsung untuk energi non fosil.

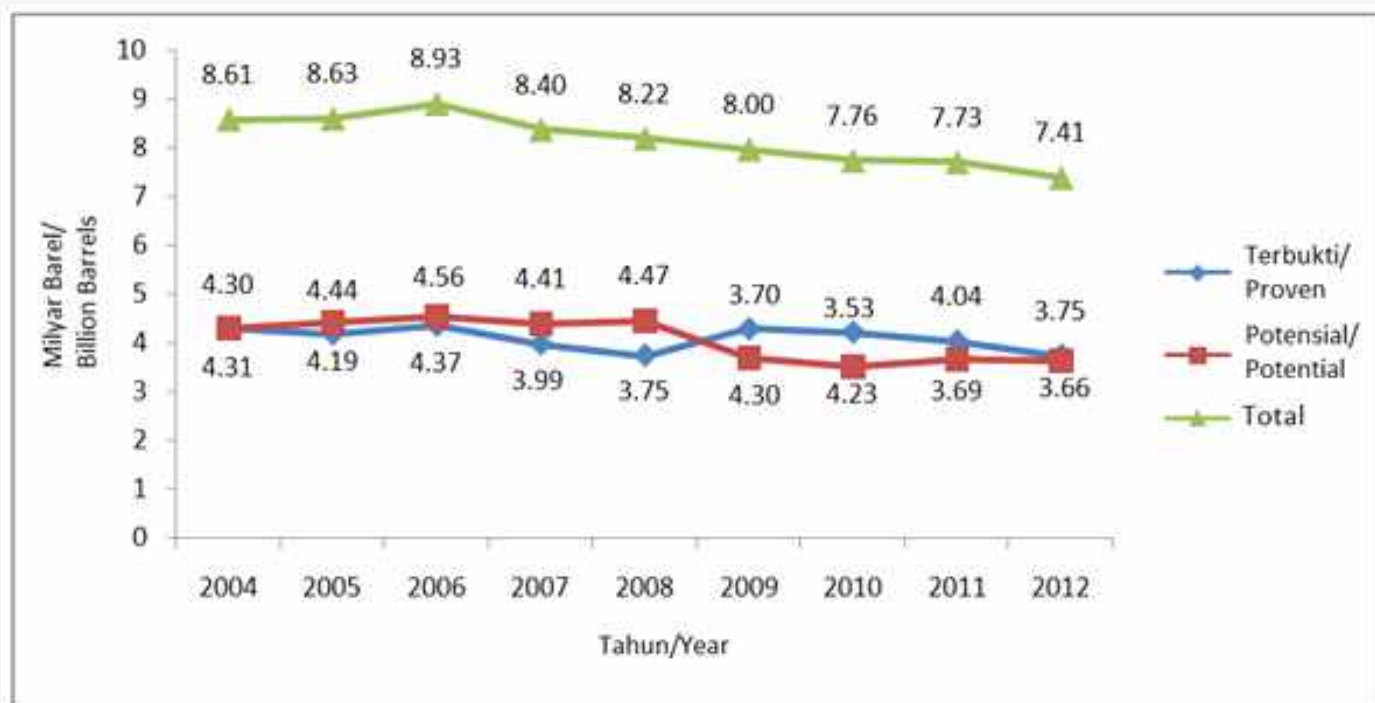
Potensi energi fosil nasional berdasarkan data tahun 2012, sebagian besar masih dalam bentuk sumber daya sehingga diperlukan kegiatan peningkatan eksplorasi untuk menambah cadangan. Pada tahun 2012 tersebut besarnya total cadangan minyak bumi nasional mencapai 7,41 milyar barel (3,75 milyar barel cadangan terbukti dan 3,66 milyar barrel cadangan potensial). Total cadangan minyak bumi nasional tersebut hanya mencapai 0,3% dari total cadangan terbukti minyak bumi dunia. Cadangan minyak bumi terbesar terdapat pada wilayah Sumatera Tengah dengan pangsa sebesar 49,4%, Jawa Timur dengan pangsa sebesar 13,2%, Sumatera Selatan dengan pangsa sebesar 11,2%, dan Kalimantan dengan pangsa sebesar 8,6% dari total cadangan minyak bumi.

Dari total cadangan minyak bumi pada tahun 2012 tersebut, sebesar 314,6 juta barrel telah diproduksi selama tahun 2012, produksi minyak bumi tersebut sudah termasuk kondensat. Namun apabila dibandingkan dengan produksi tahun 2010 yang sebesar 344,8 juta barrel ternyata produksinya mengalami penurunan. Produksi minyak bumi nasional mencapai 918 ribu barel minyak per hari dengan konsumsi 1565 ribu barel minyak per hari, sehingga rasio antara cadangan dan produksi adalah sebesar 11 tahun. Perkembangan total cadangan minyak bumi nasional mulai tahun 2004 hingga 2012 ditunjukkan pada Grafik 2.3.

reserves is relatively small compared to its resources. New reserves for oil and gas has decreased because investor's interest for exploration in remote areas, deep sea, marginal field, and Enhanced Oil Recovery (EOR) project that have high cost have been hampered by the production sharing agreements and the uncertainty in legislation due to changes in the government system from centralization towards decentralization. This condition also applies for non-fossil energy.

National fossil energy potential based on 2012 data is largely still in the form of resources, necessitating an increase in exploration activities to increase reserves. In 2012, the total amount of the national petroleum reserves reached 7.41 billion barrels (3.75 billion barrels of proven reserves and 3.66 billion barrels of potential reserves). The total national petroleum reserve is only 0.3% of total proven world oil reserves. Largest oil reserves are in the region of Central Sumatra with a share of 49.4%, East Java with a share of 13.2%, South Sumatra with a share of 11.2%, and Borneo with a share of 8.6% of total petroleum reserves.

From the total petroleum reserves in 2012, 314.6 million barrels including condensate have been produced during the year 2012. However, when compared with production in 2010 which amounted to 344.8 million barrels, the production had decreased. National oil production reached 918 thousand barrels of oil per day with the consumption of 1565 thousand barrels of oil per day, resulting in the ratio between reserves and production that amounted to 11 years. The development of national petroleum reserves from 2004 to 2012 is shown in Graph 2.3.



Grafik 2.3. Perkembangan Total Cadangan Minyak Bumi Nasional 2004 – 2012
 Graph 2.3. The Development of National Petroleum Reserves from 2004 to 2012
 Sumber / Source: Ditjen Migas / Directorate General for Oil and Gas

Sedangkan besarnya cadangan gas bumi pada tahun 2012 mencapai 150,70 TCF, dengan cadangan terbukti dari gas bumi adalah 103,35 TCF. Angka tersebut menurun apabila dibandingkan dengan besarnya total cadangan gas bumi pada tahun 2010 sebesar 157,14 TCF.. Total cadangan gas bumi nasional tersebut hanya mencapai 1,6% dari total cadangan terbukti gas bumi dunia. Disamping itu, sekitar separuh dari produksi gas bumi digunakan untuk ekspor karena infrastruktur gas yang terbatas dan harga gas domestik lebih murah daripada harga gas tujuan ekspor. Perkembangan total cadangan gas bumi nasional mulai tahun 2004 hingga 2012 ditunjukkan pada Grafik 2.4.

The amount of natural gas reserves in 2012 reached 150.70 TCF, with proven reserves of natural gas of 103.35 TCF. This figure had decreased when compared with the total amount of natural gas reserves in 2010 which was 157.14 TCF. The total national gas reserves reached only 1.6% of world's total proven reserves for natural gas. In addition, about half of natural gas production is used for export because of limited gas infrastructure and domestic gas prices are cheaper than gas price for export. The development of the total national gas reserves from 2004 to 2012 is shown in Graph 2.4.



Grafik 2.4. Perkembangan Total Cadangan Gas Bumi Nasional 2004 – 2012
 Graph 2.4. The Development of the Total National Gas Reserves from 2004 to 2012

Sumber / Source: Ditjen Migas

Sumber daya batubara yang terindikasi pada tahun 2011 adalah sebesar 105,2 miliar ton, dengan cadangan sebesar 21 miliar ton atau sebesar 0,6% terhadap total cadangan terbukti batubara dunia. Jumlah cadangan batubara lebih baik dari cadangan migas dengan rasio R/P sekitar 85 tahun. Seperti halnya migas, lebih dari dua pertiga produksi batubara dijadikan sebagai komoditi ekspor penghasil devisa negara.

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.

Sumber daya coal bed methane (CBM) yang terindikasi adalah sebesar 453,3 TSCF, dan cadangannya belum dapat ditentukan, karena sampai saat ini eksplorasi CBM masih dalam tingkat awal dan belum ada yang

Indicated coal resources in 2011 was amounted to 105.2 billion tons, with reserves of 21 billion tons or 0.6% of the world's total proven reserves for coal. The total coal reserve is better than oil and gas reserves with the ratio R / P of about 85 years. As with oil and gas, more than two-thirds of coal production is used as export commodity producing foreign exchange.

The use of coal as fuel for power plants continues to increase as the generating cost of coal-fired power plant is relatively cheap compared to other types of power plants. Constraints on the use of coal in power plants, especially in Java, is the availability of the receiver port because, in general, land on the north coast of Java has already been privately owned, while the land on the south coast of Java requires higher infrastructure costs.

Resource for indicated coal bed methane (CBM) is in the amount of 453.3 TSCF but the reserves cannot yet be determined because the current CBM exploration is still in the initial level and no one has used it commercially. Utilization of CBM is expected to begin in 2012 as a fuel for power plants in East Kalimantan.

dimanfaatkan secara komersial. Pemanfaatan CBM diharapkan mulai berlangsung tahun 2012 sebagai bahan bakar pembangkit listrik di Kalimantan Timur.

2.2.2. Subsidi Energi Yang Terus Meningkat

Sampai saat ini, Pemerintah masih memberikan subsidi harga terhadap jenis energi tertentu (bensin, minyak solar, BBN, LPG, dan Listrik) untuk konsumen tertentu (transportasi darat dan rumah tangga kecil). Pemberian subsidi tersebut dimaksudkan untuk membantu masyarakat agar dapat mengkonsumsi energi yang diperlukan guna mendukung kegiatan sosial-ekonomi mereka. Subsidi energi diberikan kepada BUMN yang diberi tugas untuk menyediakan energi kepada masyarakat (Pertamina dan PLN). Sejak tahun 2010, Badan Usaha Swasta juga diijinkan untuk menyalurkan BBM bersubsidi dengan wilayah dan volume yang ditetapkan pemerintah, a.l. di Lampung, Kalimantan Barat, dan Medan. Hal tersebut berakibat pada peningkatan subsidi BBM tertentu, BBN, LPG, dan listrik, sehingga dapat meningkatnya beban yang harus ditanggung Pemerintah. Kenaikan subsidi dari kuota yang telah ditetapkan dalam APBN akan mempunyai dampak yang luas karena dapat mengganggu sektor keekonomian di Indonesia. Perkembangan nilai subsidi energi mulai tahun 2007 hingga 2014 ditunjukkan pada Grafik 2.5.

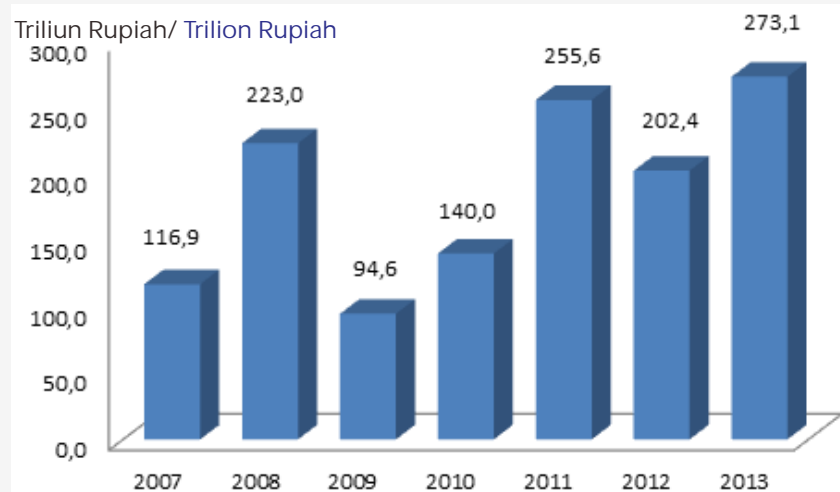
Grafik 2.5. Perkembangan Nilai Subsidi Energi Mulai Tahun 2007 Hingga 2014

Graph 2.5. The Development of Energy Subsidies from 2007 to 2014

Sumber / Source: Kemenkeu / Ministry of Finance

2.2.2. Increasing Energy Subsidies

Until now, the government still subsidizes the price of certain types of energy (gasoline, diesel oil, fuel oil, LPG, and electricity) for certain consumers (ground transportation and small household). Subsidy is meant to help people to be able to consume the energy needed to support their socio-economic activities. Energy subsidies are given to State Owned Enterprises that are asked to provide energy to the community (Pertamina and PLN). Since 2010, Privately-owned companies are also permitted to distribute subsidized fuel to region and volume that are set by the government, e.g. in Lampung, West Kalimantan, and Medan. This results in an increase in specific fuel subsidy, gasoline, diesel oil, fuel oil, LPG, and electricity and thus increasing the burden to the Government. The increase in the quotas for subsidy that have been set in the state budget will have a broad impact because it can interfere with the economic sector in Indonesia. The development of energy subsidies from 2007 to 2014 is shown in Graph 2.5.



Adanya perbedaan harga BBM, LPG, dan tenaga listrik, ditambah meningkatnya harga minyak bumi dunia serta terjadinya krisis dunia akan berdampak pada melambatnya perkembangan industri nasional. Selanjutnya kondisi ini berakibat pada terjadinya kelesuan perekonomian nasional yang ditunjukkan oleh penurunan laju Produk Domestik Bruto (PDB), dimana laju pertumbuhan PDB pada tahun 2008 sebesar 6% turun menjadi 5% pada tahun 2009. Disparitas harga yang terlalu besar antara BBM bersubsidi dan harga keekonomiannya akan menciptakan kerawanan terjadinya penyimpangan, seperti penyelundupan BBM bersubsidi. Menaikan harga BBM sesuai harga keekonomiannya merupakan cara paling mudah dan efektif pengontrolannya.

Dalam Undang-Undang No. 10 Tahun 2010 tentang Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) 2011 mengamanatkan Pemerintah untuk melakukan pengaturan BBM bersubsidi secara bertahap agar alokasi dapat terlaksana dengan tepat volume dan tepat sasaran. Sedangkan PP 5 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2010-2014 mengamanatkan Pemerintah untuk memberikan subsidi lebih terarah, seperti pemberian subsidi pertanian (pupuk dan benih) ditargetkan selama 3 (tiga) tahun, subsidi listrik ditargetkan selama 4 (empat) tahun dan subsidi BBM dilaksanakan sampai 5 (lima) tahun. Subsidi BBM akan mulai dibatasi pada 1 Januari 2011 dan kebijakan subsidi BBM akan hilang 5 (lima) tahun lagi, setelah itu tak akan ada lagi subsidi BBM bebas seperti sekarang ini.

Di sisi lain, harga energi di luar negeri lebih mahal dibanding harga energi domestik, sehingga investor lebih tertarik untuk mengeksport energi daripada memasok kebutuhan dalam negeri. Untuk itu, perlu dilakukan penataan subsidi energi secara bertahap, sampai harga energi mencapai keekonomian yang berkeadilan sebagaimana diatur dalam Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi. Harga energi yang sesuai dengan keekonomian akan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap nilai energi, sehingga mendorong penghematan di dalam pemanfaatannya.

The difference in price of fuel oil, LPG, and electricity in addition to the increase in world oil prices as well as the world crisis will have an impact on the slow development of national industry. Furthermore, these conditions led to the sluggishness of the national economy indicated by a decrease in the rate of Gross Domestic Product (GDP). The GDP growth rate in 2008 was 6% and down to 5% in 2009. Price disparity between subsidized fuels and economic price is too big and would create problems such as smuggling of subsidized fuel. Increasing fuel prices to its appropriate economical price is the easiest way and make for effective control.

In Act No. 10 Year 2010 on the State Budget (2011 Budget), the Government was given mandates to make gradual arrangements for subsidized fuel in order to achieve appropriate allocation in terms of target and volume. The Government Regulation No. 5 year 2010 of the National Medium Term Development Plan 2010-2014 Government had given the mandates to provide more targeted subsidies such as agricultural subsidies (fertilizer and seeds) for 3 (three) years, electricity for 4 (four) years and fuel subsidies held up to 5 (five) years. The fuel subsidy would be restricted started on January 1, 2011 and policy of fuel subsidy will disappear in 5 (five) years and after that there will be no free fuel subsidy as it is today.

On the other side, energy prices are more expensive abroad than domestically, so investors are more interested in exporting energy rather than supplying domestic needs. Therefore, energy subsidies need to be gradually restructured, until energy prices reach an equitable economic value as stipulated in Law No. 30 Year 2007 of Energy. Energy prices which are comparable to their economic value will increase public awareness on the value of energy, encouraging savings in its utilization.

2.2.3. Minimnya Pembangunan Infrastruktur Energi

Sebagai akibat terlambatnya pelaksanaan program percepatan pembangunan pembangkit listrik 10.000 MW, target pengoperasian pembangkit listrik tahun 2011 menjadi terhambat. Dengan adanya keterlambatan pembangunan pembangkit listrik tersebut mengakibatkan total kapasitas pembangkit listrik nasional pada tahun 2010 adalah sebesar 37,64 GW dengan rincian 32,88 GW berasal dari pembangkit listrik PLN dan 4,76 GW berasal dari pembangkit listrik IPP. Hal tersebut berpengaruh pula terhadap peningkatan daftar tunggu pelanggan baru.

Selain terlambatnya program percepatan pembangunan pembangkit listrik kapasitas 10.000 MW, pembangunan kapasitas kilang minyak dan infrastruktur gas juga sangat terbatas. Kapasitas kilang minyak pada tahun 2010 belum mengalami perubahan apabila dibandingkan dengan total kapasitas kilang minyak pada tahun 2009, yaitu sebesar 1,157 MMBCD. Sedangkan keterlambatan pembangunan infrastruktur gas mengakibatkan kebutuhan gas bumi nasional tidak dapat dilayani secara keseluruhan, dan selanjutnya produksi gas bumi nasional tersebut sebagian besar diekspor

Selain itu, keterlambatan pembangunan infrastruktur energi juga diakibatkan dari lemahnya keberpihakan pemerintah terhadap produk teknologi dalam negeri yang diakibatkan oleh rendahnya penguasaan teknologi energi. Rendahnya penguasaan teknologi energi menyebabkan terbatasnya kemampuan industri energi nasional yang mengakibatkan biaya investasi infrastruktur energi lebih mahal. Oleh karena itu, lembaga penelitian perlu didukung dengan sarana dan prasarana, SDM, pembiayaan yang mampu mendorong munculnya ide-ide kreatif atas pengembangan energi nasional. Disamping itu, hasil-hasil litbang energi nasional perlu diintegrasikan dan disinkronkan agar link and match antara dunia litbang dengan dunia industri berjalan dengan baik.

Terbatasnya anggaran infrastruktur energi nasional mengakibatkan anggaran pengelolaan energi juga terbatas

2.2.3. Lack of Energy Infrastructure Development

As a result of delays in the implementation of accelerated development of 10,000 MW power generation program, power plant operation targets in 2011 cannot be realized. The delays in the construction of power plant results in a total national power generation capacity of 37.64 GW by 2010 of which 32.88 GW was originated from PLN and 4.76 GW from IPPs. It also affected the increase in the waiting list of new customers.

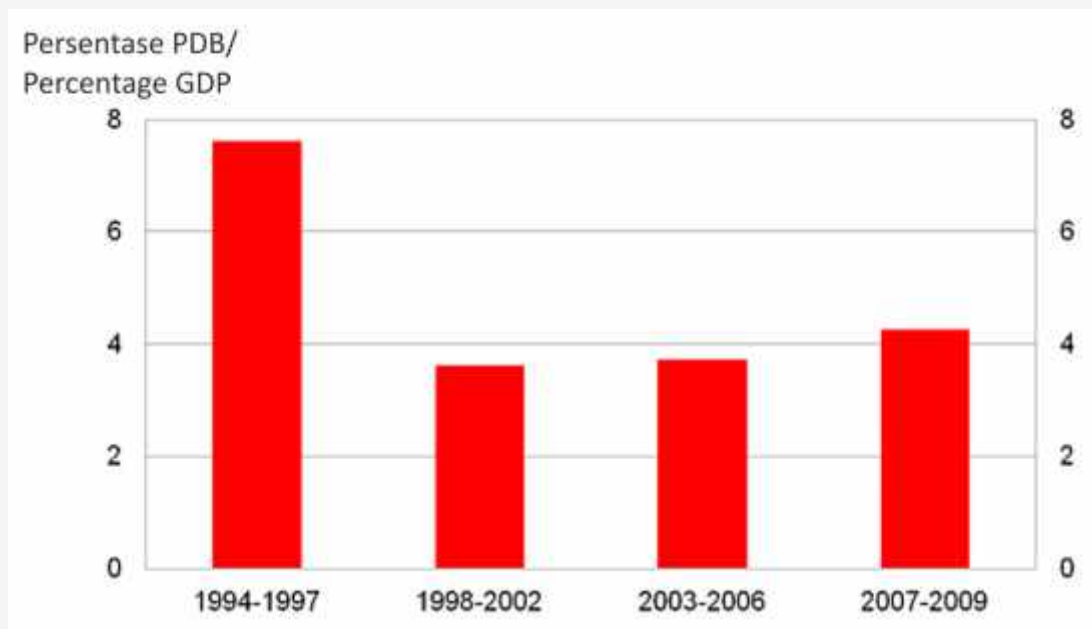
In addition to the delay of accelerated development of 10,000 MW power generation program, construction of oil refinery and gas infrastructure are very limited. Oil refining capacity in 2010 had not changed when compared to the total refinery capacity in 2009 which was 1.157 MMBCD. The delay in the construction of gas infrastructure has resulted in national natural gas demand cannot be fulfilled as a whole, and subsequently the national gas production was largely being exported.

Furthermore, delays in the development of energy infrastructure also result from the lack of concern of the government against domestic technology products caused by low mastery of energy technology. The low mastery of energy technology has caused limited ability of the national energy industry resulting in more expensive energy infrastructure investment costs. Therefore, research institutions need to be supported with facilities and infrastructure, human resources, and financing that would encourage the emergence of creative ideas for the development of national energy. Besides, the results of the national energy Research and Development (R&D) needs to be integrated and synchronized in order to encourage a better link and match between the world of research and development with the industry.

Limited budget allocation for national energy infrastructure has put a limit on energy management budget which in turn hamper the discovery of new energy

yang berakibat atas lambatnya penemuan sumber daya energi, dan pengembangan energi terbarukan. Di sisi lain, terbatasnya anggaran infrastruktur energi menyebabkan cadangan strategis energi nasional semakin terbatas ditengah meningkatnya kebutuhan energi nasional. Oleh karena itu, seyogyanya anggaran subsidi energi dibatasi dan dialihkan untuk pembangunan infrastruktur energi nasional. Pada dasarnya investasi pembangunan infrastruktur energi nasional terhadap pendapatan nasional atau produk domestik bruto (PDB) cenderung menurun seperti ditunjukkan pada Grafik 2.6

resources and development of renewable energy. On the other side, limited budget on strategic energy infrastructure has led to increasingly limited national energy reserves amid rising national energy needs. Therefore, energy subsidy should be limited and diverted to the national energy infrastructure development. Basically the ratio of national energy infrastructure investment to national income or gross domestic product (GDP) tends to decrease as shown in Graph 2.6.



Grafik 2.6. Pangsa Investasi Pembangunan Infrastruktur Energi Nasional terhadap PDB
Graph 2.6. The share of the National Energy Infrastructure Development Investment to GDP
 Sumber / Source: Anggito Abimanyu, 2011

Disisi lain, tingginya investasi disektor energi dan rendahnya minat investor menyebabkan infrastruktur di berbagai sektor energi masih sangat terbatas, sehingga penyediaan dan pendistribusian energi menjadi terhambat. Kondisi ini mengakibatkan pasar dalam negeri menjadi kurang menarik untuk kegiatan investasi/pengusahaan di berbagai sektor, sehingga pertumbuhan

On the other side, high level of investment in the energy sector and low investor's interest has caused various sectors of the energy infrastructure becomes very limited and therefore supply and distribution of energy becomes restricted. These conditions have resulted in the domestic market being less attractive for investments / enterprises in various sectors, so economic growth in the various

ekonomi di berbagai daerah menjadi terhambat. Ke depan prioritas pembangunan infrastruktur perlu lebih diarahkan guna memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri khususnya di wilayah luar Jawa-Bali dan Indonesia Bagian Timur. Keterbatasan infrastruktur juga mengakibatkan terjadinya ketidak-merataan akses terhadap energi antara wilayah perkotaan dan perdesaan. Disamping itu, keterbatasan infrastruktur dapat mengakibatkan gangguan distribusi energi, rendahnya akses terhadap energi, dan kehandalan mutu, sehingga terjadi krisis listrik dan harga energi yang lebih mahal pada daerah tertentu.

2.2.4 Emisi Karbon

Salah satu fenomena lingkungan hidup yang mengancam kehidupan umat manusia sedunia adalah pemanasan global atau global warming. Pemanasan global adalah suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan melalui efek rumah kaca (*greenhouse effect*).

Salah satu penyebab utama pemanasan global adalah penggunaan energi fosil yakni minyak bumi, gas dan batubara. Pembakaran energi fosil menyebabkan bertambahnya konsentrasi GRK di atmosfer. Prosentase GRK di udara terdiri dari sekitar 64% CO₂, dan sekitar 80% nya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, maka pengurangan CO₂ menjadi hal yang penting (Laporan IPCC). Konsentrasi gas rumah kaca yang berlebihan akan memerangkap cahaya matahari sehingga suhu bumi semakin naik. Kenaikan suhu global akan memicu ketidakseimbangan lingkungan yakni terjadi ketidakstabilan iklim, peningkatan permukaan air laut dan gangguan ekologis. Dampak dari ketidakstabilan iklim menyentuh semua sektor terutama sektor pertanian. Selain itu, berbagai bencana yang terjadi akhir-akhir ini acapkali dikaitkan dengan fenomena pemanasan global.

Berdasarkan data-data tersebut diperoleh tren peningkatan emisi CO₂ dari tiap jenis pembangkit listrik dari tahun 2005 - 2012 (Gambar 2.4).

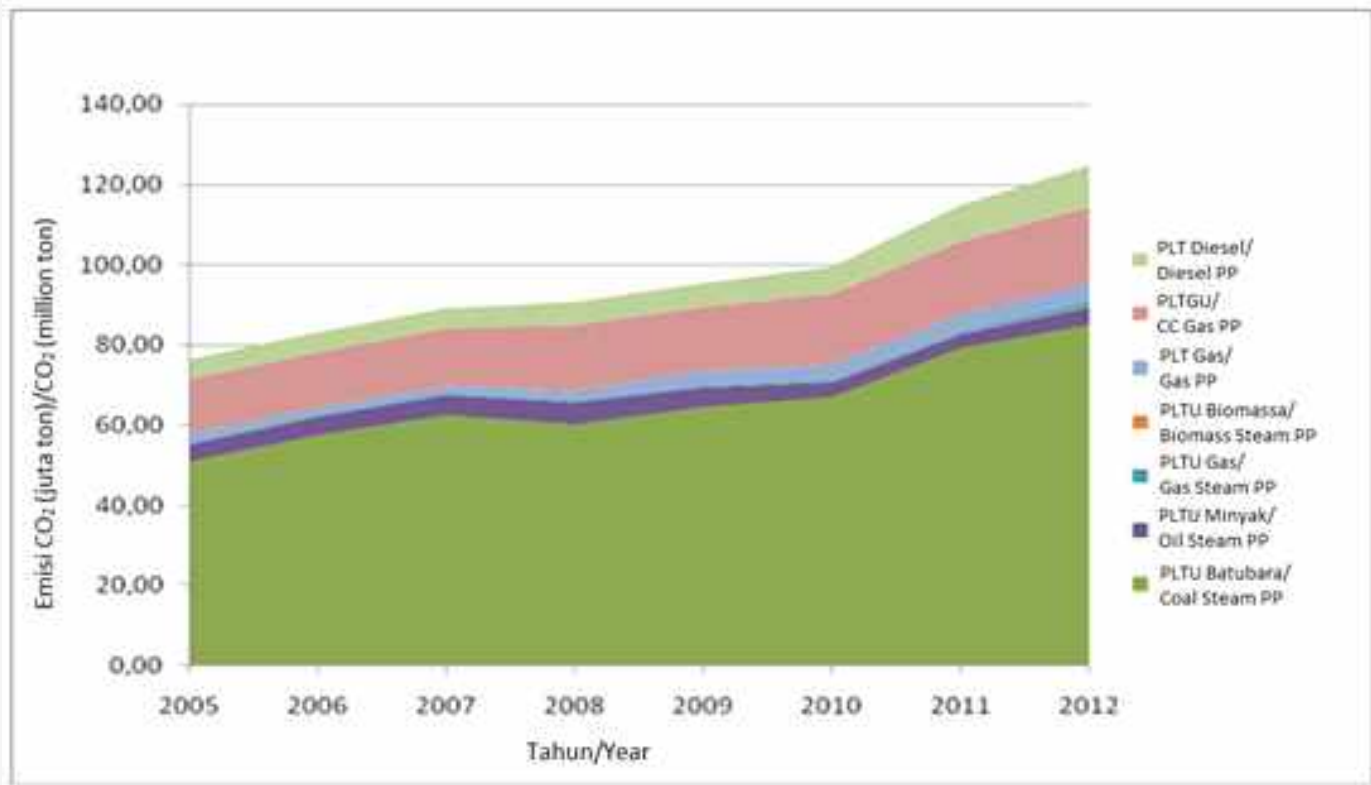
regions are slowed down. In the future, priority of development infrastructure needs to be geared to meet the domestic energy needs, especially outside Java-Bali and in Eastern Indonesia. Infrastructure limitations also resulted in inequality of access to energy between urban and rural areas. Besides that, infrastructure limitations could result in disruption of energy distribution, restricted access to energy, quality and reliability, so electricity crisis happens and energy prices are more expensive in certain areas.

2.2.4. Carbon Emissions

One of the environmental phenomena that threaten human life worldwide is global warming. Global warming is an increase in the average temperature of the atmosphere, ocean, and land through the greenhouse effect.

One of the main causes of global warming is the use of fossil fuels, namely oil, gas and coal. The burning of fossil fuels, resulting in increased concentrations of greenhouse gases in the atmosphere. Percentage of greenhouse in the air consists of approximately 64% CO₂, and about 80% of it comes from burning fossil fuels. CO₂ reduction becomes important (IPCC Report). Excessive concentration of greenhouse gases will trap sunlight and in turns increase the temperature of the earth. The increase in global temperatures will lead to environmental imbalances such as climate instability, rising sea levels and ecological disruption. The impact of climate instability is touching all sectors, especially agricultural sector. In addition, the various disasters that occurred lately are often associated with global warming.

Based on data, the trend of increasing CO₂ emissions of each type of power plant from year 2005 to 2012 is shown in Figure 2.4.



Gambar 2.4. Tren Peningkatan Emisi CO₂ Per Jenis Pembangkit Listrik
 Figure 2.4. Trend of Increasing CO₂ Emissions of Each Type of Power Plant

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

3

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

PROYEKSI ENERGI NUKLIR SAMPAI
TAHUN 2050

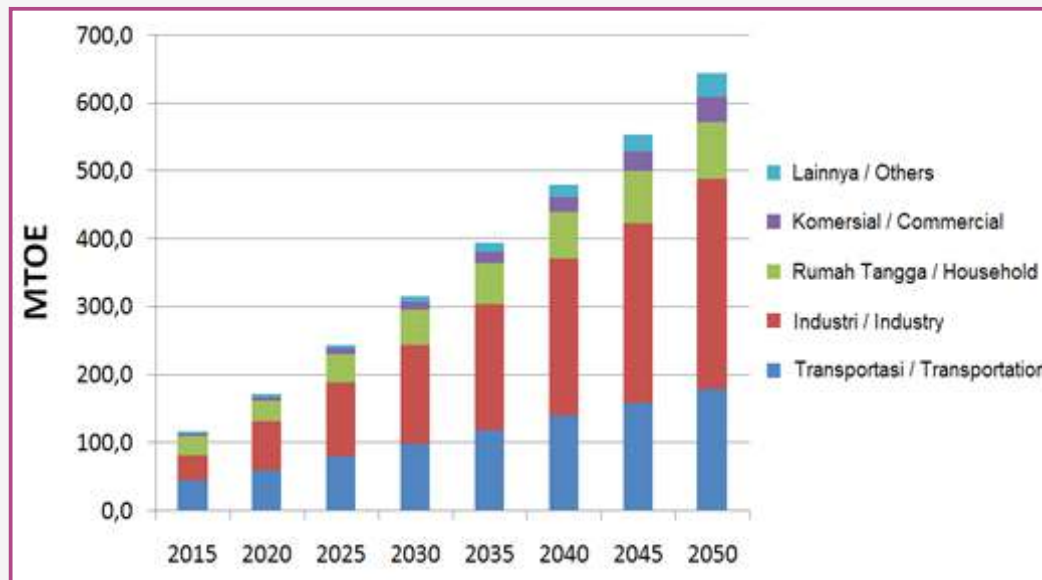
Proyeksi kebutuhan energi nasional disusun dengan mengacu kepada Draf Kebijakan Energi Nasional (KEN) 2014 yang telah mendapat persetujuan DPR. Dalam Draf KEN tersebut disebutkan bahwa target penyediaan energi primer pada tahun 2025 sekitar 400 MTOE (2932 Juta SBM) dan pada tahun 2050 sekitar 1000 MTOE (7230 Juta SBM). Sedangkan target untuk pemanfaatan listrik per kapita pada tahun 2025 sekitar 2500 kWh/kapita dan sekitar 7000 kWh/kapita pada tahun 2050.

Kebutuhan energi untuk tahun 2015 sebesar 115 MTOE, tahun 2020 sekitar 171,1 MTOE, tahun 2030 sekitar 316,3 MTOE, tahun 2040 sekitar 480,3 MTOE dan pada tahun 2050 sekitar 644,3 MTOE seperti yang ditunjukkan pada Grafik 3.1. Dengan demikian tingkat kebutuhan energi pada tahun 2020 menjadi 1,5 kali dari kebutuhan tahun 2015, pada tahun 2030 menjadi 2,7 kali, pada tahun 2040

PROJECTION OF NUCLEAR ENERGY
UNTIL 2050

Projection of national energy demand is compiled base on National Energy Policy 2014 which have been approved by The People's Representative Council. The National Energy Policy describes that the target of primary energy supply in 2025 is about 400 MTOE (2932 million BOE) and in 2050 is about 1000 MTOE (7230 million BOE). The target for electricity utilization (electricity per capita) in 2025 is about 2500 kWh/capita and about 7000 kWh/capita in 2050.

Energy demands are about 115 MTOE in 2015, 171.1 MTOE in 2020, 316.3 MTOE in 2030, 480.3 MTOE in 2040, and 644,3 MTOE in 2050. Figure 3.1 show the



Grafik 3.1. Proyeksi total kebutuhan energi final menurut sektor
Graph 3.1. Projection of Total Final Energy Demand Based on Sector

menjadi 4,2 kali dan pada tahun 2050 menjadi sekitar 5,6 kali.

Meningkatnya kebutuhan energi didominasi oleh sektor industri dan transportasi, sedangkan sektor rumah tangga, komersial dan lainnya juga meningkat meskipun lebih landai dan memberikan kontribusi lebih kecil. Pertumbuhan kebutuhan energi di sektor industri, transportasi dan komersial dipengaruhi kondisi perekonomian sedangkan sektor rumah tangga dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk.

Indonesia, sebagai negara berkembang akan mengarah menjadi negara maju yang diindikasikan dengan dominasi sektor industri dalam menunjang perekonomiannya. Peranan sektor industri dalam penggunaan energi selalu mendominasi dan terus meningkat dari 30% pada tahun 2015 menjadi 42% pada tahun 2020 kemudian meningkat menjadi 47% pada tahun 2030, dan menjadi 48% pada tahun 2040 dan 2050. Peranan sektor transportasi sebagai penunjang pergerakan ekonomi sedikit menurun dari 37% ditahun 2015 menjadi 34% ditahun 2020, kemudian turun berturut turut menjadi 31%, 29% 28% di tahun 2030, 2040 dan 2050.

Dengan berkurangnya penggunaan kayu bakar yang kurang efisien pada sektor rumah tangga, kebutuhan energi terus di sektor ini menurun yaitu sekitar 24% pada tahun 2015 menurun menjadi 18% pada tahun 2020 dan kemudian terus turun menjadi 13% pada tahun 2050. Dengan meningkatnya perekonomian diharapkan peranan sektor komersial dan sektor lainnya (pertanian, konstruksi dan pertambangan) akan terus bertambah. Meskipun dengan pangsa yang masih sangat kecil, namun sektor komersial meningkat cukup pesat yaitu sekitar 6,8% per tahun. Demikian juga dengan sektor lainnya berkembang dengan laju pertumbuhan sebesar 7,5% per tahun.

Ditinjau dari penggunaan jenis bahan bakar, BBM masih terus mendominasi kebutuhan energi nasional akibat

energy demands. Thus, energy demand level in 2020 becomes 1.5 times energy demand in 2015, 2.7 times in 2030, 4.2 times in 2040, and 5.6 times in 2050.

The increase in energy demand was dominated by industrial and transportation sectors while household, commercial, and the other sectors contributed less portion than industrial and transportation sectors because the increment of those sectors is lower than industrial and transportation sector. The increment of energy demand in industrial, transportation, and commercial sectors were affected by economy condition, while household sector was affected by population growth.

Indonesia, as a developing country, will become a developed country as indicated by the domination of the industrial sector supporting the economy. The role of industrial sector in energy utilization is always dominant and will increase from 30% in 2015 to 42 % in 2020, 47% in 2030, and 48% in 2040. From 2040 to 2050, the role of industrial sector in energy utilization is stable at 48%. The role of transportation sector to support economic movements will decrease slightly from 37% in 2015 to 34% in 2020, 31% in 2030, 29% in 2040, and 28% in 2050.

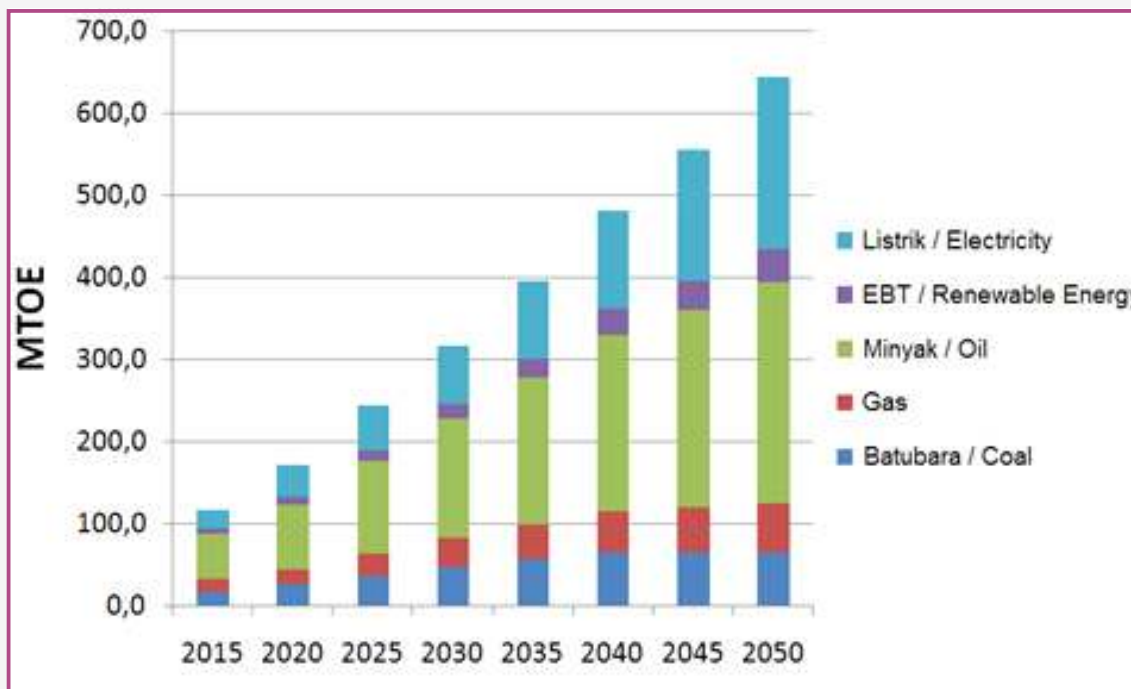
The reduction of firewood utilization in the household sector will decrease the role of firewood utilization from 24% in 2015 to 18% in 2020 and 13% in 2050. The role of commercial and other sectors (agriculture, construction and mining) will increase because of the economic development. Although the portion is small, the commercial sector will increase rapidly at about 6.8% per year. The others sector will develop with a growth rate of 7.5% per year.

penggunaan teknologi saat ini masih berbasis bahan bakar minyak terutama di sektor transportasi. Sektor-sektor pengguna lainnya pun tidak terlepas dari penggunaan BBM karena teknologinya yang cukup efisien. Pemanfaatan BBM meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,3% per tahun. Penggunaan batubara dan gas juga meningkat cukup tinggi, yang banyak dimanfaatkan pada sektor industri.

Teknologi berbasis listrik juga terus berkembang pesat dan dominan digunakan hampir di setiap sektor, terutama di sektor rumah tangga dan komersial. Oleh karena itu pemanfaatan listrik meningkat cukup tinggi dengan laju pertumbuhan 6,9% per tahun. Penggunaan bahan bakar nabati (BBN) yang berupa biodiesel dan biopremium merupakan bagian dari energi baru terbarukan. Jenis BBN yang dipertimbangkan merupakan biosolar murni (B100)

Based on the fuel type utilization, fuel oil (BBM) still dominate the national energy demand from the usage of fuel oil technology especially in transportation sector. The usage of fuel oil will grow to about 4.3% per year. The usage of coal and gas will increase rapidly in the industrial sector.

Electricity based technology will develop rapidly dan be used in almost all sectors, especially household dan commercial sectors. Therefore, electricity utilization will increase with a growth rate of 6.9 % per year. Biofuel (BBN) such as biodiesel and biopremium are parts of new and renewable energy. The kinds of biofuel that have been considered are pure biosolar (B100) and pure bioethanol (E100). Biomass usage will decrease



Grafik 3.2. Proyeksi Total Kebutuhan Energi Final menurut Jenis Bahan Bakar
Graph 3.2. Projection of Total Final Energy Demand Based on Fuel Type

dan bioethanol murni (E100). Penggunaan biomasa akan terus menurun karena diperkirakan di sektor rumah tangga penggunaan kayu bakar akan terus berkurang. Mengingat tingginya penggunaan bahan bakar minyak dalam penggunaan energi final, maka penggunaan bahan bakar alternatif perlu terus didorong. Terutama sebagai substitusi BBM seperti BBN. CNG juga mulai dipertimbangkan oleh Pemerintah untuk mensubstitusi premium yang penggunaannya terus meningkat. Grafik 3.2 menunjukkan penggunaan batubara untuk kebutuhan industri terus meningkat, namun pangsa masih jauh dibawah BBM. Meskipun penggunaan batubara non listrik meningkat, namun pada tahun 2050 pangsa menurun menjadi 10%. Pangsa penggunaan gas non listrik menurun menjadi sekitar 9,8% pada tahun 2050.

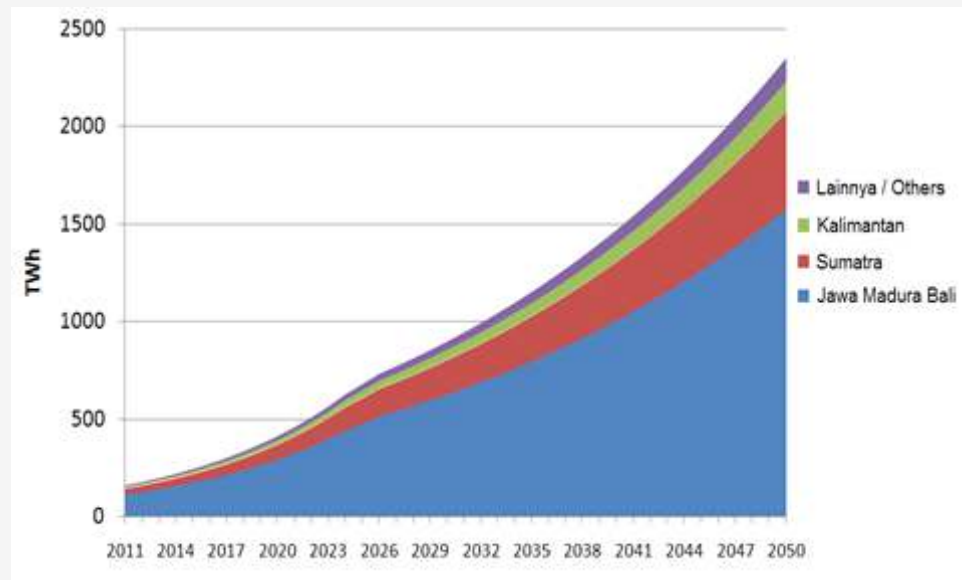
Dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat diharapkan penggunaan peralatan listrik akan terus meningkat di semua sektor, baik di sektor industri, rumah tangga dan komersial. Penggunaan biomasa dan kayu bakar yang merupakan bagian dari energi baru terbarukan akan terus menurun terutama di sektor rumah tangga yang digantikan dengan peralatan lainnya yang lebih praktis dan efisien.

Konsumsi energi listrik mempertimbangkan pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia. Berdasarkan data sensus penduduk BPS tahun 2010, jumlah penduduk Indonesia sebesar 237,6 juta jiwa. Rata-rata laju pertumbuhan penduduk Indonesia tahun 1990-2010 sebesar 2% dengan laju yang terus berkurang dari tahun ke tahun. Berdasarkan target pemanfaatan listrik per kapita dan proyeksi jumlah penduduk, maka dapat diperoleh konsumsi energi listrik Indonesia sampai dengan tahun 2050. Grafik 3.3 menunjukkan proyeksi konsumsi energi listrik Indonesia.

because the usage of firewood have been estimated to decrease.

Considering the intensive usage of fuel oil in final energy, the usage of alternative fuel should be promoted especially for fuel oil substitution like biofuel. CNG is also being considered by the government to substitute gasoline which usage has always been increased. Figure 3.2 shows that the usage of coal for industrial demand has increased, but the portion is still lower than fuel oil. Although coal usage in non-electricity sector has increased, the portion will decrease to 10% in 2050. The portion of gas for non-electricity sector will decrease to about 9.8% in 2050.

With the increase in prosperity, the usage of electric appliances is expected to increase in all sectors (industrial sector, household sector, and commercial sector). The usage of biomass and firewood as a part of new and renewable energy will decrease especially in household sector because household appliances are replaced with the more practice and efficient ones. Electricity consumption is related to the Indonesia's population growth. Based on BPS's population census in 2010, Indonesia's population is about 237.6 million. The average growth rate from 1990-2010 is about 2% with declining growth rate every year. Based on the target of electricity utilization (electricity per capita) and population projection, the electricity consumption in Indonesia up to 2050 can be projected. Graph 3.3 show the projection of Indonesia's electricity consumption.



Grafik 3.3. Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia
Graph 3.3 Projection of Indonesia Electricity Consumption

3.2. Penyediaan Energi Nasional

3.2.1. Asumsi Dasar Penyediaan Energi

Tahun dasar yang digunakan sebagai acuan dalam memproyeksikan penyediaan energi adalah tahun 2012. Proyeksi penyediaan energi selama tahun 2013 s.d 2050 diperlukan guna memenuhi seluruh kebutuhan energi final termasuk listrik. Penyediaan energi untuk memenuhi kebutuhan energi final tersebut dapat dilakukan baik melalui produksi energi dalam negeri maupun impor energi. Penyediaan energi tersebut juga mempertimbangkan ekspor energi sebagaimana kontrak yang telah disepakati ataupun dalam rangka memperoleh devisa negara.

Dalam penyusunan INEO ini, prinsip dasar yang digunakan dalam asumsi produksi energi fosil adalah bahwa produksi energi fosil hingga tahun 2050 tidak menghabiskan seluruh potensi sumberdaya energi fosil

3.2. National Energy Supply

3.2.1. The Basic Assumption for Energy Supply

The base year that is used as a reference in the energy supply projection is 2012. Energy supply projection from 2013 – 2050 is needed to fulfill all final energy including electricity. The energy supply can be fulfilled with domestic energy production or energy import. Energy supply should consider the energy export contract and for foreign exchange.

The basic principle that has been used in the assumption for fossil fuel production is that fossil fuel production up to 2050 will not spend all potential resources in Indonesia so that the next generation can use this resource beyond 2050.

Based on Table 3.1 on Indonesia's energy reserve, the

yang Indonesia miliki. Asumsi ini digunakan agar masih tersisa sumberdaya energi fosil yang dapat dimanfaatkan oleh generasi selanjutnya (setelah 2050).

Seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1 tentang cadangan energi Indonesia, maka produksi batubara untuk memenuhi kebutuhan domestik dan ekspor selama tahun 2011 s.d. 2050 diasumsikan sebesar cadangan. Pasokan batubara domestik ditujukan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik dan industri, serta bahan baku industri (bricket, batubara cair, dan gasifikasi). Asumsi kemampuan produksi batubara Indonesia selama tahun 2011 s.d. 2050 diambil karena jumlah cadangan batubara Indonesia yang mencapai sekitar 21 miliar ton dianggap dapat diproduksi sesuai dengan nilai keekonomiannya.

production of coal to fulfill the domestic demand and export from 2011 to 2050 are assumed to be as big as the reserve. Domestic coal supply is aimed to fulfill the demand of powerplants, industry, and raw materials for industry (bricket, liquid coal, and gasification coal). The assumption for coal production have been taken because the reserve is about 21 billion ton and it can be produced economically.

Tabel 3.1. Cadangan Sumberdaya Energi
Table 3.1. Reserve of Energy Resource

Sumber Energi / <i>Energy Resources</i>	Satuan / <i>Unit</i>	Cadangan dan Sumberdaya / <i>Reserved and Resources</i>	
		Cadangan / <i>Reserved</i>	Sumberdaya / <i>Resources</i>
Minyak / <i>Oil</i>	10 ⁶ Barrel	7.990	56.600
Gas / <i>Gas</i>	TCF	160	335
Batubara / <i>Coal</i>	10 ⁶ Ton	21.130	126.070
Coal Bed Methane	TCF	n.a.	453
Nuklir / <i>Nuclear</i>	Ton U	3800	59200
	Ton Th	n.a.	1,500
Biofuel	10 ⁶ KL	30	203
Panas Bumi / <i>Geothermal</i>	MWe	2,300	28,528
Air / <i>Hydro</i>	MWe	6,000	76,170
Energi Laut / <i>Ocean Energy</i>	GWe	n.a.	240
Energi Matahari / <i>Solar Energy</i> *]	GWe	n.a.	1,200
Biomasa	MWe	n.a.	49,810
Lainnya **]	MWe	n.a.	10,000

*] Intensitas rata-rata adalah 4.8 KWh per m2 per hari/average intensity is 4.8 KWh per m2.

**] termasuk energi angin dengan kecepatan rata-rata pada 50 m sebesar 4.27 m/s / include wind energy with average speed in 50 m is 4.27 m/s.

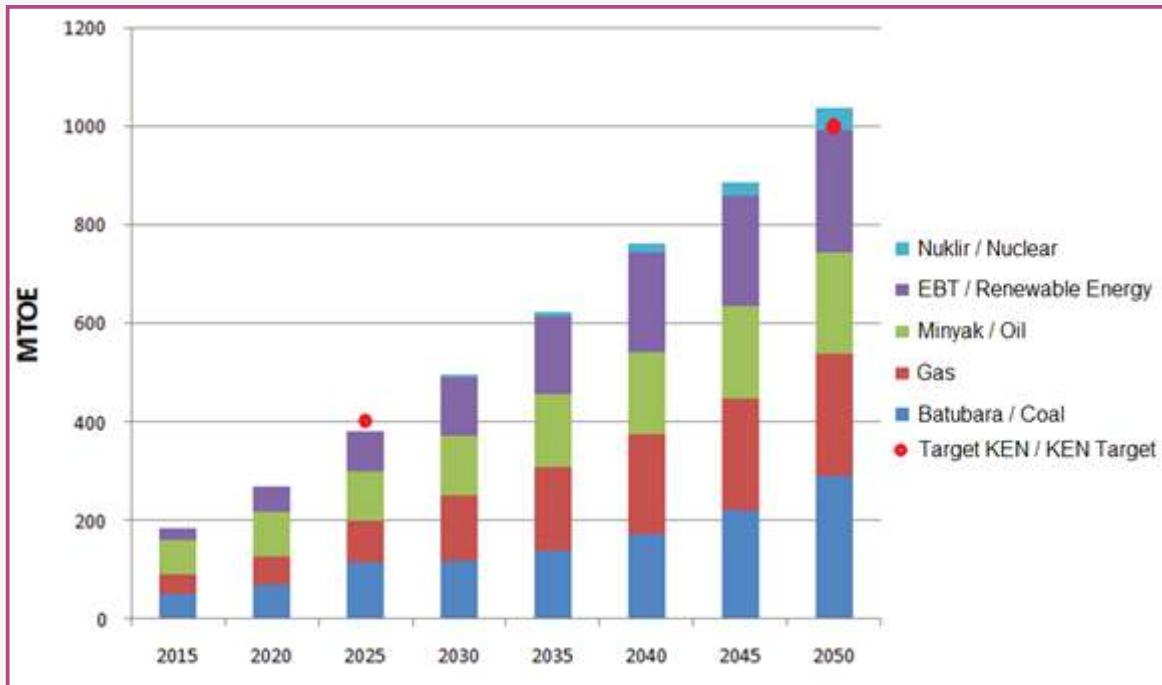
Sumber/Source: ESDM dan Batan, 2010

3.2.2. Proyeksi Penyediaan Energi Nasional dan Bauran Energi

Total penyediaan energi primer tahun 2015-2050 meningkat lebih dari 5,6 kali lipat dengan laju pertumbuhan rata-rata 5,1% per tahun, dari 183,9 MTOE Menjadi 1036,8 MTOE. Untuk jangka pendek (hingga tahun 2025), penyediaan energi primer meningkat dengan pertumbuhan sedikit lebih tinggi yaitu 7,6% menjadi 379,2 MTOE lebih rendah sedikit dari target KEN. Hingga tahun 2050, penyediaan energi akan tetap didominasi oleh energi fosil dengan pangsa terbesar oleh minyak dan batubara.

3.2.2. *Projection of National Energy Supply and Energy Mix*

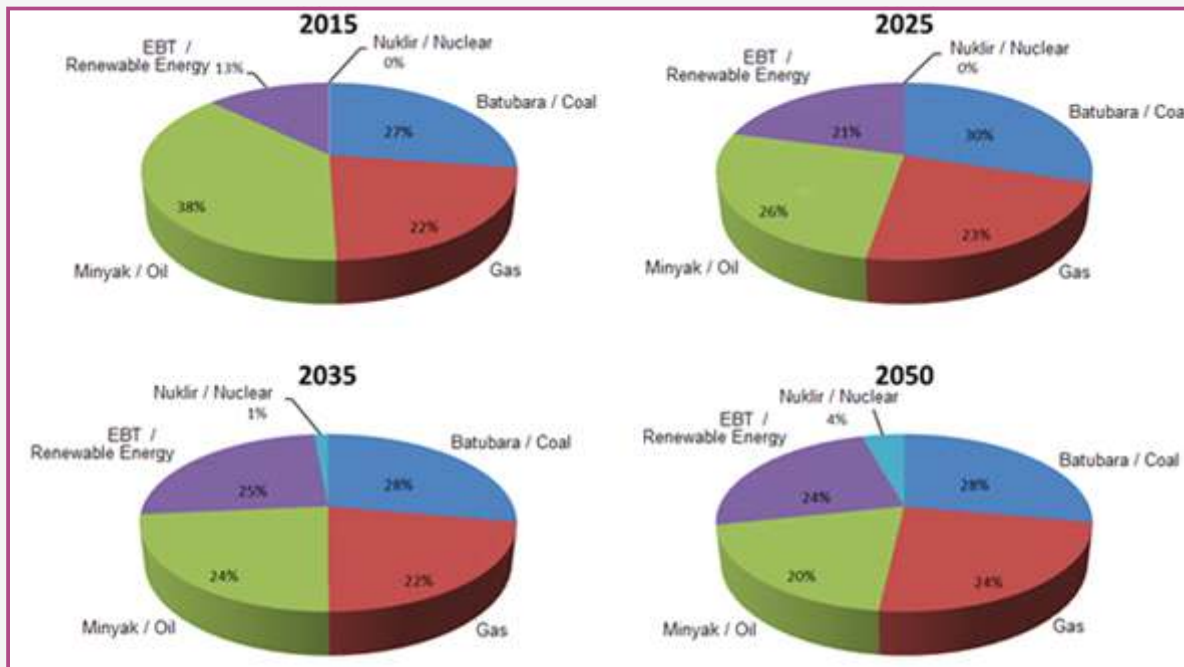
Total of primary energy supply 2015-2050 will increase by more than 5.6 times from 183.9 MTOE to 1036.8 MTOE with an average growth rate of 5.1 % per year. For short term (up to 2025), primary energy supply will be 379.2 MTOE, slightly lower than National Energy Policy target and have an average growth rate of 7.6 % per year. Up to 2050, energy supply still dominated by fosil energy where the biggest portions are oil and coal.



Grafik 3.4. Penyediaan Energi Primer Nasional
Graph 3.4. National Primary Energy Supply

Bauran energi tahun 2025 didominasi oleh batu bara, diikuti oleh minyak, gas dan EBT. Pada tahun 2050 batubara masih mendominasi dengan pangsa sebesar 28% dan pangsa minyak bumi turun menjadi 20% sedangkan pangsa gas naik menjadi 24% pada tahun 2050. Peran EBT dan nuklir diperkirakan meningkat dari 13% pada tahun 2015 menjadi 28% pada tahun 2050 dengan pertumbuhan rata-rata 5,6% per tahun.

Energy share in 2025 is dominated by coal, followed by oil, gas, and new and renewable energy. Coal still dominates in 2050 with a portion of 28% and the portion of oil will decrease to 20%. The portion for gas will increase to 24%. The role of new and renewable energy and nuclear is predicted to increase from 13% in 2015 to 28% in 2050 with an average growth rate of 5.6% per year.



Gambar 3.1. Pangsa Penyediaan Energi Primer Nasional
Figure 3.1 Share of National Primary Energy Supply

Prakiraan pemanfaatan tenaga listrik total di semua sektor pada tahun 2015 adalah sebesar 280,94 TWh, pada tahun 2025 sebesar 747,2 TWh, pada tahun 2035 sebesar 1352,9TWh. Pemanfaatan tenaga listrik total diperkirakan akan terus meningkat secara signifikan hingga mendekati 9,8 kali pada tahun 2050 terhadap tahun 2015, yaitu akan mencapai 2765,9 TWh atau tumbuh sebesar 7,1% per tahun.

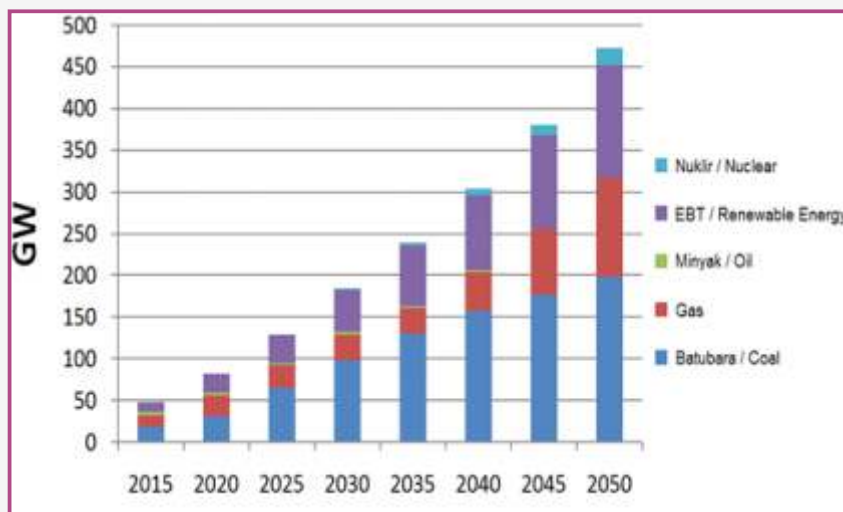
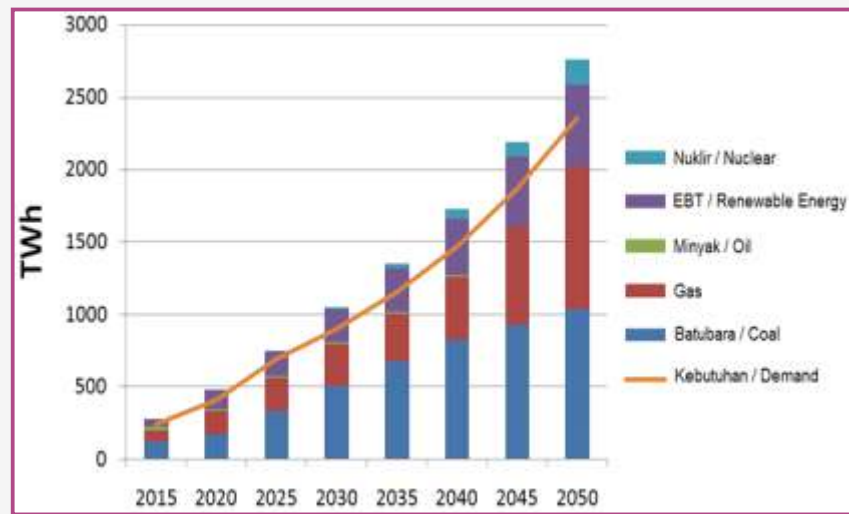
The prediction for total usage of electricity in all sector is 280.94 TWh in 2015, 747.2 TWh in 2025 and 1352.9 TWh in 2035. Total usage is predicted to increase significantly by 9.8 times in 2050 compare to that of 2015 or about 2765.9 TWh (average growth rate of 7.1% per year).

The portion of electricity production from New and Renewable Powerplants in 2015 is 19.9%, whereas the portion from coal powerplant is about 46.4%. The portion

Pangsa pada tahun 2015 produksi listrik dari pembangkit listrik berbasis EBT mempunyai pangsa 19,9%, sedangkan produksi listrik dari pembangkit berbahan bakar batubara mempunyai pangsa pada kisaran 46,4%. Pangsa pembangkit berbahan bakar gas sebesar 26,2% dan berbahan bakar minyak sebesar 7,6%. Selama rentang waktu 2015 s.d. 2050, diperkirakan produksi listrik yang berasal dari EBT naik hampir 13,3 kali, dari 55,9 TWh menjadi 742,4 TWh. Tahun 2050 pangsa EBT akan naik menjadi 26,8%, namun sebaliknya pangsa batubara turun menjadi 37,6%.

of gas power plant is about 26.2%, and the portion from oil powerplant is about 7.6%. In year 2015 to 2050, it is predicted that the electricity production from new renewable will increase by 13.3 times, from 55.9 TWh to 742,4 TWh. The portion of New and Renewable will increase to 26,8% and the portion from coal will decrease to 37,6%.

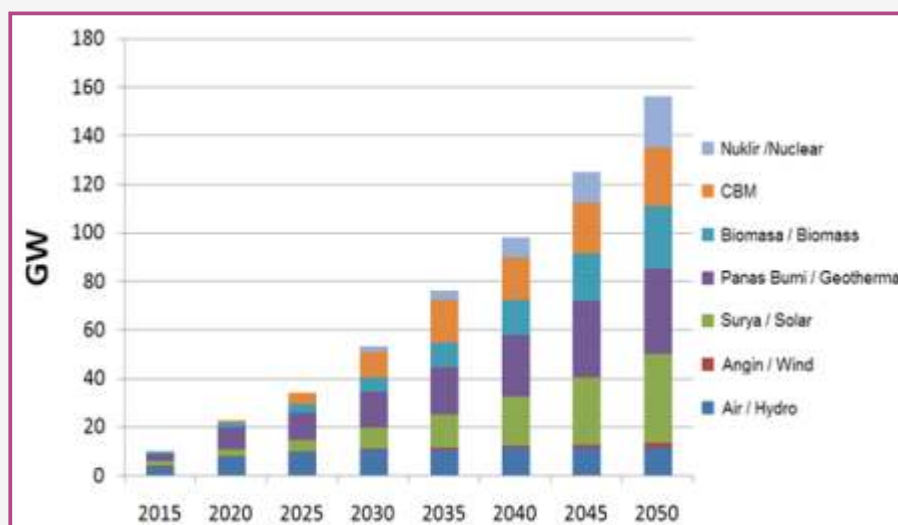
Grafik 3.5. Produksi Listrik Nasional dan Kebutuhan Totalnya
Graph 3.5 National Electricity Production and Total Demand



Grafik 3.6. Kapasitas Pembangkit Listrik Keseluruhan
Graph 3.6 Total Capacity of Power Plant

Berdasarkan Grafik 3.6 kapasitas pembangkit listrik PLN dan Non PLN pada tahun 2015 diproyeksikan akan mencapai 47,6 GW. Secara keseluruhan, akan terjadi peningkatan kapasitas pembangkitan listrik nasional hingga 9,9 kali pada tahun 2050 terhadap tahun 2015. Pertumbuhan kapasitas pembangkit terjadi dengan laju rata-rata 7,5% per tahun dari 47,6 GW (2015) menjadi 472,9 GW (2050). Hasil proyeksi menunjukkan Pembangkit berbahan bakar batubara tetap mendominasi sampai tahun 2050 dengan total kapasitas sebesar 198 GW.

Based on Graph 3.6, the capacity of powerplant from PLN and Non PLN in 2015 will reach 47.6 GW. The total capacity will increase by 9.9 times in 2050 compared with capacity in 2015. Powerplant capacity will have a growth rate of 7.5% per year and the capacity will increase from 47.6 GW in 2015 to 472.9 GW in 2050. The result of projection shows that coal power plant would still dominate up to 2050 with a total capacity of about 198 GW.



Grafik 3.7. Kapasitas Pembangkit EBT
Graph 3.7. Capacity of New and Renewable Power Plant

Pada tahun 2015 diprediksi kapasitas pembangkit EBT akan melebihi 9,8 GW. Selanjutnya selama kurun waktu 2015 sampai 2050, pembangkit jenis EBT meningkat hampir 15,7 kali menjadi 156GW. Pembangkit jenis EBT tersebut terdiri dari PLTP, PLTA, PLTM, PLTN, PLTB (angin), PLTS, Pembangkit Biomasa yang tercakup di dalamnya pembangkit berbasis sampah. PLTP dan PLTA pada tahun 2025 diprediksi berturut-turut akan mencapai 11,4 GW dan 9,5 GW, kemudian naik menjadi 30 GW dan 11,4 GW tahun 2050. Khusus PLTN diperkirakan masuk dalam sistem ketenagalistrikan Jawa-Bali pada tahun 2027

New and Renewable capacity is predicted to be more than 9.8 GW in 2015. Between 2015 -2050, new and renewable powerplants will increase by almost 15.7 times or about 156 GW. The powerplants consist of geothermal, hydro, mikrohydro, nuclear, wind, solar cell, and biomass power plants (including waste powerplant). Geothermal and hydro powerplants are predicted to reach 11.4 GW and 9.5 GW in 2025 and then increase to 30 GW and 11.4 GW in 2050. Nuclear powerplant is predicted to join the Jawa-Bali electricity system in 2027 with a capacity of 2 GW and will increase to 21 GW (2%) incorporating large

sebesar 2 GW, dan bertambah menjadi 21 GW (2%) yang sudah mencakup PLTN skala besar (1000MW) dan Small Medium Reactor (100MW) pada tahun 2050.

3.2.3. Proyeksi Kapasitas Energi Nuklir

Kapasitas PLTN untuk masing-masing wilayah berbeda ukurannya mengikuti kondisi kelistrikan di wilayah tersebut. Secara umum, kapasitas terpasang suatu unit pembangkit tidak boleh melebihi 10% kapasitas total jaringan. Untuk sistem Jamali dan Sumatera dipilih PLTN ukuran besar yaitu 1000 MWe, sedangkan reaktor daya kecil dan menengah (Small and Medium Reactor, SMR) dipilih untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah dengan jaringan yang masih rendah seperti untuk Kalimantan dan pulau lainnya.

Untuk wilayah Jamali, nuklir diproyeksikan mulai masuk kedalam sistem kelistrikan pada tahun 2027 sebesar 2.000 MW (2 x 1.000 MW) dan bertambah sampai tahun 2050 sebesar 12.000 MW (12 x 1.000 MW). Sedangkan untuk wilayah Sumatera, nuklir akan masuk mulai tahun 2031 sebesar 2.000 MWe dan diakhir tahun 2050 menjadi sebesar 8.000 MWe. Pada tahun yang sama PLTN mulai memasok listrik di sistem Kalimantan dengan 100 MWe dan meningkat menjadi 800 MW di tahun 2050. Sedangkan untuk pulau-pulau lain, nuklir mulai dapat berkontribusi tahun 2041 dengan kapasitas 35 MWe. Kapasitas PLTN sampai tahun 2050 untuk pulau-pulau lainnya diproyeksikan mencapai 140 Mwe.

Sebagai catatan tambahan, bahwa PLTN SMR jenis HTGR (High Temperature Gas Cooled Reactor), disamping dapat menghasilkan listrik juga digunakan sebagai ko-generasi dengan memanfaatkan produksi panas (suhu antara 500-1000° C) untuk mendukung proses industri, misalnya smelter, likuifaksi batubara, gasifikasi batubara, produksi hidrogen, desalinasi dan lain-lainnya. PLTN ini dapat diaplikasikan di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan pulau-pulau lain yang kaya sumber daya mineral.

scale (1000 MW) and small-medium reactor (100 MW) in 2050.

3.2.3. Projection of Nuclear Energy Capacity

The capacity of nuclear powerplant in each region are varied depending on the condition of electricity system in the area. Generally, new added capacity is not more than 10% of total capacity in the electricity system. For Jamali and Sumatera system, large scale nuclear powerplant (1000 MWe) and small-medium reactors have been chosen to supply the electricity demand in regions with low demand such as Kalimantan and other Islands.

Nuclear powerplant is projected to join the Jamali electricity system in 2027 with a capacity of 2000 MWe (2 x 1000 MWe) and will increase to 12000 MWe (12 x 1000 MWe) in 2050. And for Sumatera electricity system, nuclear power plant will join in 2031 with a capacity of 2000 MWe and 8000 MWe in 2050. In the same year, nuclear powerplant will join the Kalimantan electricity system with a capacity of 100 MWe and will increase to 800 MWe in 2050. For others islands, nuclear will contribute in 2041 with a capacity of 35 MWe. Nuclear powerplant capacity in other islands is projected to reach 140 MWe in 2050.

In addition, HTGR (High Temperature Gas Cooled Reactor), a small-medium reactor that can produce electricity and heat (temperature about 500 -1000 ° C), is expected to support industries such as: smelter, coal liquification, coal gasification, hydrogen production, desalination, and others. This kind of nuclear power plant can be implemented in Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, and others islands with rich mineral resources.

Tabel 3.2. Proyeksi Kapasitas Listrik dari PLTN (MWe)
 Table 3.2. Projection of Nuclear Powerplant Capacity (MWe)

TAHUN / YEAR	JAWA-MADURA- BALI	SUMATERA	KALIMANTAN	PULAU LAINNYA / OTHERS
2013	0	0	0	0
2014	0	0	0	0
2015	0	0	0	0
2016	0	0	0	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0
2022	0	0	0	0
2023	0	0	0	0
2024	0	0	0	0
2025	0	0	0	0
2026	0	0	0	0
2027	2.000	0	0	0
2028	2.000	0	0	0
2029	2.000	0	0	0
2030	2.000	0	0	0
2031	2.000	2.000	100	0
2032	2.000	2.000	100	0
2033	2.000	2.000	100	0
2034	2.000	2.000	100	0
2035	2.000	2.000	200	0
2036	4.000	2.000	200	0
2037	4.000	2.000	200	0
2038	4.000	2.000	200	0
2039	4.000	2.000	200	0
2040	4.000	4.000	200	0
2041	6.000	4.000	400	35
2042	6.000	4.000	400	35
2043	6.000	4.000	400	35
2044	6.000	4.000	400	35
2045	6.000	6.000	400	35
2046	8.000	6.000	600	70
2047	10.000	8.000	600	70
2048	12.000	8.000	600	70
2049	12.000	8.000	600	140
2050	12.000	8.000	800	140

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

4

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

FAKTOR PENDORONG PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR

4.1. Kebutuhan Energi Yang Terus Meningkat

Kebutuhan energi semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan energi primer pada tahun 2010 sebesar 148 Setara Juta Ton Minyak (MTOE) dan kapasitas pembangkit listrik pada tahun 2010 sebesar 35 GW. Sebagai hasil proyeksi kebutuhan energi primer dan listrik tahun 2025 dan 2050 sesuai konsep Kebijakan Energi Nasional (KEN), sebagai berikut:

- Kebutuhan energi primer tahun 2025 mencapai sekitar 400 MTOE dan tahun 2050 sekitar 1000 MTOE.
- Kapasitas pembangkit listrik pada tahun 2025 menjadi sekitar 120 Gwe dan tahun 2050 sekitar 500 Gwe.

4.2. Keberhasilan Negara Pembangun PLTN

Menurut IAEA, pada April 2014 terdapat 435 unit PLTN yang dioperasikan oleh 31 negara (termasuk Taiwan), dengan total kapasitas netto terpasang sebesar 372.751 MW. Lima Negara paling banyak mempunyai PLTN yaitu Amerika Serikat berada pada urutan teratas dengan 100 unit PLTN, disusul Perancis dengan 58 unit, Jepang mempunyai 48 unit (saat ini baru 2 unit yang beroperasi karena pemeriksaan keselamatan pasca kecelakaan Fukushima), Rusia diposisi keempat dengan 33 unit serta Korea diposisi kelima dengan 23 unit (Gambar 4.1).

Seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1, PLTN paling banyak beroperasi di wilayah Eropa dengan total 185 unit, Amerika Latin dan Utara sebesar 125 unit, dan Asia 123 unit. Jumlah PLTN di Asia sudah hampir menyamai jumlah di Amerika. Hanya ada 2 PLTN yang beroperasi di benua Afrika.

DRIVING FACTORS FOR NUCLEAR ENERGY UTILIZATION

4.1. Increasing Energy Demand

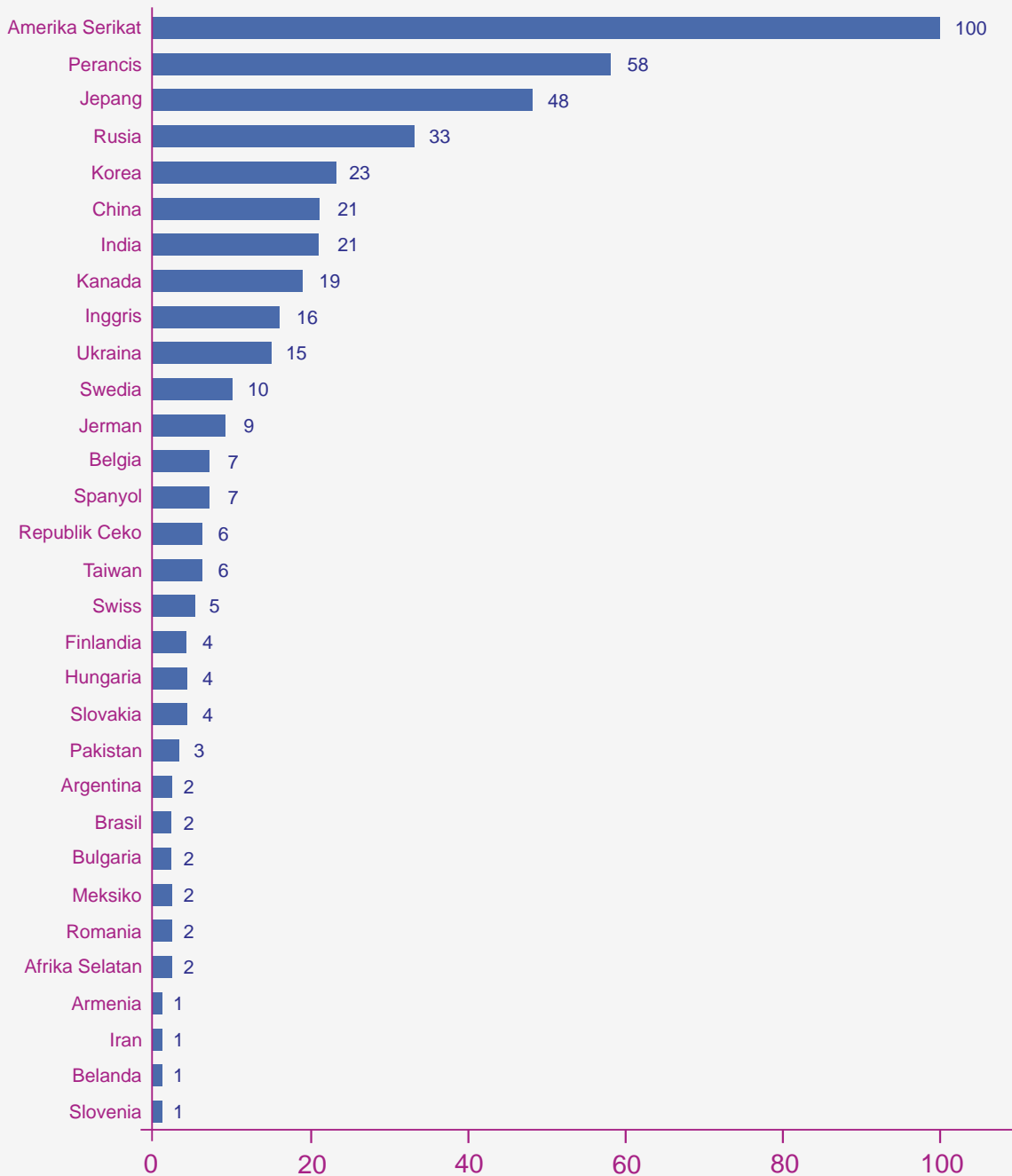
Energy requirement is increasing in line with population growth and economic growth. Primary energy demand in 2010 amounted to 148 MTOE and power generation capacity in 2010 amounted to 35 GW. The result of primary energy needs projection and electricity needs in 2025 and 2050 according to the concept of the National Energy Policy (KEN) are as follows:

- *The need for primary energy will reach approximately 400 MTOE in 2025 and about 1000 MTOE in 2050.*
- *Power plant capacity in 2025 is around 120 GWe and in 2050 it is about 500 Gwe.*

4.2. Keberhasilan Negara Pembangun PLTN

According to IAEA, in April 2014 there were 435 units of Nuclear Power Plants (NPPs) operated by 31 countries in the world (including Taiwan), with a total net installed capacity of 372,751 MW. Five countries with the largest number of nuclear power plants are: the United States of America (USA) with 100 units, followed by France with 58 units, Japan with 48 units of NPP (currently only 2 units in operation due to safety checks, after Fukushima accident), Russia with 33 units and Republic of Korea with 23 units (Figure 4.1).

As shown in Table 4.1, Europe is a region with the largest number of NPP in operation with a total of 185 units, Latin America and North America with 125 units, and then Asia with 123 units. The number of NPP in Asia is almost equal to that of the USA. There are only two units of NPP that operate in Africa.



Gambar 4.1. Jumlah PLTN Beroperasi
 Figure 4.1. Number of Operating NPP
 Sumber / Source: IAEA, 2014

Wilayah / Region	Jumlah PLTN / Number of NPP	Pangsa / Share (%)	Kapasitas / Capacity (MW)
Afrika / Africa	2	0.46	1.860
Amerika / America	125	28.74	116.730
Asia	123	28.28	92.049
Eropa / Europe	185	42.53	162.112
Total	435	100	372.751

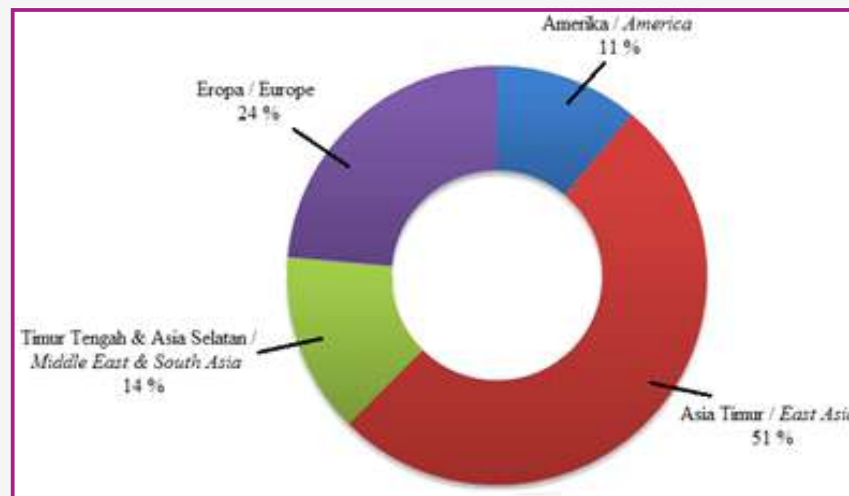
Tabel 4.1. Jumlah Reaktor Menurut Wilayah

Table 4.1. Number of Reactors (by Region)

Sumber / Source : IAEA, 2014

Saat ini tercatat 72 unit PLTN dibangun di seluruh dunia, 60 unit di antaranya bertipe PWR. Sebanyak 47 unit atau sekitar 65% jumlah PLTN dibangun di Asia, sedangkan untuk wilayah Asia Timur sendiri sekitar 51% (Gambar 4.2). Hal ini menunjukkan bahwa Asia menjadi pusat pertumbuhan pemanfaatan PLTN dalam upaya meningkatkan ekonomi.

Currently, there are 72 units of NPP being constructed around the world, 60 units of which are PWRs. 47 units or about 65% are located in Asia and about 51% is in East Asia (Figure 4.2). It shows that Asia is becoming the growth center of the NPP utilization in order to improve the economy.



Gambar 4.2. Jumlah PLTN yang Sedang Dibangun Di Dunia per Benua

Figure 4.2. The number of NPP under construction in the World (by Continent)

Sumber / Source : IAEA, 2014

Keberhasilan suatu negara yang memanfaatkan energi nuklir sebagai infrastruktur pengembangan dan pembangunan ekonominya dapat dilihat dalam korelasinya dengan peningkatan PDB. Korea dapat dijadikan contoh yang memberi gambaran lebih rinci mengenai dampak ekonomi dari pembangunan PLTN. Tabel 4.2. menunjukkan dampak PLTN terhadap ekonomi Korea Selatan.

The success of a country utilizing nuclear energy as infrastructure for development and economic development can be seen in its correlation with GDP increase. South Korea is an example that gives a more detailed description of the economic impact from NPP construction. Table 4.2 shows the impact of the NPP to the economy of South Korea.

Tahun / Year	PDB per kapita / GDP per capita (US \$)	Kapasitas Listrik Terpasang / Installed Electricity Capacity (MWe)	Jumlah PLTN / Number of NPP
1958	82	280	-
1964	150	600	-
1967	190	880	-
1968	220	1.080	-
1978	1.381	5.120	1 unit PLTN / 1 units of NPP
2008	20.045	71.990	20 unit PLTN / 20 units of NPP
2012	22.590	81.800	23 unit PLTN / 23 units of NPP

Tabel 4.2. Peningkatan PDB Korea Selatan terhadap Kapasitas Listrik Terpasang
Table 4.2. The Improvement of South Korea's GDP against Installed Electricity Capacity

4.3. Teknologi PLTN yang Semakin Maju

PLTN merupakan suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan reaktor nuklir untuk memproduksi listrik. Reaktor nuklir merupakan suatu tempat terjadinya reaksi nuklir fisi dari bahan bahan nuklir yang akan menghasilkan panas. Energi panas yang dihasilkan dalam reaktor nuklir ini selanjutnya akan dikonversikan menjadi energi mekanik untuk memproduksi energi listrik. Dengan mempertimbangkan peningkatan yang

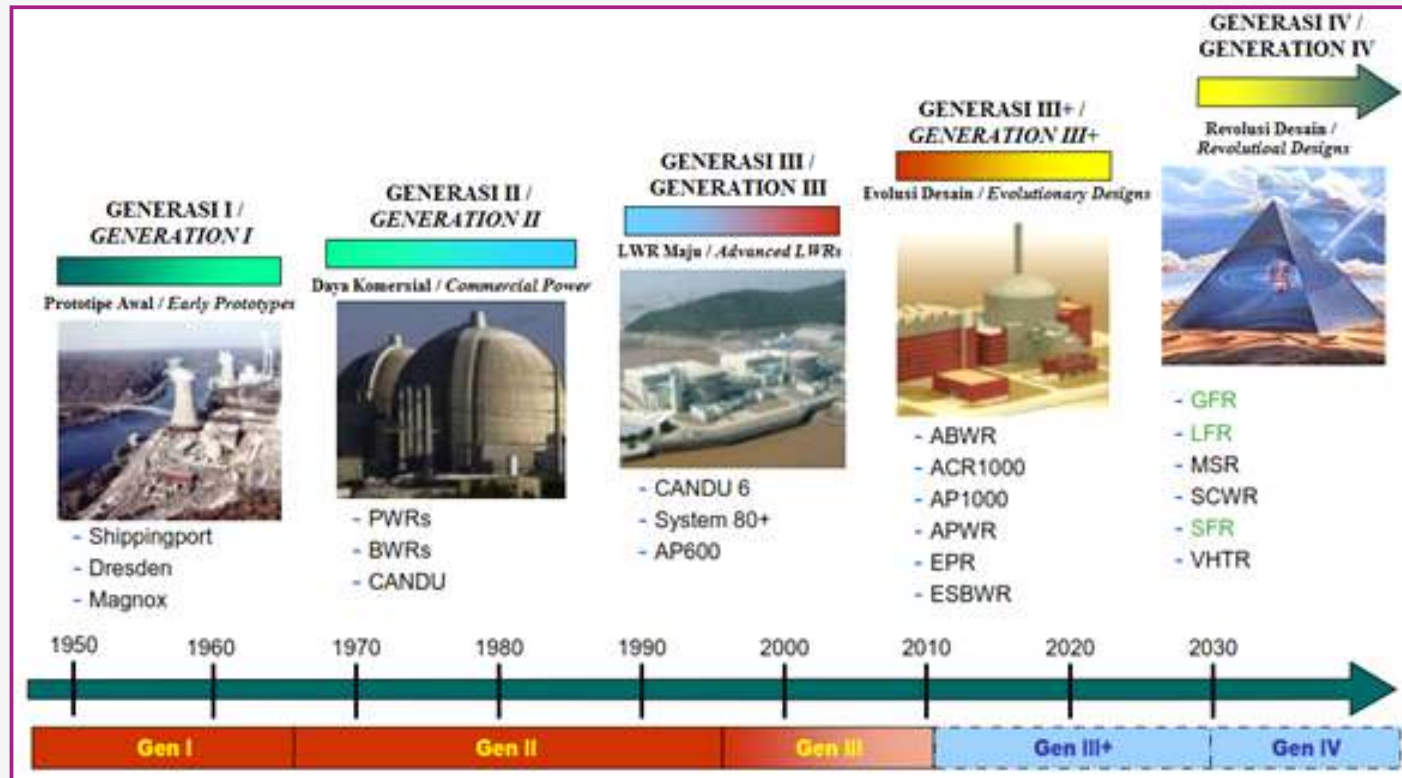
4.3. The NPP's Advanced Technology

Nuclear power plant is a power plant that utilizes a nuclear reactor to produce electricity. A nuclear reactor is a place where nuclear fission in nuclear fuel produces thermal energy. Thermal energy produced in a nuclear reactor will be further converted into mechanical energy to produce electrical energy.

Taking into account expected increase in energy needs in

diharapkan dalam pemenuhan kebutuhan energi di seluruh dunia dan peningkatan kesadaran tentang pemanasan global, isu perubahan iklim dan pembangunan berkelanjutan, energi nuklir akan dibutuhkan untuk memenuhi permintaan energi global di masa depan. Perkembangan teknologi PLTN dari awal hingga saat ini dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.

the world and rising awareness about global warming, climate change issue and sustainable development, nuclear energy will be required to satisfy global energy demand in the future. The development of NPP technology from the beginning to the present can be seen in Figure 4.3.



Gambar 4.3. Evolusi PLTN
Figure 4.3. Evolution of NPP

Pada gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa perkembangan teknologi PLTN dibagi menjadi 4 (empat) generasi, yaitu:

- Generasi I.
PLTN generasi pertama dikembangkan pada rentang waktu tahun 50-an hingga tahun 60-an. PLTN generasi

Figure 4.3 shows that the development of nuclear power technology is divided into 4 (four) generations:

- *Generation I.
The first generation of NPP was developed in the 50's to 60's period. This generation is an early*

pertama ini merupakan prototipe awal dari reaktor pembangkit daya yang bertujuan untuk membuktikan bahwa energi nuklir dapat dimanfaatkan dengan baik untuk tujuan damai. Contoh PLTN generasi pertama ini adalah Shippingport (tipe PWR), Dresden (tipe BWR), Fermi I (tipe FBR) dan Magnox (tipe GCR) dan lain-lain.

- Generasi II.
PLTN generasi kedua dikembangkan setelah tahun 70-an.. PLTN generasi II dijadikan sebagai reaktor daya komersial acuan dalam pembangunan PLTN hingga akhir tahun 90-an. Prototipe reaktor daya generasi II adalah PLTN tipe PWR, CANDU, BWR, AGR dan VVER. PLTN Fukushima yang mengalami kecelakaan akibat tsunami pada tahun 2011 adalah PLTN Generasi II.
- Generasi III.
PLTN generasi III adalah reaktor daya generasi lanjut (advanced) yang dikembangkan pada akhir tahun 1990. PLTN generasi ini mengalami perubahan desain evolusioner (perubahan yang tidak radikal) yang bertujuan untuk meningkatkan faktor keselamatan dan ekonomi PLTN. PLTN generasi III banyak dibangun negara-negara Asia Timur. Contoh dari PLTN generasi III adalah AP1000 (buatan Westinghouse), ABWR (yang dikembangkan oleh Westinghouse-Toshiba, GE-Hitachi), System80+ (Combustion Engineering), APR1400 (KHNP), dan lain-lain. Pengembangan PLTN generasi III terus berlanjut dan bersamaan dengan itu dilakukan perbaikan desain yang evolusioner untuk meningkatkan faktor ekonomi dan keselamatan dengan cukup signifikan.
- Generasi IV.
PLTN generasi IV adalah reaktor daya hasil pengembangan inovatif dari PLTN generasi sebelumnya. Kriteria seleksi adalah aspek ekonomi yang tinggi, tingkat keselamatan inherent, menghasilkan limbah dengan kuantitas yang sangat rendah (burn-up tinggi), dan relatif tidak rentan terhadap aturan NPT (Perjanjian untuk tidak menyebarkan senjata nuklir). Sebagian PLTN generasi IV (HTGR) dirancang tidak hanya berfungsi

prototype of the reactor power plant that aims to prove that nuclear energy can be utilized properly for peaceful purposes. Examples of the first generation are: Shippingport (PWR), Dresden (BWR), Fermi I (FBR) and Magnox (GCR) and etc.

- *Generation II.*
The second generation of NPP was developed after 70's. This generation can be used as a reference in a commercial power reactor NPP until the end of 90's. Examples of generation II reactors are PWR, CANDU, BWR, AGR and VVER. NPP of Fukushima accident that was caused by the tsunami in 2011 is the second generation of NPP.
- *Generation III.*
The third generation of NPP is the next-generation power reactors (advanced) which was developed in the late 1990's. This generation has accommodated evolutionary designs (changes that are not radical) which aims to increase safety factor and economics of NPP. A lot of third generation NPPs were built in East Asian countries. Examples of third generation NPPs are AP1000 (Westinghouse), ABWR (developed by Westinghouse-Toshiba, GE-Hitachi), System80 + (Combustion Engineering), APR1400 (KHNP), etc. The development of third generation NPP continues and will incorporate evolutionary design improvements to enhance the economic and safety factors significantly.
- *Generation IV.*
The fourth generation NPP is a power reactor that comes from innovative development of previous generation. Selection criteria are high economic aspects, level of inherent safety, low quantity of waste (high burn-up), and relatively not susceptible to the rules of the NPT (Treaty not to disseminate nuclear weapons). Most of fourth generation (HTGR)

sebagai pemasok listrik saja, tetapi dapat pula digunakan sebagai pemasok energi termal bagi proses industri. Yang termasuk dalam kategori ini antara lain: SVBR (Rusia), HTR-PM (Tiongkok), PFBR-500 (India), dan 4S (Jepang).

Tujuan sistem energi nuklir generasi IV dapat diklasifikasikan dalam empat aspek, yaitu: keberlanjutan, ekonomi, keselamatan dan kehandalan, serta pencegahan pemanfaatan senjata nuklir dan proteksi fisik. Tujuan aspek keberlanjutan terfokus pada pemanfaatan bahan bakar dan pengelolaan limbah. Tujuan aspek ekonomi terfokus terhadap biaya operasional pembangkit yang kompetitif, biaya produksi energi dan risiko keuangan. Tujuan aspek keselamatan dan kehandalan terfokus pada operasi yang aman dan handal, perbaikan pengelolaan kecelakaan dan minimalisasi konsekuensi, perlindungan investasi, dan pada dasarnya menghilangkan kebutuhan teknis untuk penanganan darurat di luar lokasi pembangkit (off-site). Tujuan aspek pencegahan pemanfaatan senjata nuklir dan proteksi fisik terfokus pada pengendalian dan pengamanan bahan nuklir dan fasilitas nuklir.

PLTN mengalami beberapa perkembangan yang sangat signifikan, terutama desain sehingga PLTN generasi berikutnya menjadi lebih andal, aman, ekonomis serta lebih mudah dioperasikan. Peningkatan keandalan dan keamanan diperoleh pada penyederhanaan sistem pipa primer, perbaikan mekanisme batang kendali dan optimasi pendinginan inti dalam keadaan darurat. Perbaikan kemudahan operasi dan pemeliharaan diupayakan dengan cara perbaikan sistem instrumentasi dan pengendalian. Penurunan biaya konstruksi dan operasi diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerja secara ekonomis. Peningkatan desain maju dan sistem keselamatan pasif saat ini telah memungkinkan standar keselamatan ditingkatkan dari 10^{-4} kemungkinan leleh teras (KLT) pertahun menjadi 10^{-6} KLT/tahun.

is designed not only to function as a power supply, but also can be used also as a thermal energy supply for industrial processes, such as: SVBR (Russia), HTR-PM (China), PFBR-500 (India), and 4S (Japan).

The purpose of nuclear energy systems generation IV can be classified in four aspects: sustainability; economics; safety and reliability; and prevention of the use of nuclear weapons and physical protection. The objective of sustainability aspect is focused on fuel utilization and waste management. The purpose of the economic aspect is focused on competitive generation operational costs, energy production cost and financial risks. The purpose of safety and reliability aspect are focused on safe and reliable operations, improvement of accident management and consequences minimization, investment protection, and basically to eliminate the technical needs for emergency treatment (off-site). The purpose of the prevention use nuclear weapons and physical protection aspect are focused on control and security of nuclear materials and nuclear facilities.

Nuclear Power Plant had experienced some significant development, so that the next generation of NPP becomes more reliable, safe, economic and easy to operate. Improvement of reliability and security are obtained from simplification of primary piping system, improvement of the control rod mechanism and optimization of core cooling in emergency. Improvement on operation and maintenance are achieved by improved instrumentation and control systems. The decline of construction and operation costs are expected to improve performance economically. Today, improvement of advanced design and passive safety systems have allowed to improved safety standards from 10^{-4} CDF/year to 10^{-6} CDF/year.

4.4. Ekonomi

Dari segi ekonomi, di beberapa negara ongkos pembangkitan listrik nuklir dari tahun ke tahun menunjukkan kecenderungan lebih rendah dari harga pokok penjualan listrik. Hal ini menunjukkan prospek yang menjanjikan sebagai salah satu pemasok listrik di Indonesia. Ongkos pembangkitan listrik nuklir telah memperhitungkan biaya eksternalitas meliputi: penyimpanan dan pengolahan limbah radioaktif serta dekomisioning.

Ongkos pembangkitan listrik nuklir sangat stabil tidak rentan terhadap fluktuasi harga bahan bakar uranium, karena secara porsi bahan bakar dalam biaya pembangkitan relatif kecil yaitu 11%, dengan porsi harga uraniumnya hanya 5%. Adapun biaya pembangkitan listrik dari PLT Batubara porsi biaya bahan bakarnya sebesar 40%, PLT Minyak sebesar 78% dan PLT Gas 69%. Pembangunan PLTN selain akan membantu mengamankan pasokan listrik nasional juga akan menjanjikan adanya efek tetesan air (trickle down effect). Hal ini dimungkinkan karena pembangunan PLTN yang berseri akan memberikan peluang industri nasional untuk berpartisipasi dan meningkatkan penguasaan teknologi terkait yang pada akhirnya akan dapat mendorong perkembangan industri nasional. Dengan meningkatnya partisipasi nasional akan mengurangi ketergantungan kepada pihak luar, sekaligus mengurangi porsi pendanaan luar negeri.

Perlu diketahui bahwa umur manfaat PLTN mencapai lebih dari 40 tahun (saat ini sebagian besar PLTN di Amerika Serikat sudah diperpanjang masa operasinya untuk mencapai 60 tahun), hal ini sangat menguntungkan secara ekonomi.

Dalam pengoperasian PLTN waktu yang diperlukan shutdown untuk perawatan dan pengisian bahan bakar cukup singkat dan periode operasi antara shutdown

4.4. Economy

Based on economic perspective, in some countries the cost of nuclear electricity generation from year to year showed a trend of lower cost than basic electricity tariff. This condition shows promising prospects for nuclear as an electricity supplier in Indonesia. The cost of nuclear power generation has included externality cost: storage and radioactive waste processing and decommissioning.

The cost of nuclear power generation is very stable, not susceptible to fluctuations of uranium fuel price, because the fuel portion of generation cost is relatively small at 11%, with a portion of the uranium price of only 5%. The electricity cost of coal power plant has fuel portion amounted to 40%, oil power plant amounted to 78% and gas power plant amounted to 69%. Development of NPP, in addition to help securing national electricity supply, will also promise a trickledown effect. This is possible because sequential construction of NPP will provide national industry the opportunities to participate and improve their understanding of related technologies that will encourage the development of national industry. This will reduce dependence on foreign parties and reduce the portion of foreign funding.

It is understood that the operational life of NPP accounts for more than 40 years (currently most of the NPPs in the USA have already extended their operation periods to 60 years). Economically, it is the most advantageous.

The time required to shutdown an NPP for maintenance and refueling is short enough and operation period between shutdown is long enough (for Generation III it is about 18 months, and for new generation of specific SMR it is about 10 years), so NPP is very appropriate to

cukup panjang (Gen III sekitar 18 bulan, untuk generasi baru SMR tertentu bisa 10 tahun), sehingga PLTN sangat tepat untuk dimanfaatkan sebagai pemikul beban dasar (base load). Fator kapasitas PLTN cukup tinggi biasanya mencapai lebih dari 85%, hal ini sangat menguntungkan dari aspek keekonomiannya.

PT PLN (Persero) telah melakukan studi keekonomian dan perencanaan energi serta kelistrikan. Hasil studi menunjukkan untuk PLTN berdaya 1.000 MW ongkos pembangkitan listrik per kWh di kisaran 6 sen USD sudah termasuk biaya jaringan listrik. Bila mempertimbangkan faktor risiko kecelakaan, maka akan ada kenaikan biaya sekitar 0,16 sen USD/kWh. Sementara itu jika mempertimbangkan adanya inflasi untuk biaya O&M dan bahan bakar, maka kemungkinan ada kenaikan biaya pembangkitan sekitar 0,43 senUSD/kWh. Jika dibandingkan dengan pembangkit non-nuklir, maka PLTN kompetitif.

4.5. Permintaan Pemerintah Daerah

Beberapa pemerintah daerah telah mengajukan diri untuk menjadi pioner dalam pembangunan PLTN.

- **Bangka Belitung**
Bangka Belitung merupakan daerah yang dari awal meminta kepada pemerintah pusat untuk dilakukan kelayakan pembangunan PLTN di Bangka. Permintaan ini ditindak lanjuti dengan dilaksanakan kegiatan Pra-Studi Kelayakan dan Studi Kelayakan (Feasibility Study/FS) secara komprehensif (studi tapak dan non tapak) mulai tahun 2010 dan selesai pada akhir tahun 2013. Hasil studi menunjukkan bahwa PLTN layak dibangun di P. Bangka, dan diharapkan pemerintah dapat segera menindaklanjuti. Ada 2 calon tapak PLTN yang siap untuk dibangun, yaitu di Kabupaten Bangka Barat dan Kabupaten Bangka Selatan.

be used as a base load. Capacity factor of NPP is high, reaching more than 85%. It is very advantageous from economical aspect.

PT. PLN has performed an economic, energy planning and electricity study. The study shows that a 1,000 MW NPP has electricity generation costs per kWh of around 6 cents USD including the cost of the electricity grid. When considering the risk of accidents, there will be increasing cost of around 0.16 cents USD/kWh. Meanwhile if we consider inflation to the cost of O&M and fuel, there will be increase in generation cost of around 0.43 cents USD/kWh. When compared with conventional power plant, the nuclear power plants is competitive.

4.5. Requests from Local Governments

There are some local governments who have volunteered as pioneers for NPP construction.

- **Bangka Belitung**
Bangka Belitung is the first local government requesting the national government to perform NPP feasibility study. This request was followed up with Pre-Feasibility Study and comprehensive Feasibility Study (site and non-site aspects) started in 2010 and completed by the end of 2013. The study shows that NPP is feasible to be built on Bangka island and follow-up by the national government is expected. There are two candidate sites ready for construction. They are in West Bangka and South Bangka.
- **West Kalimantan**
The government of West Kalimantan had also asked the national government to do an NPP feasibility study. West Kalimantan province's Request had

- Kalimantan Barat
Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat (Pemprov Kalbar) juga telah meminta pemerintah pusat untuk dilakukan studi kelayakan PLTN. Permintaan Pemprov Kalbar ini ditindak lanjuti dengan kerjasama dengan BATAN yang tertuang dalam surat perjanjian Nomor 04261/KS 00 01/V/2013, 10/PK-BAPPEDA/2013 tentang "Pemanfaatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir Untuk Kesejahteraan Masyarakat Provinsi Kalimantan Barat". Kegiatan kerjasama berupa penyusunan rencana kegiatan pemanfaatan energi nuklir, studi pemanfaatan energi nuklir, sosialisasi dan edukasi tentang sistem energi nuklir dan pemanfaatan fasilitas penelitian kedua belah pihak.

Pada tahun 2013 telah dilaksanakan Studi Non-Tapak PLTN SMR yang terwujud berkat kerjasama yang baik antara anggota Tim Studi yang terdiri dari BATAN (Pusat Pengembangan Energi Nuklir, PPEN dan Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir, PTRKN) dan Pihak Pemprov Kalbar (Bappeda, Distamben, PLN Wilayah Kalimantan Barat, Universitas Tanjungpura dan dinas terkait lainnya). Hasil studi sementara menunjukkan bahwa PLTN layak untuk dikembangkan di Kalbar. Studi Pra-kelayakan non-tapak ditindaklanjuti dengan studi tapak guna mendapatkan tapak terpilih yang aman.

- Kalimantan Timur
Berdasarkan surat Gubernur se-Kalimantan No. 050/02/IV/ SEKBERKAL tanggal 21 Nopember 2005 yang ditujukan kepada Presiden Republik Indonesia, salah satu prioritas pembangunan Provinsi Kalimantan dalam bidang Perekonomian dan Sumber Daya Alam adalah "percepatan penyelesaian pembangunan jaringan listrik sistem interkoneksi Kalimantan dengan mempergunakan sumber daya energi yang tersedia dan dalam jangka panjang perlu dilakukan pra studi kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) oleh Badan Tenaga Atom Nasional."

been followed up by a collaboration with BATAN (Letter of Agreement 04261/KS No. 00 01/V/2013, 10/PK-BAPPEDA/2013 on "Utilization of Science and Nuclear Technology for Community Welfare in West Kalimantan Province"). Cooperation activities such as planning of nuclear energy utilization, nuclear energy utilization studies, socialization and education about nuclear energy systems and the utilization of research facilities are performed by both parties.

In 2013, a non-site study has been done for SMR involving cooperation among members of the study team consisting of BATAN (Center for Nuclear Energy Development and Center for Reactor Technology and Nuclear Safety) and the government of West Kalimantan province (Bappeda, Distamben, PLN Region West Kalimantan, Tanjungpura University and other related agencies). The results of the study showed that it is feasible to develop NPP in West Kalimantan. The non-site pre-feasibility study will be followed by a site study in order to obtain a secure site.

- East Kalimantan
Kalimantan Governors' letter No. 050/02/IV/SEKBERKAL dated November 21st 2005 addressed to the President of the Republic Indonesia stated that the development priority in Kalimantan are economic sector and natural resources by "acceleration of the development of Kalimantan electricity grid interconnection system by using available energy resources and in the long-term a pre-feasibility study of NPP need to be performed by BATAN"

That letter was followed up with studies or initial research about the utilization of nuclear power generation in Kalimantan, especially in East

Surat tersebut ditindaklanjuti dengan studi atau penelitian awal pemanfaatan nuklir untuk pembangkitan listrik di Kalimantan, khususnya Kalimantan Timur. Hasil studi menunjukkan bahwa secara ekonomi PLTN skala kecil dalam sistem jaringan Mahakam dapat bersaing dengan pembangkit lain dan dapat berdampingan memasok listrik ke dalam jaringan. Pra-survei tapak juga telah dilakukan dan telah diperoleh beberapa daerah potensial untuk tapak PLTN.

Kalimantan. The study shows that in economic terms, a small scale nuclear power in the Mahakam grid system can compete with other plants and can supply power to the grid. Pre-site survey has also been conducted and has obtained several potential areas for NPP sites.

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

5

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

ASPEK KESELAMATAN, BAHAN BAKAR DAN PENGELOLAAN LIMBAH NUKLIR SERTA PENERIMAAN MASYARAKAT

5.1. Keselamatan PLTN

Ketakutan masyarakat awam terhadap pemanfaatan energi nuklir mempunyai berbagai alasan terutama kekhawatiran terhadap bahaya radiasi pengion (hasil Jajak Pendapat). Pada prinsipnya setiap pembangunan reaktor nuklir (PLTN) wajib mempertimbangkan keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan melalui peningkatan standar pengamanan dan keselamatan, sesuai dengan prinsip *defense in depth*, sehingga zat radioaktif yang dihasilkan reaktor nuklir dijamin tidak terlepas ke lingkungan baik selama operasi normal maupun jika terjadi kecelakaan.

Tujuan keselamatan umum PLTN ini memiliki 2 (dua) aspek, yakni proteksi radiasi dan keselamatan teknis. Tujuan proteksi radiasi adalah menjamin paparan radiasi sesuai ALARA dan di bawah dosis yang ditetapkan (setiap kondisi operasi dalam instalasi dan lepasan zat radioaktif yang terantisipasi dari instalasi) dan menjamin mitigasi konsekuensi radiologis untuk setiap kecelakaan. Tujuan keselamatan teknis adalah mencegah kecelakaan dan memitigasi konsekuensi, memastikan dengan kepercayaan tinggi semua kemungkinan kecelakaan telah dipertimbangkan dalam desain serta memberikan risiko serendah-rendahnya dan memastikan bahwa kecelakaan dengan konsekuensi radiologi serius mempunyai probabilitas sangat kecil.

Desain keselamatan suatu PLTN menganut falsafah pertahanan berlapis (*defence in depth*). Pertahanan berlapis adalah merupakan penerapan hierarkis berbagai lapisan peralatan dan prosedur untuk menjaga efektivitas penghalang fisik yang ditempatkan di antara bahan radioaktif dan pekerja, masyarakat atau

NUCLEAR SAFETY, FUEL AND WASTE MANAGEMENT, AND PUBLIC ACCEPTANCE ASPECTS

5.1. NPP Safety

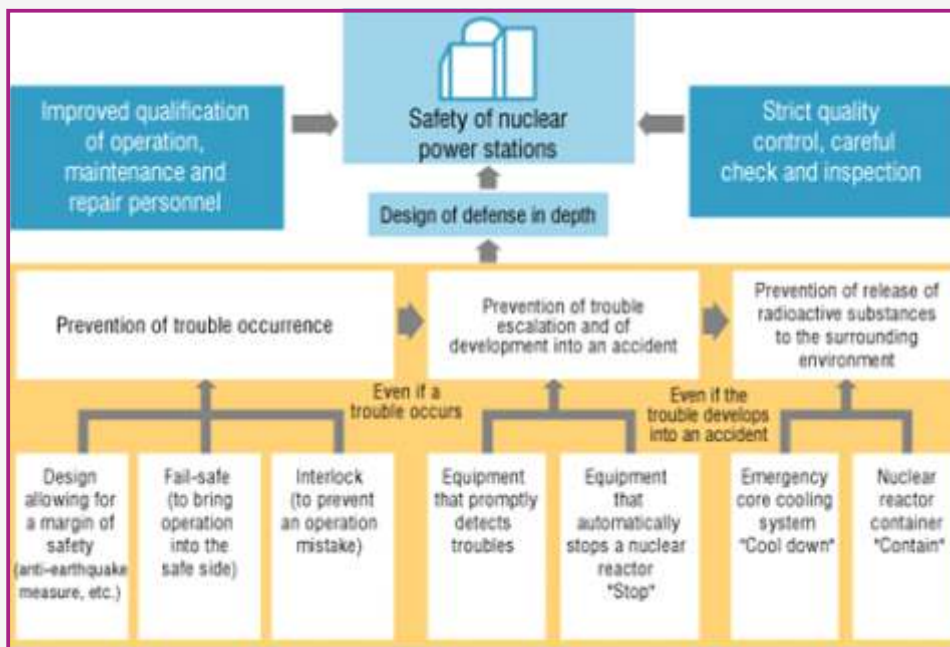
Fears of ordinary people to the use of nuclear energy has a variety of reasons, especially concerns over the dangers of ionizing radiation (Result of Polling). In principle, any development of nuclear power plant (NPP) must consider the safety of workers, society and the environment through increased level of security and safety standards, in accordance with the principle of defense in depth, to guarantee that radioactive substance produced by nuclear reactor would not be released into the environment either during normal operation or in the case of accident.

The purpose of this general safety objective of nuclear power plants has two (2) aspects, namely radiation protection and technical safety. The aim of radiation protection is to ensure that radiation exposure is ALARA and below the specified dose (each operating condition in the installation and releases of radioactive substances anticipated from the plant) and ensure mitigation of the radiological consequences of any accident. The objective of technical safety is to prevent the occurrence of accidents and mitigate the consequences of accidents, ensure with high confidence that all possible accidents have been considered in the design and provide the lowest possible risk and ensure that accidents with serious radiological consequences have a very small probability.

Safety design of nuclear power plant embraces a philosophy of layered defense (defense in depth). Defense

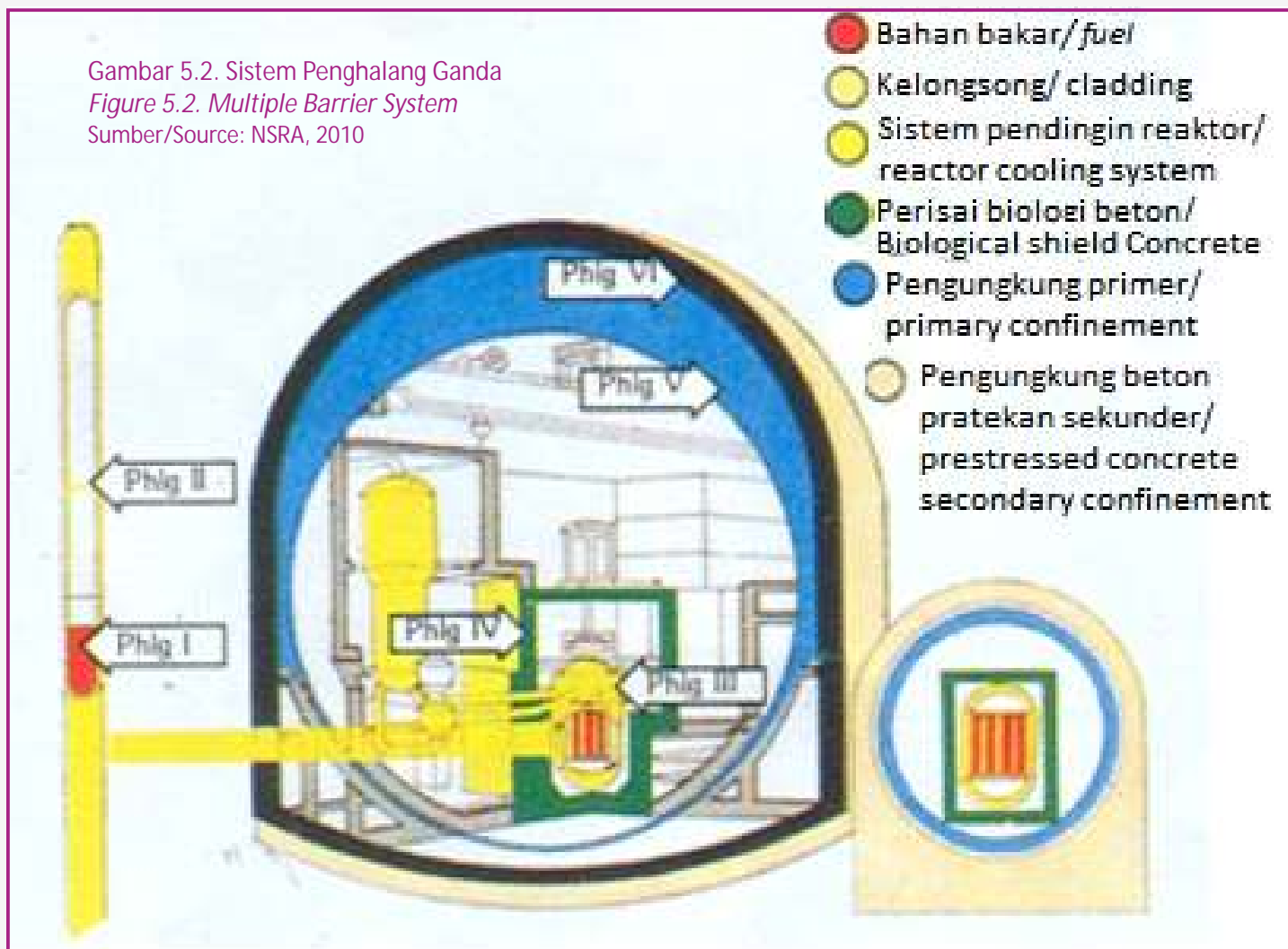
lingkungan, baik untuk normal maupun kondisi kecelakaan, terantisipasi, dan untuk beberapa penghalang, dalam kecelakaan-kecelakaan di dalam instalasi. Pertahanan berlapis diimplementasikan melalui desain dan operasi untuk memberikan proteksi yang sesuai terhadap berbagai macam transien, insiden dan kecelakaan, termasuk kegagalan peralatan dan kesalahan manusia di dalam instalasi serta kejadian-kejadian yang berasal dari luar instalasi. Gambar 5.1 menjelaskan bahwa pertahanan berlapis ini meliputi: lapisan keselamatan pertama, PLTN dirancang, dibangun dan dioperasikan sesuai dengan ketentuan yang sangat ketat, mutu yang tinggi dan teknologi mutakhir; lapis keselamatan kedua, PLTN dilengkapi dengan sistem pengaman/keselamatan yang digunakan untuk mencegah dan mengatasi akibat-akibat dari kecelakaan yang mungkin dapat terjadi selama umur PLTN dan lapis keselamatan ketiga, PLTN dilengkapi dengan sistem pengamanan tambahan, untuk mengantisipasi kejadian yang diperkirakan dapat terjadi dalam suatu PLTN.

in depth is a hierarchical application of various layers of equipment and procedures to maintain the effectiveness of physical barriers placed between radioactive materials and workers, society and the environment, both for normal and accident conditions, anticipated, and for some of the barrier, in accidents in the installation. Defense in depth is implemented through the design and operation to provide appropriate protection against a wide range of transients, incidents and accidents, including equipment failure and human error in the installation as well as events that originate from outside the installation. Figure 5.1 explains that this layered defense include: first safety layer, nuclear power plants are designed, constructed and operated in accordance with a very tight terms, high quality and cutting-edge technology; The second layer of safety, nuclear power plants are equipped with a safety/security system used to prevent and overcome the consequences of the accident that may occur during the life of the nuclear power plant; and the third layer of safety, NPP is equipped with additional security systems, to anticipate events that are expected to occur in a nuclear power plant.



Gambar 5.1. Pertahanan Berlapis
Figure 5.1. Defense in Depth
Sumber/Source : NSRA, 2010

Gambar 5.2. Sistem Penghalang Ganda
 Figure 5.2. Multiple Barrier System
 Sumber/Source: NSRA, 2010



PLTN juga mempunyai sistem pengaman yang ketat dan berlapis-lapis, sehingga kemungkinan terjadi kecelakaan maupun akibat yang ditimbulkannya sangat kecil. Sebagai contoh, zat radioaktif yang dihasilkan selama reaksi pembelahan inti uranium sebagian besar (> 99%) akan tetap tersimpan di dalam matriks bahan bakar, yang berfungsi sebagai penghalang pertama. Sistem ini biasanya terdiri atas beberapa penghalang (multiple barriers) seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2.

NPP also has strict and multi-layered security systems, so the probability of an accident and its effects are very small. For example, majority of radioactive substances generated during the fission reaction of uranium nuclei (> 99%) will remain stored in the fuel matrix, which serves as the first barrier. This system typically consist of multiple barriers as shown in Figure 5.2.



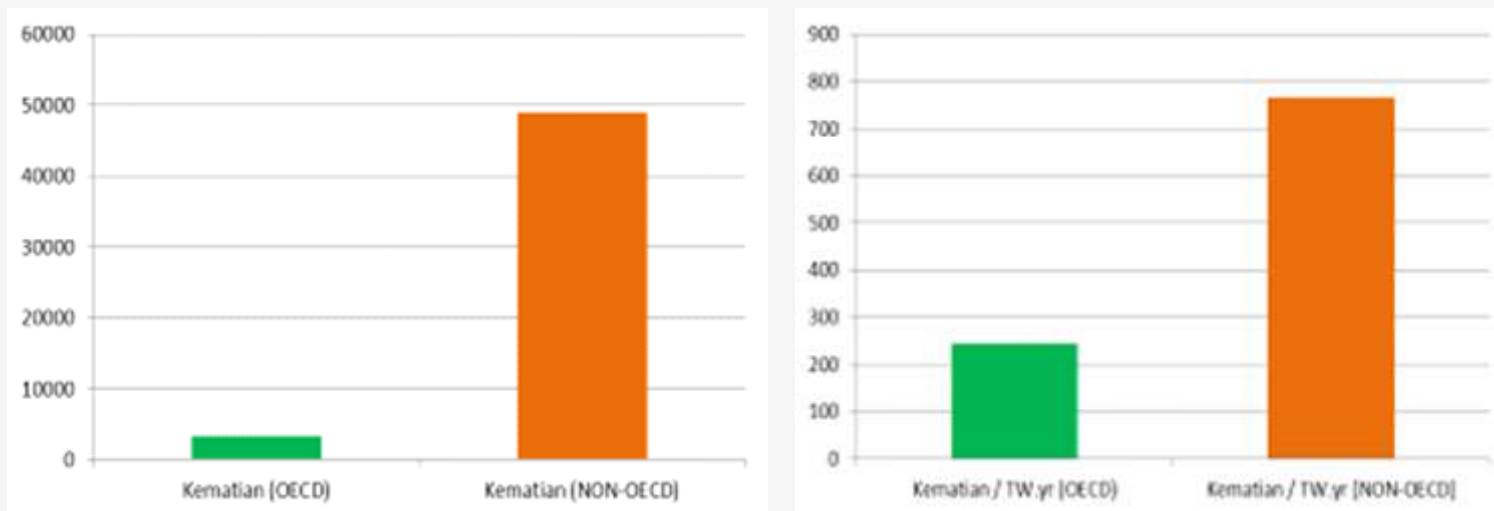
Gambar 5.3. Level Kecelakaan Nuklir (International Nuclear Event Scale / INES)
 Figure 5.3. International Nuclear Event Scale/ INES

Khusus mengenai kecelakaan nuklir, dikenal adanya beberapa tingkat (level) kecelakaan. International Nuclear Event Scale (INES) merupakan ukuran standar internasional tingkat kecelakaan fasilitas nuklir yang diintroduksi oleh International Atomic Energy Agency (IAEA). IAEA telah merumuskan INES yang terdiri atas tujuh tingkat ukuran kecelakaan. Tolok ukur itu kini telah menjadi acuan semua negara anggota IAEA dan OECD.

Gambar 5.4 dan Tabel 5.1 menunjukkan bahwa sistem keselamatan nuklir jauh lebih aman dibandingkan dengan sumber energi yang lainnya. Satuan "One TW.yr" adalah jumlah kebutuhan listrik yang digunakan selama lima bulan.

Particular to nuclear accident, there are some recognized levels of accident. International Nuclear Event Scale (INES) is an international standard for nuclear facility accident rates introduced by the International Atomic Energy Agency (IAEA). IAEA has formulated INES consisting of seven levels of accidents. Currently, the benchmark has become a reference for all members of the IAEA and OECD countries.

Figure 5.4 and Table 5.1 show that nuclear safety system is much higher than other energy sources. The "One TW.yr" unit is the required amount of electricity used during five months.



Gambar 5.4. Perbandingan Jumlah Kematian pada Penggunaan Energi Kelistrikan
 Figure 5.4. Comparison of Mortality Number on Electricity Energy Utilization
 Sumber/Source: Paul Scherrer Institut, OECD (2010)

Tabel 5.1. Statistik Jumlah Kematian pada Penggunaan Energi Listrik (1969-2000)
 Table 5.1. Statistic of Mortality Number on Electricity Energy Utilization (1969-2000)

Sumber Energi / Energy Resources	OECD		NON-OECD	
	Kematian/ Death	Kematian / TW.yr (Death / TW.yr)	Kematian/ Death	Kematian / TW.yr (Death / TW.yr)
Batubara / Coal	2259	157	18000	597
Gas Alam / Natural Gas	1043	85	1000	111
Air / Hydro	14	3	30000	10285
Nuklir / Nuclear	0	0	31	48

5.2. Bahan Bakar Nuklir

Bahan bakar nuklir merupakan konsumsi utama suatu PLTN untuk dapat beroperasi menghasilkan energi listrik selama waktu hidupnya (lifetime). Jenis bahan bakar yang selama ini digunakan oleh PLTN fisi adalah Uranium-235 (U235) dalam bentuk pelet UO₂ dengan pengayaan 2 – 5 %. Uranium merupakan sejenis logam yang terdapat di alam (dengan kandungan U235 0,7 % dan U238 99,3%), ditemukan dalam batuan dan air laut. Sebelum digunakan di PLTN, uranium tersebut harus melalui serangkaian proses, antara lain pemurnian, pengayaan dan fabrikasi menjadi bahan bakar sesuai dengan spesifikasi dari PLTN tsb. Selain itu, beberapa negara juga memanfaatkan sumber sekunder berupa bahan bakar bekas melalui proses daur ulang dan bahkan ada negara yang melakukan konversi U235 dari hulu ledak senjata nuklir (war-head) menjadi bahan bakar PLTN.

Untuk kepentingan keberlanjutan pasokan bahan bakar nuklir, thorium juga dapat dipertimbangkan sebagai bahan bakar nuklir alternatif selain uranium. Thorium berada di alam dalam bentuk isotop tunggal Th-232 merupakan bahan fertil yang apabila menyerap neutron akan menjadi bahan fisiil U-233 yang dalam reaktor nuklir dapat menghasilkan reaksi fisi berantai.

Indonesia juga memiliki potensi kedua sumber daya bahan bakar nuklir tersebut sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.2. Total cadangan uranium di Indonesia tercatat sebesar 63.000 ton U₃O₈ atau ekuivalen untuk mengoperasikan ±7 PLTN berdaya 1.000 MWe (umur operasi 40 tahun), sedangkan total cadangan thorium di Indonesia tercatat sebesar 121.500 ton atau ekuivalen untuk mengoperasikan ±150 PLTN berdaya 1.000 MWe.

5.2. Nuclear Fuel

Nuclear fuel is a major consumption for nuclear power plants to operate and generate electricity during its lifetime. Fuel type that has been used by fission nuclear power plant is Uranium-235 (U235) in the form of UO₂ pellets with enrichment of 2-5%. Uranium is a kind of metal that exist in nature (with a content of 0.7% U235 and 99.3% U238), found in rocks and seawater. Before being used in nuclear power plants, uranium must go through a series of processes, including purification, enrichment and fabrication to become fuel in accordance with the specification of the NPP. In addition, some countries also utilize secondary sources in the form of spent fuel through a recycling process and there are even countries that do conversions of U235 nuclear warhead into nuclear fuel.

On behalf of sustainability of nuclear fuel supply, thorium can also be considered as an alternative nuclear fuel other than uranium. Thorium which exist in nature in the form of a single isotope Th-232 is a fertile material that when absorbs neutrons becomes U-233 fissile material that can produce a fission chain reaction in a nuclear reactor.

Indonesia also has both of the nuclear fuel resources potential such as can be seen in Table 5.2. Indonesia's total uranium reserves is recorded at 63,000 tonnes U₃O₈ or equivalent to operate ± 7 1,000 MWe NPPs (about 40 years lifetime), while the total of thorium reserves in Indonesia is amounted to 121,500 tonnes or equivalent to operate ± 150 1,000 MWe NPPs .

Tabel 5.2. Data Potensi Sumberdaya Nuklir di Indonesia
Table 5.2. Data on Nuclear Resource Potentials in Indonesia

Jenis Sumberdaya / Resources Type	Jenis Cadangan / Reserve Type		Total
	Spekulatif / Speculative	Hipotetik / Hypothetical	
Uranium	59200 ton U ₃ O ₈	3800 ton U ₃ O ₈	63000 ton U ₃ O ₈
Thorium	1500 ton	120000 ton	121500 ton

Sebaran dari kedua sumberdaya Bahan bakar nuklir tersebut di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Sebagaimana diketahui cadangan Uranium dunia pada tahun 2011 adalah sebesar 5.327.200 ton. Adapun konsumsi Uranium saat ini adalah sekitar 68.000 ton/tahun. Jika konsumsinya diasumsikan konstan, dan hanya digunakan dalam reaktor konvensional, maka diprediksikan cadangan Uranium dunia akan bertahan selama sekitar 80 tahun. Menurut Nuclear Energy Agency (NEA), selain cadangan Uranium yang teridentifikasi terdapat juga cadangan tambahan yang belum ditemukan (undiscovered) yaitu sebesar 10,5 juta metrik ton. Sehingga total cadangan uranium dunia tercatat sebesar 15,8 juta ton. Jika tingkat konsumsi diasumsikan konstan, maka jumlah ini diperkirakan akan cukup untuk memasok PLTN sampai sekitar 230 tahun.

Untuk mewujudkan keamanan pasokan bahan bakar, jaminan layanan pengayaan Uranium harus ditetapkan melalui komitmen bersama oleh perusahaan pengayaan uranium yang ada ("enrichers") dalam mekanisme yang didukung oleh IAEA dan ditetapkan melalui perjanjian multilateral.

Distribution of both the nuclear fuel resources in Indonesia can be seen in Figure 5.5.

The world uranium reserves in 2011 was amounted to 5,327 million tons. The current uranium consumption is approximately 68,000 tonnes /year. If consumption is assumed to be constant, and used only in conventional reactors, it is predicted that world uranium reserves will survive for about 80 years. According to the Nuclear Energy Agency (NEA), in addition to identified uranium reserves there are also additional undiscovered reserves in the amount of 10.5 million metric tons. So the total of world uranium reserves is recorded at 15.8 million tonnes. If the consumption rate is assumed constant, then the number is expected to be sufficient to supply nuclear power plants until about 230 years.

To realize the fuel supply security, a reinforced guarantee of supply for enrichment services should be established through a joint commitment by existing uranium enrichment companies ("enrichers") in a mechanism that is supported by the IAEA and established through multilateral agreements.



Keterangan:

- Daerah Sumberdaya Spekulatif (DSS) adalah daerah terpilih sebagai daerah sumberdaya berdasarkan pada hasil ekstrapolasi bahan pustaka.
- Daerah Sumberdaya Berindikasi (DSB) adalah DSS yang dilengkapi dengan sintesis geologi dari hasil penyelidikan lapangan yang menunjukkan tanda-tanda positif berupa adanya anomali radiometri/geokimia atau gejala mineralisasi, yang belum atau sudah dilengkapi dengan pengetahuan mineralisasinya.
- Daerah Sumberdaya Potensial (DSP) adalah DSB yang sudah dilengkapi dengan pengetahuan sebaran mineralisasi permukaan dan atau bawah permukaan; lebih lanjut dapat sampai ke pengetahuan estimasi cadangan.

Description:

- Speculative Resource Region (SRR) are selected area as the resource regional based on the extrapolation of literature material
- Indicated Resource Region (IRR) is the SRR equipped with geological synthesis of the field investigation results that shows positive signs such as the presence of anomalous radiometric/geochemical or symptoms of mineralization, which has not or already been equipped with the mineralization knowledge.
- Potential Resource Region (PRR) is the IRR which is already equipped with the knowledge of the surface and or subsurface mineralization distribution; it can extend to the knowledge of reserve estimation.

Konsep jaminan pasokan yang diusulkan ini akan menjadi semacam *guarantee-in-depth* yang analog dengan konsep ketahanan berlapis (*defence-in-depth*) dalam keselamatan reaktor. Konsep *guarantee-in-depth* ini terdiri atas tiga level/lapis jaminan, yaitu:

- Level I: Keamanan pasokan dasar yang disediakan oleh pasar dunia yang ada .
- Level II : Jaminan kolektif oleh perusahaan pengayaan yang didukung oleh komitmen pemerintah dan IAEA .
- Level III : Keterlibatan saham Pemerintah pada perusahaan penghasil *Enriched Uranium Product* (EUP)

Jaminan level I dari pasar pengayaan bahan bakar nuklir yang ada, didasarkan pada catatan kinerja pasar SWU internasional. Jaminan level II disyaratkan jika terjadi gangguan pasokan komersial yang normal untuk alasan politik bilateral antara perusahaan pengayaan dan negara konsumen.

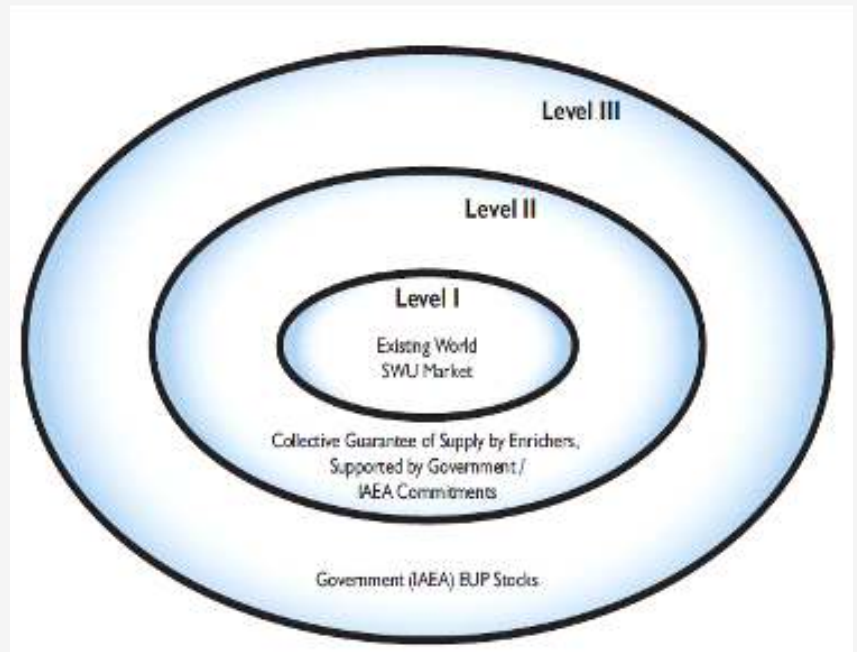
Sedangkan jaminan level III digunakan sebagai upaya terakhir dalam hal kejadian yang tidak diinginkan yaitu jika perusahaan pengayaan tidak bisa memenuhi komitmen pasokan cadangan mereka sebagaimana yang termaktub dalam level II. Pendekatan *guarantee-in-depth* ini dapat diilustrasikan pada Gambar 5.6.

This proposed supply assurance concept would be a guarantee-in-depth analogous to defence-in-depth in reactor safety. The concept of guarantee-in-depth is divided into three levels/ layers of assurance, namely:

- *Level I: Basic supply security provided by existing world market.*
- *Level II: Collective guarantees by enrichers supported by governmental and IAEA commitments*
- *Level III: Government stocks of enriched uranium product (EUP)*

The first level guarantee, from the existing world enrichment market, is based on the performance record of the international SWU market. The second level guarantee (level II) would be invoked in the event of a disruption of normal commercial supplies for bilateral political reasons between an enricher and a customer State.

While the level III would be used as a last resort in the unlikely event that enrichers could not meet their backup supply commitments as embodied in Level II. Guarantee-in-depth approach can be illustrated in Figure 5.6.



Gambar 5.6. Konsep Jaminan Pasokan BBN Berlapis
Figure 5.6. Concept of Guarantee-in-depth
 Sumber / Source : World Nuclear Association (WNA),
 August 2012, "Ensuring Security of Supply in the
 International Nuclear Fuel Cycle"

5.3. Pengelolaan Limbah Nuklir

Limbah radioaktif mempunyai sifat meluruh sesuai dengan waktu paronya dimana aktivitas limbah akan berkurang menjadi setengahnya setelah mencapai waktu paronya. Pengelolaan limbah radioaktif dapat dilakukan dengan peluruhan untuk limbah radioaktif umur pendek. Sedangkan pengelolaan limbah radioaktif yang lain dilakukan dengan : reduksi volume, pengolahan untuk mengubah menjadi bentuk stabil secara fisik maupun kimia yang disesuaikan dengan teknik transportasi dan penyimpanannya, selanjutnya limbah radioaktif ini dipindahkan ke tempat yang terisolasi dari lingkungan hidup.

Sesuai dengan PP 61 tahun 2013 limbah radioaktif yang timbul dari operasi PLTN di klasifikasikan menjadi tiga, yaitu limbah radioaktif tingkat rendah, limbah radioaktif tingkat sedang dan limbah radioaktif tingkat tinggi. Sebagai gambaran, PLTN dengan daya 1000 MWe (tingkat pengkayaan 4%) selama setahun operasi akan menghasilkan jumlah limbah radioaktif tingkat tinggi dalam bentuk Bahan Bakar Nuklir Bekas (BBNB) sekitar 30 ton, limbah radioaktif tingkat sedang terolah sekitar 200 drum 200 liter dan limbah radioaktif tingkat rendah terolah sekitar 300 drum 200 liter.

Jika dilihat dari jumlah limbah radioaktif, maka sebagian besar limbah radioaktif dalam bentuk limbah tingkat rendah. Khusus untuk limbah tingkat tinggi berupa bahan bakar nuklir bekas disimpan secara khusus di reaktor dengan kapasitas simpan yang dapat mengakomodasi seluruh BBNB selama masa operasi PLTN. Kemudian dapat disimpan secara tetap di tempat khusus (repository) bila dianut daur bahan bakar tertutup. Bila ditempuh daur terbuka maka BBNB diproses untuk mengambil sisa uranium dan plutonium untuk difabrikasi kembali menjadi bahan bakar baru.

5.3. Nuclear Waste Management

Nuclear waste in the form of a radioactive substance have the nature to decay over time, so the activity would be reduced with time (half-life $t_{1/2}$), and the potential danger from its radiation decreases exponentially with time. In addition to allowing the waste to decay over time, radioactive waste handling generally follow three principles: reduction of volume, processing to transform it into a stable form both of physical and chemical techniques adjusted to the transportation and storage technique, then the radioactive waste is transferred to a place where it is isolated from the environment.

In accordance with Government Regulation Number 61 year 2013, radioactive wastes arising from the nuclear power plant operation are classified into three categories, namely low-level, medium and high-level radioactive waste. As an illustration, a 1000 MWe NPP (4% level of enrichment) with one year operation will produce a number of high-level radioactive waste in the form of Spent Nuclear Fuel of about 30 tons, medium level processed radioactive waste of approximately 200 drums of 200 liters and low level processed radioactive waste of approximately 300 drums of 200 liters.

When viewed from the amount of radioactive waste, most of radioactive waste are in the form of low-level waste. High-level waste such as spent nuclear fuel is stored in the reactor with a storage capacity that can accommodate the entire spent fuel during the operation of nuclear power plant. Furthermore the spent fuel can be stored permanently in a special place (repository) when a closed fuel cycle is adopted. If open fuel cycle is adopted, the spent fuel is processed to obtain the rest of uranium and plutonium to be re-fabricated into new fuel.

Penyimpanan Sementara

Penyimpanan sementara untuk limbah radioaktif tingkat rendah, sedang dan tinggi, disimpan pada tempat penyimpanan sementara sebelum dikirim ke pembuangan akhir (disposal).

a. Penyimpanan sementara limbah tingkat rendah dan menengah.

Penyimpanan sementara berfungsi untuk menyimpan paket limbah tingkat rendah dan sedang yang telah diolah dan dikondisikan sebelum dilakukan pembuangan akhir. Tempat penyimpanan sementara harus dikelola sehingga menjamin keselamatan operasional dan kemudahan untuk pengambilan paket limbah untuk pengiriman ke tempat pembuangan akhir. Pertimbangan penting untuk desain dan operasi tempat penyimpanan sementara yang harus dilakukan adalah:

- Limitasi paparan radiasi selama pengangkutan paket limbah
- Limitasi laju dosis eksternal di luar tempat penyimpanan dan potensi pelepasan dari tempat penyimpanan.
- Mempertahankan kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) dengan baik di ruang penyimpanan.
- Melengkapi dengan proteksi bahaya kebakaran.
- Menjaga jalur masuk yang terlarang.
- Melakukan inspeksi, monitoring, dan identifikasi terhadap paket limbah
- Menjamin kemudahan pengambilan paket limbah.

b. Penyimpanan sementara BBNB.

Bahan bakar yang ada dalam reaktor setelah terkena neutron akan menghasilkan neutron baru dan panas selama periode operasi. Setelah Bahan bakar mencapai umur ekonomis kemudian dikeluarkan dari reaktor yang selanjutnya disebut BBNB. Bahan bakar nuklir bekas mengandung unsur-unsur radioaktif hasil fisi, elemen transuranium dan hasil aktivasi. Bahan bakar nuklir bekas mengeluarkan panas dan radiasi yang

Temporary Storage

Temporary storage is used for storing low, medium and high radioactive waste, before being transferred into permanent storage.

a. *Temporary storage for low and medium level waste.*

The function of temporary storage is for storing low and medium level waste packages which has been processed and conditioned prior to end disposal. Storage area should be managed in such a way in order to ensure the operational safety and ease of waste packages retrieval to be sent to end disposal. An important consideration for the design and operation of a temporary storage area are:

- *Limitation of radiation exposure during the waste package transportation*
- *Limitation of external dose rates outside the storage area and the potential release of the storage area.*
- *Maintaining environmental conditions (temperature and humidity) in the storage space.*
- *Equipped with fire protection.*
- *Keeping of illegal entry track.*
- *Perform inspection, monitoring, and identification of the waste package*
- *Ensure the ease of waste packages retrieval.*

b. *Temporary storage of Spent Nuclear Fuel*

After being shot with neutrons, nuclear fuel in a reactor will produce neutrons and heat during the operation period. The fuel would be discharged from the reactor when its economic life has been achieved (by design) and the fuel would become spent nuclear fuel. Spent fuel contains radioactive elements from fission outcome, transuranium elements and activation outcomes. The spent nuclear fuel release heat and radiation generated by radioactive elements decay. The spent nuclear fuel should be stored safely,

ditimbulkan oleh peluruhan unsur-unsur radioaktif yang ada didalamnya. Bahan bakar nuklir bekas harus disimpan secara aman, ekonomis dan memenuhi ketentuan keselamatan terhadap manusia dan lingkungan. Bahan bakar nuklir bekas setelah keluar dari reaktor disimpan dalam kolam penyimpanan basah (wet storage) selama 3-5 tahun atau lebih untuk peluruhan aktivitas dan panas. Selanjutnya BBNB dipindah ke fasilitas penyimpanan kering sementara dilokasi PLTN yang mampu menyimpan BBNB untuk jangka waktu 50 tahun atau lebih. Setelah itu BBNB dipindah ke fasilitas penyimpanan lestari.

Transportasi Limbah.

Pertimbangan penting yang harus diperhatikan dalam melaksanakan transportasi/ pengangkutan limbah adalah: aspek logistik, peraturan dan perundang-undangan yang harus dipenuhi, dan risiko operasi transportasi mencakup dosis, timbulnya gas, pengungkung dan timbulnya panas pada kondisi normal maupun apabila terjadi kecelakaan.

Pembuangan Akhir.

Pembuangan akhir limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang serta tingkat tinggi, dilakukan sebagai berikut:

- a. Pembuangan akhir limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang.
Sejalan dengan prinsip pengelolaan limbah yang memenuhi prinsip keselamatan, Indonesia akan mempersiapkan sistem penyimpanan akhir (*disposal*), sebagai bagian ujung belakang dari tahapan pengelolaan limbah radioaktif. Tujuannya untuk mengisolasi limbah sehingga tidak ada akibat paparan radiasi terhadap manusia dan lingkungan. Pemenuhan terhadap prinsip pengisolasian yang memadai dapat diperoleh dengan mengimplementasikan model disposal dekat permukaan (*near surface disposal*) untuk limbah radioaktif tingkat rendah dan disposal kedalaman sedang untuk limbah radioaktif tingkat sedang.

economically and met the safety requirement to humans and the environment. After exiting the reactor, the spent nuclear fuel would be stored in a wet storage for 3-5 years or more for activity and heat decay. Furthermore the spent nuclear fuel moved to temporary dry storage facility in the location of nuclear power plants which are capable for storing spent fuel for 50 years period or more. Finally, the spent fuel was moved to a permanent storage facility.

Waste Transportation

Important considerations that must be considered in performing transportation of nuclear waste are: logistic aspects, rules and regulations, and risk of transport operations include the dose, the incidence of gas, confinement and heat generation under both of normal conditions and in the occurrence of an accident.

End Storage

End disposal of the low, medium and high level radioactive waste, could be described as follows:

- a. *Final disposal of low and medium level radioactive waste.*

In line with the principle of waste management that meets the safety principle, Indonesia will prepare end disposal system, as part of the back end stages of radioactive waste management, which aims to isolate the waste so that no result of radiation exposure to humans and the environment. An adequate compliance to isolation principle can be obtained by implementing the near surface disposal model for low-level radioactive waste and medium depth disposal for medium-level radioactive waste.

- b. *Permanent storage for high level radioactive waste (spent nuclear fuel).*

Permanent storage of spent nuclear fuel into a stable geological formation must be equipped with a multi

- b. Penyimpanan lestari limbah radioaktif tingkat tinggi (Bahan Bakar Nuklir Bekas).
Penyimpanan lestari bahan bakar nuklir bekas kedalam formasi geologi yang stabil harus dilengkapi dengan penghalang ganda (multi barrier) sehingga tahan untuk jangka waktu lama. Bahan yang tahan korosi digunakan untuk menyimpan bahan bakar nuklir bekas selanjutnya ditempatkan di formasi geologi tanah dalam. Untuk penyimpanan lestari ini bisa dipilih lokasi yang mengandung batuan kristalin (*granit/granodiorit*) yang biasanya disimpan kedalam 300 meter atau lebih.

Penyiapan fasilitas disposal tersebut meliputi aktivitas pemilihan tapak, pembuatan disain, pengkajian keselamatan, perijinan, konstruksi dan komisioning. Tahap selanjutnya adalah pengoperasian, penutupan, kontrol institusional, pemeliharaan dan pemantauan lingkungan.

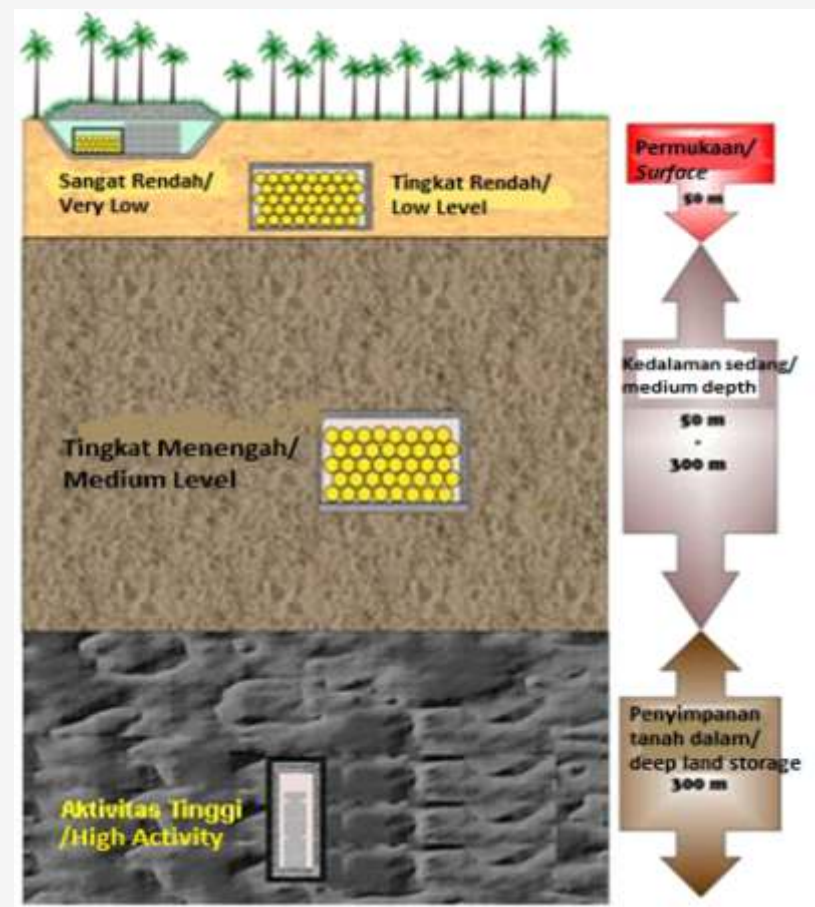
Konsep penyimpanan limbah radioaktif tingkat rendah, sedang dan tinggi yang diusulkan untuk Indonesia, seperti pada Gambar 5.7.

barrier so it will survive for long time periods. Corrosion-resistant material is used to store spent nuclear fuel, subsequently placed in the depth ground geological formation. For permanent storage, location which contains clay or crystalline rocks (granite / granodiorite) that are usually kept in a depth of 300 meters or more can be selected.

Preparation of the disposal facility include site selection activity, design, safety assessment, licensing, construction and commissioning. The next stage is the operation, closure, institutional control, maintenance and environmental monitoring.

The concept of low, medium and high level radioactive waste storage which are proposed for Indonesia, can be seen in Figure 5.7.

Gambar 5.7. Konsep Penyimpanan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah, Sedang dan Tinggi.
Figure 5.7. Concept of Low, Medium and High Level Radioactive Waste Storage



5.4. Penerimaan Masyarakat.

Pembangunan PLTN memang telah, sedang dan masih akan menciptakan pro dan kontra. Baik pihak yang menentang dan mendukung pembangunan PLTN sudah sewajarnya diberikan peluang untuk menyampaikan argumen masing-masing secara transparan, akuntabel, dan damai. Bagaimanapun juga, dalam alam demokrasi konflik kepentingan tidak dapat ditutupi dan direpresi sebagaimana pada masa sebelumnya. Dialog dan komunikasi adalah jalan terbaik dalam mengatasi perbedaan pendapat, termasuk pro-kontra pembangunan PLTN. Pihak-pihak yang berkonflik diharapkan memberikan solusi yang menguntungkan kedua belah pihak (win-win solutions), dan bukan hanya "asal bukan" atau sekedar berbeda. Lebih buruk lagi apabila konflik tersebut menciptakan ketegangan sosial karena tidak ditemukannya solusi.

Selama beberapa tahun terakhir, pro dan kontra seputar pembangunan PLTN baik di Muria maupun di Bangka telah mengakibatkan munculnya berbagai aksi dalam masyarakat yang menolak secara apriori maupun dengan argumen rasional. Dalam pembahasan RKEN, DPR khususnya Komisi VII (energi, iptek, dan lingkungan hidup) telah memberikan dukungan yang cukup kuat terhadap introduksi PLTN, namun hal ini tidak dimanfaatkan secara optimal sehingga terkesan ketidak paduan antara Pemerintah dan DPR dalam mengatasi masalah pro-kontra tersebut PLTN.

Di masyarakat sipil (civil society), kecenderungan yang tampak di permukaan adalah seolah-olah penolakan masyarakat dan LSM serta beberapa tokoh begitu kuat, terutama di Jateng dan di lokasi PLTN. Bahkan ada ormas keagamaan yang telah menyampaikan fatwa penolakan terhadap PLTN dengan argumennya yang tentu saja memiliki pengaruh kepada masyarakat tradisional. Kelompok ataupun kalangan yang pro PLTN cenderung tidak terkspose oleh media, sehingga nampak tidak

5.4. Public Acceptance

Construction of nuclear power plants has indeed been, is and will still create pros and cons. Neither those who oppose nor support the construction of nuclear power plant has been given reasonable opportunity to present their respective arguments in a transparent, accountable, and peaceful way. However, in a democratic situation, conflict of interest cannot be covered and repressed as in the past. Dialogue and communication is the best way to resolve the differences of opinion, including the pros and cons of nuclear power plant construction. The parties involved in the conflict are expected to provide solutions that deliver benefit for both parties (win-win solutions), and not just "as long as it is not" or just different. Even worse when the conflict is creating social tensions due to lack of solution.

Over the past few years, the pros and cons about nuclear power plant construction both in Muria and Bangka have resulted in various actions from society who rejects with apriory or rational argument. In the discussion of National Energy Policy Design the House of Representatives and in particular Commission VII (energy, science and technology, and the environment) has provided a strong support to the introduction of nuclear power plants. However it has not been used optimally, creating a disconcert between the Government and the Parliament in addressing the pros and cons of nuclear power plants .

In civil society, it appears that the rejection from society, Non Government Organization and some public figures are so strong, especially in Central Java and in the location of nuclear power plant sites. A religious organization has delivered a decree rejecting nuclear power plants which argument certainly affected traditional communities. Groups which are pros to NPP are not exposed by the media, creating an imbalance. However, a fact that can be observed occurred in the

berimbang. Namun demikian, suatu fakta yang perlu dicermati adalah pemilihan Kepala Daerah di calon lokasi PLTN, baik yang terjadi di Kabupaten Jepara maupun di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung beberapa waktu yang lalu. Pengusung anti PLTN ternyata tidak menjadi pilihan rakyat untuk memimpin daerahnya (kalah dalam pilkada). Fenomena ini perlu menjadi bahan pemikiran dan pertimbangan khusus mengenai elektabilitas bagi calon pemimpin baik daerah maupun nasional.

Kegiatan sosialisasi pada generasi muda perlu dilakukan secara gencar, karena merekalah yang berkepentingan pada penyediaan listrik yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Hasil jajak pendapat pada tahun 2010 mengenai penerimaan masyarakat terhadap PLTN menyatakan bahwa 59,7% menerima PLTN kemudian pada tahun 2011 turun menjadi 49,5% karena pengaruh kejadian kecelakaan PLTN Fukushima. Namun demikian, pada tahun 2012 meningkat lagi menjadi 52,9% dan tahun 2013 menjadi 60,4%, Sebagian besar masyarakat telah memahami bahwa penggunaan energi nuklir dapat menjaga kestabilan pasokan energi.

Hasil jajak ini yang didukung oleh kesiapan infrastruktur lain merupakan faktor penguat bagi Pemerintah untuk mewujudkan kebijakan yang bersifat proyek, yakni menuju kesiapan untuk pelaksanaan konstruksi PLTN.

election of a regional head in the candidate sites of nuclear power plants both in Jepara and Bangka Belitung province some time ago. The bearer of anti NPP did not win the election to lead the region. This phenomenon needs thinking and special consideration regarding the candidate's electability for both local and national leaders.

Socialization activities for the youth should be done aggressively, because they are concerned in the affordable, reliable, sustainable, and environmentally friendly supply of electricity.

The poll result in 2010 about the public acceptance of nuclear power plant claimed that 59.7% of respondent accepted NPP, then dropped to 49.5% in 2011 due to the effect of Fukushima Daichii accident. However, in 2012 it increased again to 52.9% and to 60.4% in 2013. Most people understand that the use of nuclear energy can maintain a stable energy supply.

The result of this survey, supported by other infrastructure readiness is a reinforcing factor for the Government to realize the project policy, i.e., toward the readiness for nuclear power plant construction.

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

6

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

KESIAPAN INFRASTRUKTUR
DAN PETA JALAN

6.1. Kesiapan Infrastruktur.

Penyediaan infrastruktur yang sesuai untuk mendukung keberhasilan pembangunan PLTN secara aman, selamat, damai dan efisien merupakan hal yang sangat penting. Berbeda dengan pembangkit listrik lainnya, penyiapan infrastruktur pembangunannya lebih memerlukan kajian mendalam dan komprehensif terkait dengan aspek keselamatan. Menurut IAEA, infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung implementasi PLTN meliputi cakupan yang luas, baik aspek infrastruktur lunak (*soft infrastructures*) maupun aspek infrastruktur keras (*hard infrastructure*).

Pada tahun 2008, Indonesia secara komprehensif telah melakukan swa-evaluasi kesiapan infrastruktur pembangunan PLTN untuk fase 1, yakni fase evaluasi kesiapan infrastruktur untuk menuju penetapan proyek pembangunan PLTN. Evaluasi ini mengacu pada panduan IAEA tentang evaluasi status pengembangan infrastruktur PLTN secara nasional. Swa-evaluasi ini diselesaikan pada tahun 2009. Metode evaluasi yang digunakan ini dikenal dengan milestone approach yang menunjukkan tahapan/fase kesiapan infrastruktur untuk membangun PLTN:

- Fase pertama : Kesiapan infrastruktur untuk pertimbangan menuju penetapan pelaksanaan proyek pembangunan PLTN.
- Fase kedua : Kesiapan infrastuktur untuk persiapan pelaksanaan konstruksi PLTN.
- Fase ketiga : Kesiapan infrastruktur untuk implementasi pembangunan dan pengoperasian PLTN.

Hasil swa-evaluasi ini direviu oleh IAEA melalui *Integrated Nuclear Infrastructure Review Mission (INIR Mission)* yang dilaksanakan pada bulan November 2009, di Jakarta. Hasil reviu oleh IAEA berupa Rekomendasi dan Saran,

INFRASTRUCTURE AND ROADMAP
READINESS

6.1. Infrastructure Readiness

Provision of infrastructure to support the successful development of NPP safely, securely, peacefully and efficiently is very important. In contrast to conventional power plants, preparation of infrastructure development requires more in-depth and comprehensive study related to safety aspects. According to the IAEA, the infrastructure required to support the implementation of the NPP includes both soft infrastructures and hard infrastructure aspects

In 2008, Indonesia has conducted a comprehensive self-evaluation of the readiness of the infrastructure for phase 1 of NPP development, i.e. the evaluation phase of the infrastructure readiness for consideration to the establishment of NPP construction project implementation. This evaluation refers to IAEA safety guide on the evaluation of the development status of national infrastructure. This self-evaluation was completed in 2009. Evaluation method used is known as milestones approach that shows the stages/phases of infrastructure readiness to build NPP:

- *First phase : Infrastructure readiness for consideration to the establishment of NPP construction project implementation.*
- *Second phase : Infrastructure readiness for consideration to the establishment of NPP construction project implementation.*
- *Third phase : Infrastructure readiness for the implementation of NPP construction and operation*

disampaikan kepada Indonesia pada bulan Mei 2010. Secara ringkas disampaikan dalam hasil ulasan tersebut bahwa Indonesia telah melakukan persiapan yang luas pada sebagian besar aspek infrastruktur yang memungkinkan untuk lebih mempertimbangkan pemanfaatan energi nuklir, dan dapat melangkah mempersiapkan untuk fase 2, yakni fase persiapan pelaksanaan konstruksi. Disarankan bahwa terkait dengan tanggung jawab pemilik/operator PLTN, masih memerlukan persiapan lebih lanjut, yakni perlu adanya kebijakan pemerintah yang lebih jelas untuk memanfaatkan nuklir sebagai pembangkit listrik dalam bauran energi nasional.

Secara lebih rinci IAEA menyebutkan dalam hasil ulasan tersebut bahwa masih ada 3 (tiga) aspek infrastruktur (dari 19 aspek) yang memerlukan tindakan signifikan, yakni aspek posisi nasional, aspek manajemen dan aspek keterlibatan pemangku kepentingan. Ketiga aspek infrastruktur tersebut saling terkait satu dengan lainnya, yakni pada kebijakan pemerintah untuk menetapkan kebijakan pemanfaatan energi nuklir secara jelas yang ditandai dengan kebijakan yang berorientasi pada proyek pembangunan PLTN. Pembentukan organisasi yang bertugas untuk mengkoordinasikan persiapan infrastruktur pembangunan PLTN pada level institusi tinggi (high level policy) akan lebih memperjelas adanya langkah yang nyata untuk menuju kebijakan yang berorientasi proyek PLTN ini.

Terkait dengan organisasi pelaksana persiapan infrastruktur pembangunan PLTN, IAEA menyarankan perlu dibentuknya NEPIO (*Nuclear Energy Program Implementation Organization*). Organisasi ini berperan dalam implementasi program energi nuklir, yang mencakup persiapan untuk menetapkan keputusan program energi nuklir hingga pelaksanaannya, mengkoordinasikan institusi terkait pada pelaksanaan pemanfaatan energi nuklir atau berperan dalam implementasi program energi nuklir itu sendiri. Organisasi ini nantinya diharapkan membentuk infrastruktur organisasi yang diperlukan, seperti: Pemilik PLTN, dan organisasi lain yang diperlukan. NEPIO

The results of this self-evaluation was reviewed by the IAEA through the Integrated Nuclear Infrastructure Review Mission (INIR Mission) held in November 2009, in Jakarta. The results of IAEA INIR Mission were Recommendations and Advice, delivered to Indonesia in May 2010. In the summary presented as the results of those reviews IAEA mentioned that Indonesia has done extensive preparations in most aspects of infrastructure that allows for more consideration to the use of nuclear energy, and can step forward to prepare for phase 2, i.e. the construction preparation phase. It is recommended that related to the responsibility of the owner/operator of nuclear power plants, further preparation, i.e. strong government policies are needed to implement nuclear power plants in the national energy mix.

In more detail, IAEA stated in the review results that there are still three (3) aspects of infrastructure (of 19 aspects) that require significant actions, namely: national position, management and stakeholder involvement aspects. These three aspects of the infrastructure are linked to each other, i.e. the government's policy to establish policies on utilization of nuclear energy are clearly marked with a policy-oriented nuclear power plant construction projects. The formation of the organization that is responsible to coordinating the preparation of nuclear power development infrastructure at the institutional level (high-level policy) will further clarify the existence of a real action-oriented policy towards the nuclear power plant project.

Related to the implementing organization of the nuclear power plants development infrastructure preparation, IAEA suggests on the need of NEPIO (Nuclear Energy Program Implementation Organization) formation. This organization plays a role in the implementation of a nuclear energy program, which includes the preparation of the decision to set up a nuclear energy program implementation, coordinate the relevant institutions in the implementation of nuclear energy utilization or

berperan dalam mengantarkan terwujudnya implementasi pemanfaatan energi nuklir sebagai pembangkit listrik.

Setelah implementasi pemanfaatan energi nuklir sebagai pembangkit listrik terwujud, maka peran NEPIO akan semakin mengecil dan lambat laun, perannya akan digantikan oleh organisasi-organisasi yang terbentuk sesuai fungsi implementasinya.

Kondisi yang ada di Indonesia hingga saat ini, fungsi NEPIO sebagian telah dilaksanakan oleh BATAN dalam mengkoordinasikan persiapan infrastruktur PLTN dan BAPETEN sebagai lembaga pengawas tenaga nuklir. Namun peran ini belum bisa optimum oleh karena disamping level institusi sejajar, BATAN juga mengemban tugas sebagai lembaga penelitian. Adanya NEPIO pada level penetapan kebijakan tingkat tinggi sangat diperlukan untuk lebih intensif dan komprehensif dalam mempersiapkan pembangunan PLTN. Dengan demikian aspek manajemen dalam persiapan infrastruktur akan bisa disiapkan dengan lebih baik.

6.2. Tapak.

Sesuai dengan amanat Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 2006 tentang Perizinan Reaktor Nuklir, untuk membangun PLTN diperlukan izin tapak terlebih dahulu sehingga diperlukan studi tapak yang mendalam.

Tujuan penyiapan tapak PLTN adalah untuk menentukan lokasi atau daerah yang aman baik dari bahaya eksternal maupun aman bagi lingkungan sekitar PLTN tersebut dengan tetap mempertimbangkan segi keekonomiannya. Pertimbangan awal yang digunakan dalam pemilihan tapak PLTN (tahap penapisan) tercakup dalam kriteria umum seperti di bawah ini:

- Tapak terletak dalam daerah tidak terlalu jauh dari sumber air yang mencukupi untuk meminimalkan

implementation role in that nuclear energy program. This organization will be expected to form the organizational infrastructure required, such as owners of nuclear power plants and other organizations as needed. NEPIO play a role in ushering in the realization of the implementation of the use of nuclear energy as a power plant. After the implementation of the use of nuclear energy as a power plant is realized, then role of NEPIO will become smaller and eventually, NEPIO's role will be replaced by organizations that are formed according to the implementation function.

Conditions that exist in Indonesia today is that part of NEPIO function have been implemented by BATAN in coordinating the preparation of NPP infrastructure and BAPETEN as nuclear regulatory body. However, this role is not optimum because in addition to the level of parallel institutions, BATAN also took on the task as a research institution. The existence NEPIO on high-level policy-setting level is indispensable for a more intensive and comprehensive preparation for the construction of nuclear power plants. Thus the management aspect of the infrastructure preparation will be better prepared.

6.2. Site

In accordance with the mandate of Government Regulation No. 43 Year 2006 on Nuclear Reactor Licensing, permits are required to build the nuclear power plant site in advance so that in-depth site study is required.

The purpose of preparing the nuclear power plant site is to determine the location or area safe from external hazards and safe for the environment around the NPP by still considering the economic aspect. Initial considerations used in the nuclear power plant site selection (screening phase) is included in the general criteria as below:

- jarak ke sumber air pendingin.
- Di area tapak tidak terdapat potensi bahaya eksternal baik alamiah maupun buatan manusia yang dapat mengancam keselamatan PLTN dan tidak dapat dikompensasi melalui desain teknis ataupun tindakan administratif.
- Tapak tidak berada pada daerah konservasi, khususnya taman nasional, cagar alam, suaka margasatwa dan cagar budaya, kecuali ada jaminan untuk dapat dimanfaatkan sebagai calon tapak.
- Tapak potensial mempunyai luas minimum sesuai dengan perencanaan kapasitas PLTN untuk tapak tersebut. Berdasarkan pengamalan negara-negara yang telah membangun PLTN, satu tapak PLTN digunakan minimal untuk 2 unit PLTN.

Terdapat beberapa lokasi di Indonesia yang telah diidentifikasi sebagai tapak potensial. Gambar 6.1 menunjukkan lokasi dari masing-masing tapak dan status terkini dari masing-masing tapak tersebut. Tapak-tapak tersebut berada di Semenanjung Muria, Banten dan

- *Site is located in areas not too far from the source of water sufficient to minimize the distance to the source of cooling water.*
- *There are no potential external natural hazards or man-made in the site area that can threaten the safety of nuclear power plants and cannot be compensated through technical design or administrative action.*
- *Site is not on a conservation area, particularly national parks, nature reserves, wildlife and cultural heritage, unless there are guarantees that it can be used as a candidate site.*
- *The potential site has a minimum area appropriate with the nuclear power plants capacity planned on the site. Based on the practices in other countries having nuclear power plants, one nuclear power plants site is used for a minimum of two units of NPP.*

There are several locations in Indonesia, which have been identified as potential sites. Figure 6.1 shows the location of each site and the current status of each of that site.



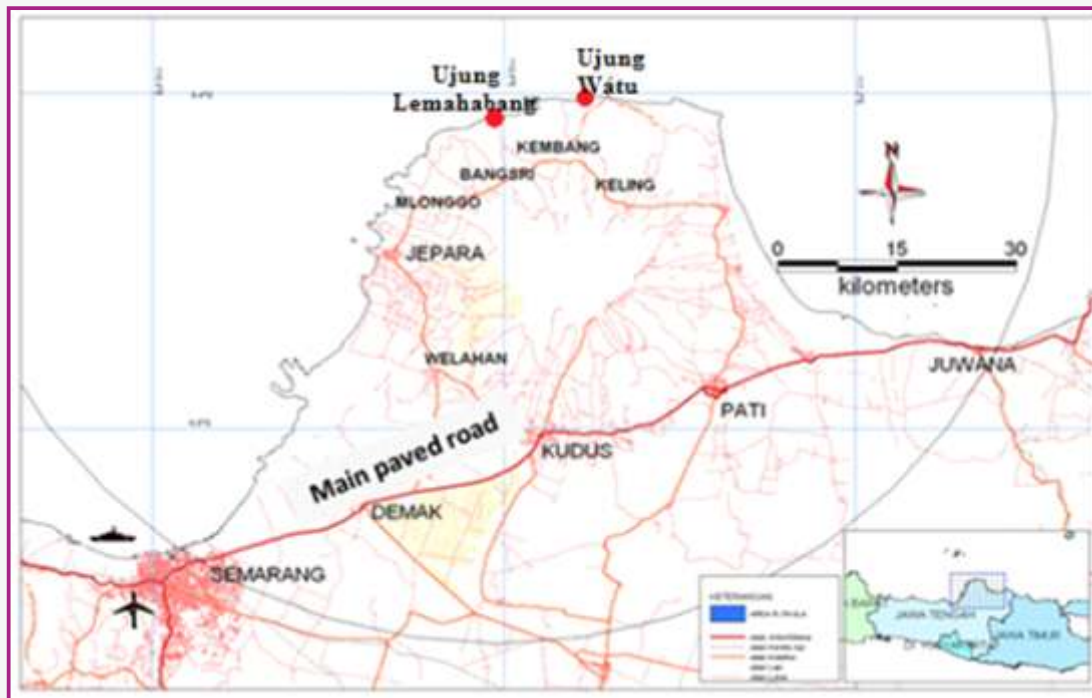
Gambar 6.1. Studi tapak PLTN di Indonesia
Figure 6.1. NPP Site Study in Indonesia

6.2.1. Tapak Muria.

Studi tapak di Semenanjung Muria telah diselesaikan pada tahun 1996. Berdasarkan hasil studi tersebut, diidentifikasi terdapat tiga tapak kandidat yaitu Ujung Lemahabang (ULA), Ujung Watu (UW) dan Ujung Grenggengan (UG). Namun demikian, hanya dua tapak yang selanjutnya disebut sebagai preferred sites yaitu ULA dan UW. Evaluasi tapak ULA telah dilaksanakan oleh NEWJEC mulai tahun 1991 sampai dengan tahun 1996. Sedangkan evaluasi tapak UW belum dilaksanakan sampai dengan sekarang. Sesuai dengan perkembangan pedoman internasional dan peraturan nasional, investigasi yang lebih intensif di tapak ULA diperlukan terutama untuk aspek vulkanologi, geoteknik, dan seismotektonik. Gambar 5.9 memperlihatkan tapak Muria dan akses jalan utama.

6.2.1. Muria Site.

Site Study for Muria Peninsula was completed in 1996. Based on the results of the study, it is identified that there are three candidate sites: Ujung Lemahabang (ULA), Ujung Watu (UW) and Ujung Grenggengan (UG). However, only two sites hereinafter referred to as the preferred sites: ULA and UW. ULA site evaluation has been carried out by NEWJEC from 1991 to 1996. However UW site evaluation has not been implemented up to now. In accordance with the development of international guidelines and national regulations, more intensive investigation in ULA site is needed, especially for aspects of volcanology, geotechnics and seismotectonics. Figure 5.9 shows the Muria site and access to main road.



Gambar 6.2. Calon Tapak Muria
Figure 6.2. Muria Site Candidate

6.2.2. Tapak Banten

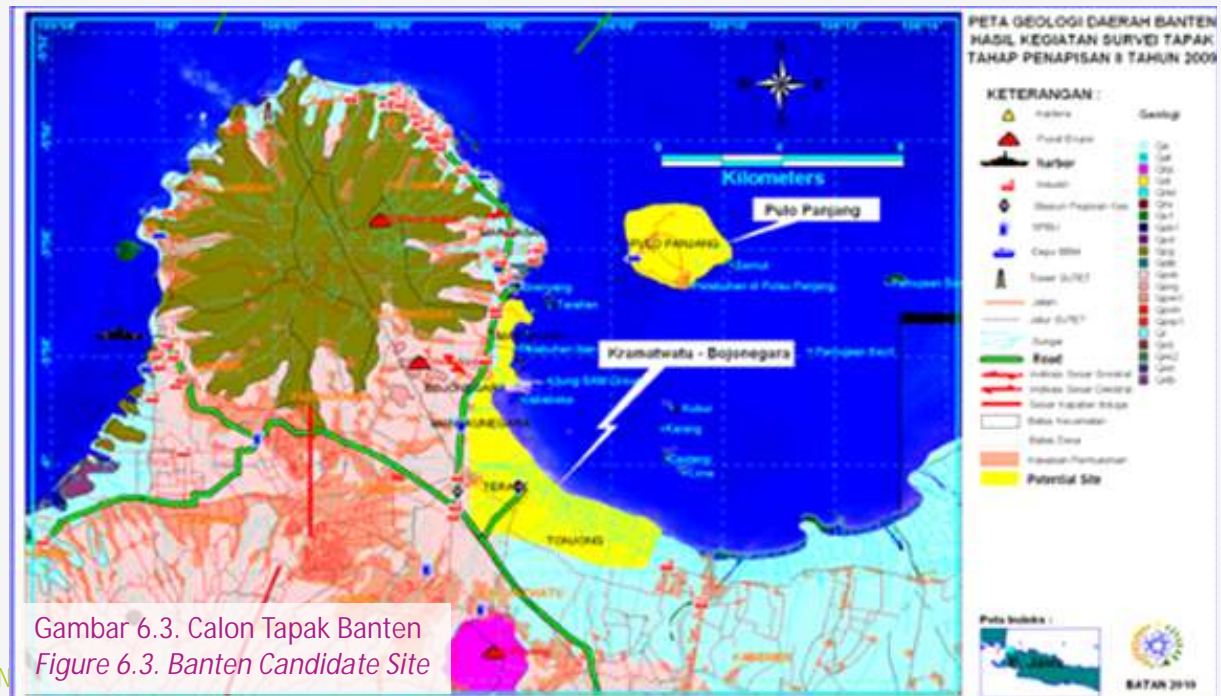
Berdasarkan studi pendahuluan yang dilaksanakan sejak tahun 2008 sampai dengan sekarang, terdapat dua tapak potensial di Banten, yaitu Pulo Panjang dan Kramatwatu-Bojonegara. Studi ini mencakup analisis wilayah (regional) dan wilayah dekat (near-regional). Kedua tapak potensial tersebut dikarakterisasi sebagai daerah yang aman terhadap bahaya eksternal alam (vulkanik, pensesaran permukaan, kegempaan, meteorologi ekstrim dan banjir pantai). Kesimpulan tersebut didapat berdasarkan hasil studi yang menunjukkan bahwa tapak potensial tersebut:

- Tidak berada di area Pyroclastic Density Current dari sebuah gunung api kapabel.
- Jarak tapak terhadap sesar yang diduga kapabel adalah lebih dari 5 km.
- Tidak pernah mengalami tornado dan angin siklon tropis.
- Tidak pernah mengalami banjir akibat tsunami sejak tahun 1883.
- Berdasarkan hasil proyeksi 100 tahun ke depan, tapak tidak akan mengalami kenaikan muka air laut akibat pemanasan global.

6.2.2. Banten Site

Based on preliminary studies that has been carried out since 2008 up to now, there are two potential sites in Banten, namely Pulo Panjang and Kramatwatu-Bojonegara. This study includes regional and near-regional analysis. Both of the potential sites are characterized as safe areas against external natural hazards (volcanic, surface faulting, seismic, extreme meteorology and coastal flooding). The conclusion obtained based on the results of the study indicates that the potential sites:

- *Not being in the Pyroclastic Density Current area of a capable volcano.*
- *The distance from Site of to a suspected capable fault is more than 5 km.*
- *No record of tornadoes and tropical cyclones.*
- *Never flooded by tsunami since 1883.*
- *Based on a 100-year future projection, the site will not experience increase in sea levels due to global warming.*



Gambar 6.3. Calon Tapak Banten
Figure 6.3. Banten Candidate Site

6.2.3. Tapak Bangka

Studi kelayakan telah dilakukan di Pulau Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Studi tersebut terdiri atas tiga tahapan yang dilaksanakan secara berkelanjutan mulai tahun 2011 sampai dengan tahun 2013 seperti diilustrasikan pada Tabel 6.1. Berdasarkan studi tersebut, terdapat dua interes yaitu (1) tapak #1: Teluk Manggris-Tanah Merah, Mentok, Kabupaten Bangka Barat, dan (2) Tapak #2: Tj. Berani-Tj. Krasak, Sebagian, Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan.

6.2.3. Bangka Site

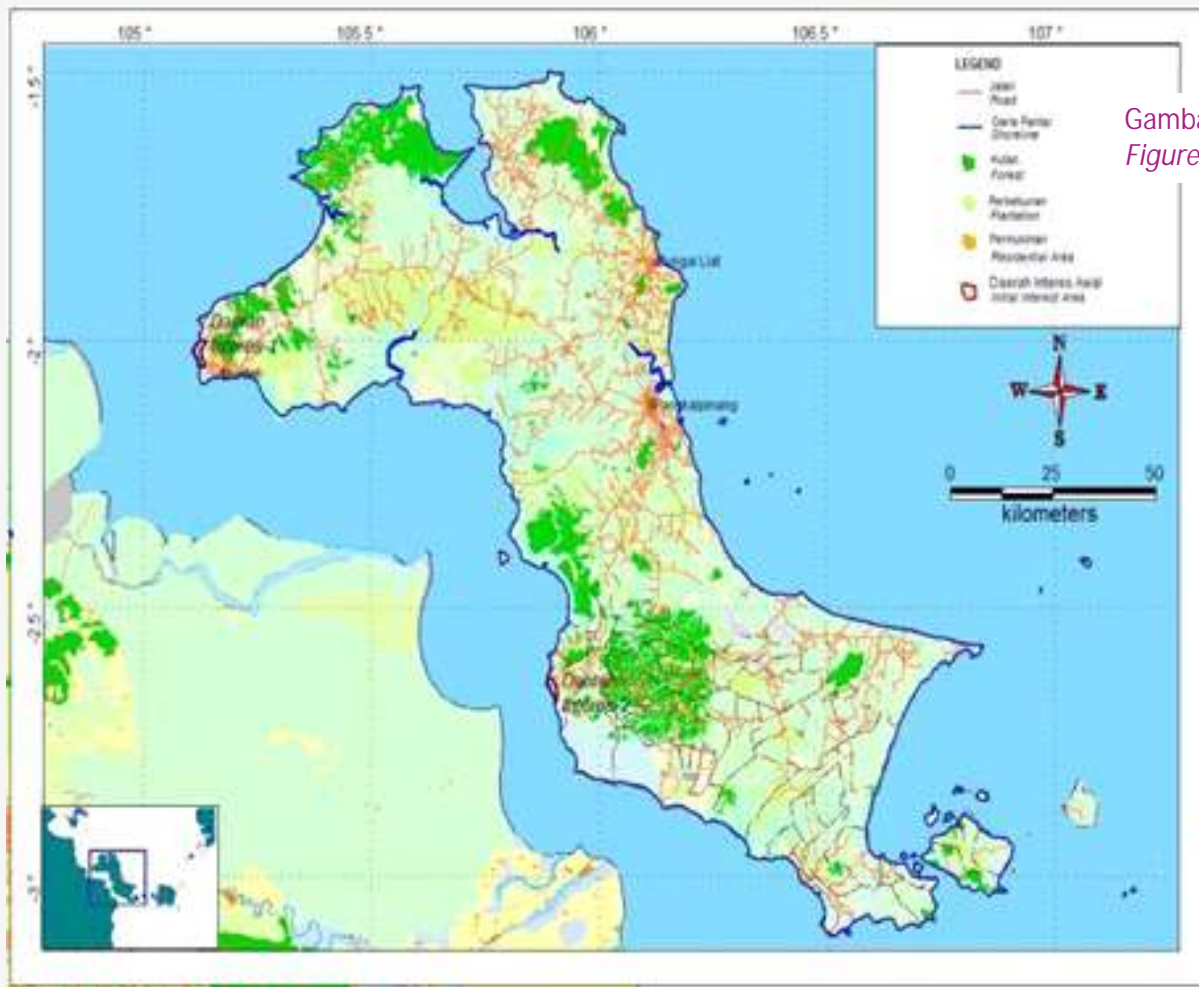
The feasibility study has been conducted on the island of Bangka Island, Bangka Belitung Islands Province. The study consisted of three phases conducted on an ongoing basis from 2011 to 2013 as illustrated in Table 6.1. Based on the study, there are two sites of interests: (1) Site # 1: Teluk Manggris-Tanah Merah, Mentok, West Bangka Regency, and (2) Site # 2: Tj. Berani-Tj. Krasak, Sebagian, Simpang Rimba, South Bangka Regency.

Tahun / Year	Tahapan Studi / Stage of Study
2011	Survei Wilayah dan Wilayah Dekat/ <i>Regional and near-regional surveys</i>
2012	Survei sekitar tapak dan karakterisasi tapak (survei area tapak) / <i>Site area and site characterization surveys</i>
2013	Penyiapan dokumen perizinan : SDR, SER, SDI, konsep AMDAL, Draft Rencana Induk PLTN/ <i>Preparation of licensing documents: SDR, SER, SDI, the concept of environmental impact assessment (EIA), Draft Master Plan for NPP</i>
2014	Monitoring meteorologi dan seismologi/ <i>Meteorological and seismological monitoring.</i>

Tabel 6.1. Tahapan Studi Tapak
Table 6.1. Stages of the Study Site

Tapak #1 dapat dicapai dari Pangkal Pinang melalui Kelapa dengan jalan beraspal sepanjang 140 km, kemudian dilanjutkan 4 hingga 6 km melalui jalan tidak beraspal. Tapak #2 dapat dicapai dari Pangkal Pinang melalui Simpang Katis dan Sebagian dengan jalan beraspal sepanjang 83,5 km. Tapak Bangka diperlihatkan pada Gambar 5.11.

Site # 1 can be reached from Pangkal Pinang through Kelapa with a paved path along the 140 km, followed by 4 to 6 km through unpaved roads. Site # 2 can be reached from Pangkal Pinang through Simpang Katis and Sebagian with paved roads along the 83.5 km. Bangka sites are shown in Figure 5.11.



Gambar 6.4. Calon Tapak Bangka
Figure 6.4. Bangka Candidate Site

6.2.4. Tapak Kalimantan Barat.

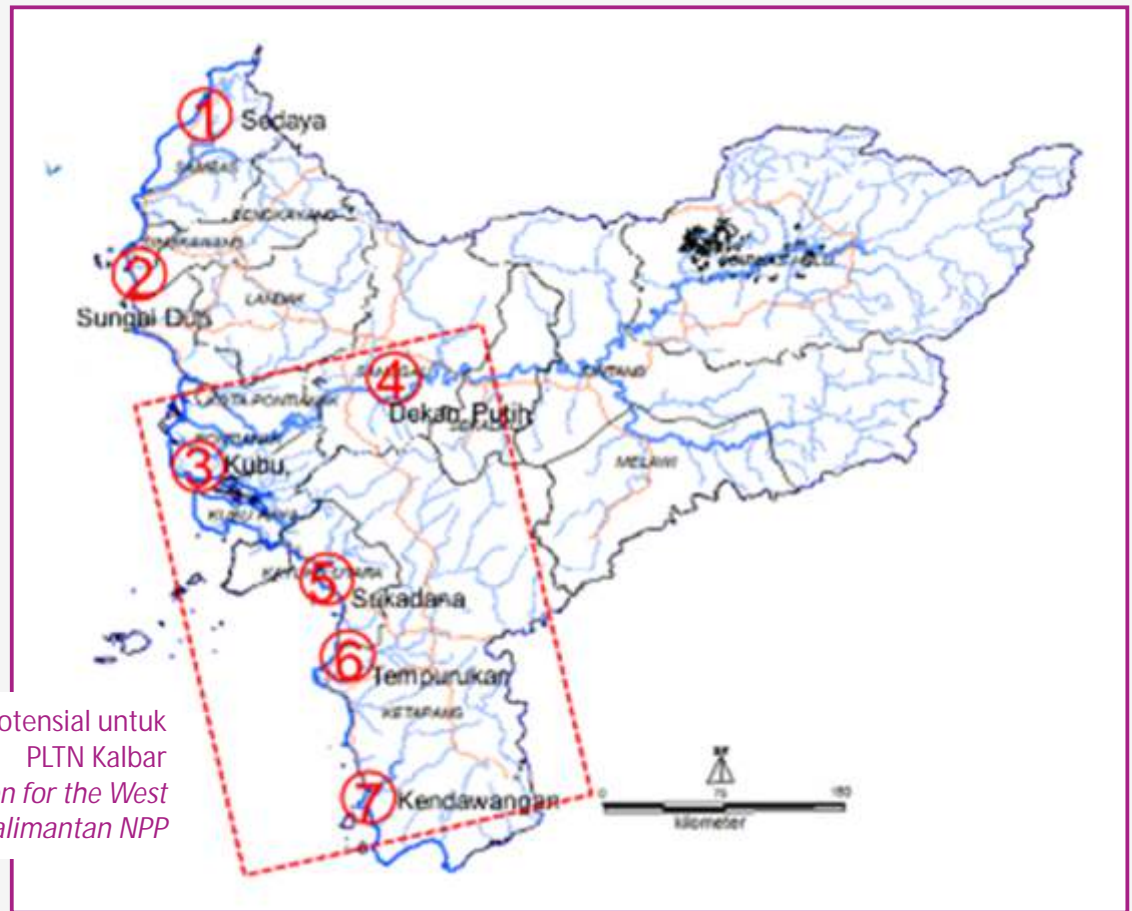
Bekerjasama dengan Pemprov Kalimantan Barat, BATAN telah melakukan pra survei untuk menentukan daerah calon tapak PLTN potensial. Dari hasil studi awal didapat lima daerah potensial dari 7 daerah yang dikaji. Lima daerah tersebut dapat ditindak lanjuti untuk survei yang lebih mendalam yaitu:

1. Kubu, Pontianak
2. Dekan Putih, Sanggau
3. Sukadana, Kayong Utara
4. Tempurukan, Ketapang
5. Kendawangan, Ketapang

6.2.4. West Kalimantan Site

In cooperation with the provincial government of West Kalimantan, BATAN has conducted a pre-survey to determine candidate areas for potential nuclear power plant. From the results of the initial study, five potential areas of 7 studied regions are obtained. Those five regions can be followed up by more in-depth survey:

1. Kubu, Pontianak
2. Dekan Putih, Sanggau
3. Sukadana, Kayong Utara
4. Tempurukan, Ketapang
5. Kendawangan, Ketapang



Gambar 6.5. Wilayah Potensial untuk
PLTN Kalbar
Figure 6.5. Potential Region for the West
Kalimantan NPP

6.2.5. Tapak Kalimantan Timur.

Dari tahun 2007 sampai 2009 telah dilakukan pra-survei di wilayah Kalimantan Timur (Kaltim) dengan tujuan untuk mendapatkan daerah-daerah interest di wilayah Kaltim.

Seismisitas di Wilayah Studi tergolong rendah, dalam kurun waktu seratus tahun hanya terjadi beberapa kali gempa, itupun dengan magnitudo berkisar antara 3,2 - 5,4 SR. Di wilayah kajian, nilai percepatan tanah (PGA) berkisar antara 0,15 - 0,31 g atau untuk periode ulang 500 tahun, sehingga seluruh wilayah kajian tidak ada yang ditolak. Hasil studi adalah terinventarisasi 8 (delapan) daerah interest sebagaimana tercantum dalam Tabel 6.2.

6.2.5. East Kalimantan Site

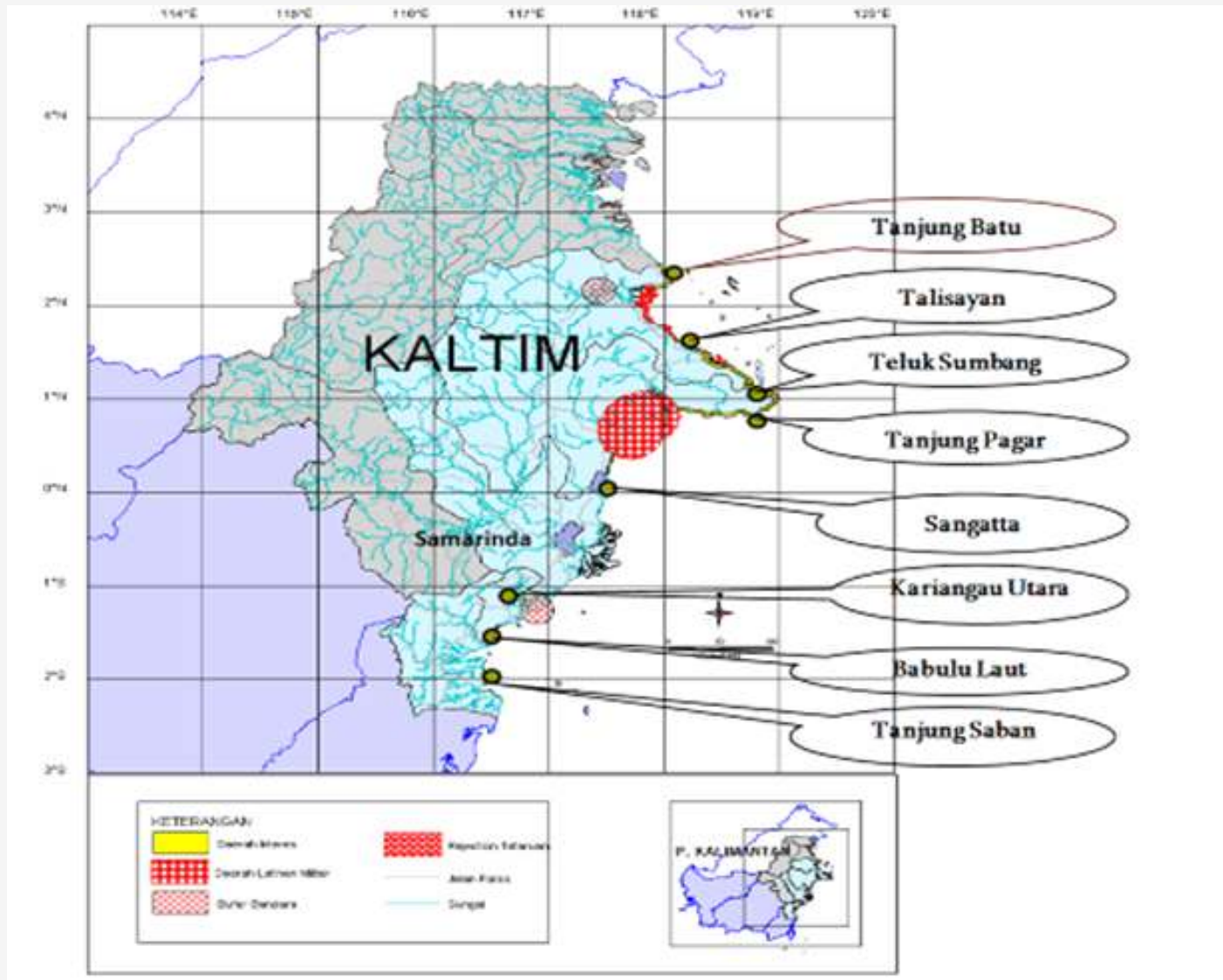
From 2007 to 2009, a pre-survey had been done in East Kalimantan (Kaltim) with the aim to obtain the interest areas in East Kalimantan region.

Seismicity in the study area is relatively low, within a period of a hundred years there were only a few occurrences of earthquakes with magnitudes ranging from 3.2 to 5.4 SR. In the study area, the peak ground acceleration (PGA) is ranging from 0.15 to 0.31 g for a return period of 500 years, so that the entire study areas are seismically acceptable.

The study took into inventory 8 (eight) interest areas listed in Table 6.2.

Tabel 6.2. Daerah Interes di Kalimantan Timur
 Table 6.2. Interest Areas in East Kalimantan

No	Daerah Interes / Interest Areas	Desa/Kec/Kab Village / District / Regency	Koordinat / Coordinate
1	Tanjung Batu	Ds Tj Batu, Kec Derawan, Kab. Berau	117° 59' 28.7916"BT 2° 25' 33.6684"LS
2	Talisayan	Ds Talisayan, Kec. Talisayan, Kab. Berau	118° 8' 58.4628"BT 1° 37' 11.982"LS
3	Teluk Sumbang	Ds. Sumbang, Kec. Biduk Biduk, Kab. Berau	118° 52' 46.3044"BT 1° 4' 8.5512"LS
4	Tanjung Pagar	Ds. Manubar Kec. Sandaran Kab. Kutai Timur	118° 30' 37.2672"BT 0° 49' 27.5412"LS
5	Sangatta	Ds Sangatta, Kec. Sangatta, Kab Kutai Timur	117° 32' 25.746"BT 0° 21' 18.666"LS
6	Karingau Utara	Karingau, Kec. Balikpapan Barat	115° 41 ' BT, 1° 27' LS
7	Babulu Laut	Babululaut, Kec Waru	115° 38' BT 1° 307' LS
8	Tanjung Saban-Prapat	Muara Pasir, Kec. Tanah Grogot	115° 37 BT 1° 33' LS



Gambar 6.6. Wilayah Potensial untuk PLTN Kaltim
 Figure 6.6. Potential Areas for East Kalimantan NPP

6.3. Peta Jalan PLTN

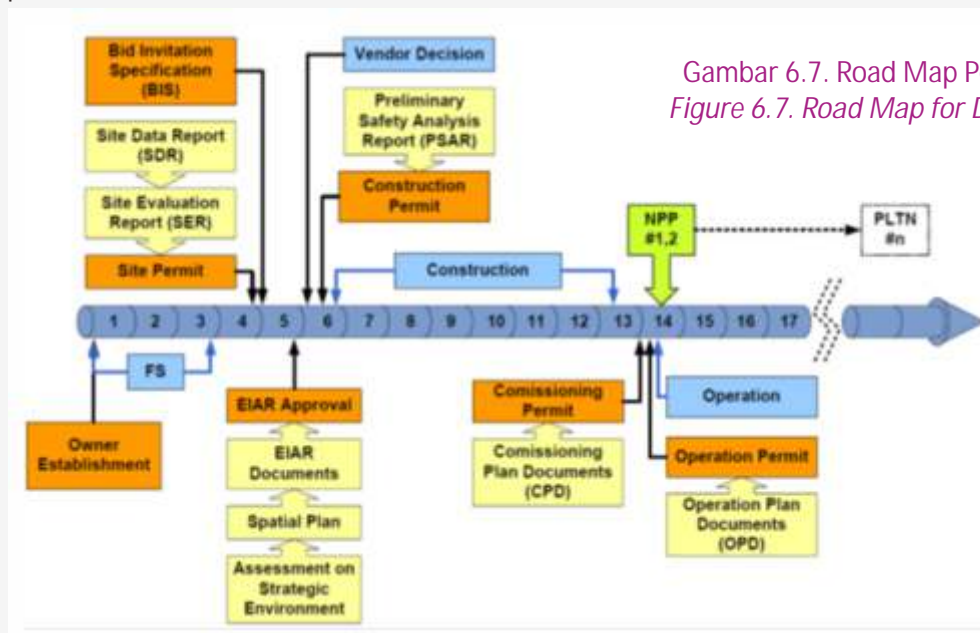
Pembangunan PLTN memerlukan waktu yang cukup panjang. Mulai dari persiapan infrastruktur yang diperlukan hingga masa konstruksi, termasuk waktu proses perizinannya. Seperti pada Gambar 6.7 dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan hingga beroperasinya PLTN lebih kurang 13 tahun. Indonesia telah melakukan studi kelayakan dan infrastruktur tapak telah siap sehingga jika pemerintah memutuskan untuk membangun PLTN maka diperlukan sekitar 10 tahun hingga beroperasi menghasilkan listrik.

Lamanya waktu proses pembangunan ini menunjukkan bahwa PLTN dibangun dengan pertimbangan dan persiapan sangat matang. Dalam pemilihan tapak dan evaluasi tapak misalnya, memerlukan waktu minimal 3 tahun. Begitu juga dengan proses perizinan diperlukan persyaratan yang ketat dan dalam tahap konstruksi ada pengawasan yang ketat baik dari BAPETEN maupun dari IAEA. Hal ini untuk menjamin bahwa PLTN dibangun ditempat yang aman dan akan beroperasi secara aman pula.

6.3. NPP Road Map

Nuclear power plant construction requires a fairly long time, starting from the preparation of the necessary infrastructure up to the construction period, including the time for the licensing process. From Figure 6.7 it can be seen that the time necessary to the operation of nuclear power plants takes approximately 13 years. Indonesia has conducted feasibility studies and site infrastructure has been prepared so that if the government decides to build a nuclear power plant, it would require about 10 years to operate and generate electricity.

The length of time for the development process shows that nuclear power plants are built with very mature consideration and preparation. As in the site selection and site evaluation for example, requires a minimum of 3 years. The licensing process required strict requirements in the construction phase and there is strict supervision by BAPETEN and IAEA. This is to ensure that nuclear power plants are built in a safe place and will operate safely.



Gambar 6.7. Road Map Pengembangan Infrastruktur PLTN
Figure 6.7. Road Map for Development of NPP Infrastructure

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

BAB
CHAPTER

7

INEO 2014



batan

NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY

PENUTUP

Paradigma baru pengelolaan energi adalah menjaga penyediaan energi secara keberlanjutan (sustainable) yang memperhatikan kepentingan antar generasi dan komitmen untuk mengurangi dampak dari penggunaan energi seperti perubahan iklim global akibat emisi GRK. Dalam tataran implementasi, penggunaan teknologi energi konvensional yang berbasis pada sumberdayanya (resource bases) secara gradual harus dapat dialihkan pada energi yang berbasis pada teknologinya (technology bases) yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Energi nuklir di masa mendatang menjadi bagian dari sistem bauran energi nasional yang optimal (optimum national energy mix) dengan dilandasi pertimbangan penting sebagai berikut:

1. Penggunaan energi nuklir mendukung terwujudnya keamanan pasokan energi (energy security of supply) nasional secara berkelanjutan,
2. Sebagai bagian dari energi baru dan terbarukan (EBT), penggunaan energi nuklir akan mengurangi laju pengurasan energi fosil yang cadangannya sangat terbatas,
3. Penggunaan energi nuklir mendukung stabilitas pasokan energi listrik secara aman, handal, ekonomis, bersih dan berwawasan lingkungan,
4. Sebagai teknologi energi yang tidak mengemisikan GRK, penggunaan energi nuklir mendukung upaya mitigasi perubahan iklim.
5. Energi nuklir merupakan bagian dari sistem bauran energi yang simbiotik dan sinergistik dengan energi fosil dan EBT lainnya dalam memenuhi kebutuhan energi nasional sesuai sasaran yang ditetapkan dalam kebijakan energi nasional.

CLOSING REMARKS

The new paradigm of energy management is to maintain a sustainable supply of energy that takes into account the interests between generations and a commitment to reduce the impact of energy use such as global climate change due to GHG emissions. In terms of implementation, the use of conventional energy technologies based on its resources should gradually be transferred to the energy that is now based on the technologies which are more environmentally friendly and sustainable.

Nuclear energy in the future will become a part of national optimum energy mix with based on the following important considerations:

1. *Nuclear energy is used to support the realization of national energy security of supply) in a sustainable manner,*
2. *As part of the new and renewable energy (NRE), the use of nuclear energy will reduce the rate of depletion of very limited fossil fuel reserves ,*
3. *The use of nuclear energy to support the stability of electricity supply is secure, reliable, economical, clean and environmentally friendly,*
4. *As energy technologies that do not emit GHG, the use of nuclear energy supports climate change mitigation efforts.*
5. *Nuclear energy is a part of the energy mix system, symbiotic and synergistic with fossil energy and other renewable energy in meeting energy requirements of*

6. Energi nuklir merupakan instrumen pembangunan berkelanjutan yang mampu menjadi tumpuan dan dapat diandalkan sebagai pendamping sumberdaya energi berbasis hidrokarbon dan EBT dalam memenuhi kebutuhan energi nasional untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

Saat ini kita dihadapkan suatu pilihan yang harus segera diputuskan, apakah Indonesia menginginkan pasokan listrik yang cukup, terjangkau, andal serta ramah lingkungan dengan keberanian untuk memanfaatkan nuklir secepatnya ataukah sebaliknya menerima keadaan krisis listrik seperti apa adanya saat ini tanpa usaha yang berarti dan mengabaikan pemanfaatan nuklir? Untuk menjadi bangsa besar perlu keberanian dalam mengambil keputusan.

appropriate national targets set out in the national energy policy.

6. *Nuclear energy is an instrument of sustainable development capable of being the foundation and as reliable companion for hydrocarbon-based energy resources and renewable energy to meet national energy needs to support sustainable development.*

Nowadays, a decision has to be made on whether Indonesia wants sufficient, affordable, reliable and environmentally friendly electricity supply with the courage to take advantage and accept nuclear power as soon as possible or there will be critical situation without significant efforts and ignoring the use of nuclear? A great nation needs the courage to make decisions.

INDONESIA NUCLEAR
ENERGY **OUTLOOK** ENERGI
NUKLIR INDONESIA

DAFTAR ISTILAH
GLOSSARY

INEO 2014

DAFTAR ISTILAH

As Low As Reasonably Achievable (ALARA) : Singkatan ungkapan as low as reasonably achievable yaitu konsep dalam teknologi nuklir yang mempersyaratkan bahwa rancangan, penggunaan sumber radiasi dan kegiatan yang berhubungan dengannya haruslah sedemikian rupa sehingga paparan radiasi yang ditimbulkannya sekecil mungkin yang dapat dicapai dengan memperhatikan kelayakan teknis, ekonomi dan sosial.

Advanced Boiling Water Reactor : Reaktor air didih baru yang telah diperbaiki desainnya.

CANadian Deutrium Uranium : Reaktor air-berat tekan yang dirancang oleh Canada.

Energi Tak Terbarukan : Energi tak terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan. Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang akan habis dieksploitasi secara terus-menerus, antara lain minyak bumi, gas bumi, batubara, gambut, dan serpih bitumen.

MAGNOX : Reaktor berpendingin gas CO₂ dengan moderator grafit. Reaktor ini dirancang oleh Inggris. Disebut magnox karena bahan kelongsongnya terbuat dari magnesium.

Pembiakan (teknologi reaktor fisi)/Breeding (reactor fission technology) : Proses yang menggunakan materi fisil sebagai sumber neutron untuk memproduksi inti fisil lain yang berjumlah lebih banyak dari pada yang digunakan.

Penyimpanan bahan bakar bekas : Sebuah wadah atau ruang besar, berisi material pendingin, dipakai menyimpan sisa bahan bakar nuklir sampai aktivitasnya menurun menjadi rendah.

Plutonium : Unsur logam berat radioaktif buatan dengan nomor atom 94.

Reaktor air didih (BWR) : Reaktor yang pendingin teras reaktornya dibiarkan mendidih, air berfungsi

As Low As Reasonably Achievable (ALARA) : Abbreviation of as low as reasonably achievable which means making every reasonable effort to maintain exposures to ionizing radiation as far below the dose limits as practical, consistent with the purpose for which the licensed activity is undertaken, taking into account the state of technology, the economics of improvements in relation to state of technology, the economics of improvements in relation to benefits to the public health and safety, and socioeconomic considerations, and in relation to utilization of nuclear energy and licensed materials in the public interest.

Advanced Boiling Water Reactor : New design boiling water reactor.

CANadian Deutrium Uranium : Heavy water reactor designed by Canada.

Non Renewable Energy : Non renewable energy is energy comes from non renewable energy resource. Non Renewable energy resource is an energy resource come from energy resource that will be run out if continuously exploited, such as oil, gas, coal, turf, and bitumen flake.

MAGNOX : The reactor with CO₂ gas coolant and graphite moderator. It is called magnox because the cladding is made from magnesium.

Pembiakan (teknologi reaktor fisi)/Breeding (reactor fission technology) : Process which use fissile material as a neutron source to produce more fissile material from fertile material.

Spent fuel storage : A big chamber consist of cooling material, used to store residual nuclear fuel until their activities are low.

Plutonium : Artificial heavy metallic radioactive with atomic number 94.

Boiling Water Reactor (BWR) : A reactor in which the coolant is left boiling and the water functions as coolant

sebagai pendingin dan moderator. Uap air yang terbentuk dapat langsung digunakan untuk menggerakkan turbin.

Reaktor Air Ringan : Reaktor nuklir dengan bahan moderator air ringan (H₂O) atau air biasa. Bahan moderator ini berfungsi pula sebagai pendingin yang mengambil panas reaksi fisi dari teras reaktor. Reaktor air didih dan reaktor air tekan termasuk dalam jenis reaktor ini.

Enhanced Oil Recovery : Teknik lanjutan untuk mengangkat minyak jika berbagai teknik dasar sudah dilakukan tetapi hasilnya tidak seperti yang diharapkan atau tidak ekonomis.

Feasibility Study : Studi untuk menilai kelayakan implementasi sebuah bisnis/proyek.

Millennium Development Goal : Deklarasi Milenium hasil kesepakatan kepala negara dan perwakilan dari 189 negara Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) yang mulai dijalankan pada September 2000, berupa delapan butir tujuan untuk dicapai pada tahun 2015.

Global Warming : Suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi.

Defense in Depth : Pendekatan yang digunakan melalui penerapan hierarkis berbagai lapisan peralatan dan prosedur untuk menjaga efektivitas penghalang fisik yang ditempatkan di antara bahan radioaktif dan pekerja, masyarakat atau lingkungan, dalam operasi normal, kejadian operasional terantisipasi, dan untuk beberapa penghalang dalam kecelakaan pada instalasi.

Produk Domestik Bruto : Nilai keseluruhan semua barang dan jasa yang diproduksi di dalam wilayah tersebut dalam jangka waktu tertentu (biasanya per tahun).

Rasio Elektrifikasi : Tingkat perbandingan jumlah penduduk yang menikmati listrik dengan jumlah total penduduk di suatu wilayah atau negara.

and moderator. The steam can be used to move the turbine.

Light Water Reactor (LWR) : Nuclear reactor which use light water/water (H₂O) as moderator. This moderator also functions as coolant and take the heat from fission in reactor core.

Enhanced Oil Recovery : The advance technique to lift the oil if ordinary technique is not economical.

Feasibility Study : A study to assess whether the implementation of a project is feasible or not.

Millennium Development Goal : Millenium declaration as the result of agreement from head of states from 189 representative countries of United Nations that was implemented in September 2000. The agreement consist of 8 points that should be reached by 2015.

Global Warming : Process of average temperature increment in atmosphere, ocean, and earth surface.

Defense in Depth : Approach using a hierarchical implementation of tools and procedure to sustain barrier efectivity between radioactive material and workers, society or environment in accident or normal operation.

Produk Domestik Bruto/Bruto Domestic Product : Total value of goods and services in the region in specific time.

Electrification Ratio : Ratio of population that use electricity to the total population in a region or country.

Half Live : Time needed for radioactive material to decay to a half of the activity.

Enriched Uranium Product : Material that contains certain isotope with high concentration, example: uranium that had been enrich with uranium isotope 235.

Human Development Index : Measurement of

DAFTAR ISTILAH

Waktu Paruh : Waktu yang diperlukan bahan radioaktif meluruh menjadi separuh jumlah awalnya.

Enriched Uranium Product : Bahan yang mengandung isotop tertentu dengan konsentrasi yang ditingkatkan, misal uranium yang diperkaya dengan isotop uranium-235.

Human Development Index : Pengukuran perbandingan dari harapan hidup, melek huruf, pendidikan dan standar hidup untuk semua negara seluruh dunia.

International Nuclear Event Scale : Ukuran standar internasional tingkat kecelakaan fasilitas nuklir yang mengacu pada skala kecelakaan yang berlaku di Perancis dan Jepang, serta mempertimbangkan berbagai kemungkinan kecelakaan fasilitas nuklir yang dapat terjadi di negara-negara lainnya.

Limbah Aktivitas Rendah : Limbah radioaktif dengan aktivitas di atas tingkat aman (clearance level) tetapi di bawah tingkat sedang, yang tidak memerlukan penahan radiasi selama penanganan dalam keadaan normal dan pengangkutan.

Limbah Aktivitas Sedang : Limbah radioaktif dengan aktivitas di atas tingkat rendah tetapi di bawah tingkat tinggi yang tidak memerlukan pendingin, dan memerlukan penahan radiasi selama penanganan dalam keadaan normal dan pengangkutan.

Limbah Aktivitas Tinggi : Limbah radioaktif dengan tingkat aktivitas di atas tingkat sedang, yang memerlukan pendingin dan penahan radiasi dalam penanganan pada keadaan normal dan pengangkutan, termasuk bahan bakar nuklir bekas.

Peak Ground Acceleration : Percepatan batuan dasar yang timbul akibat adanya gempa.

Small Modular Reactor : Reaktor nuklir mini dengan daya dibawah 300 MW.

comparison of expectancy, literacy, education, and standard of living for all country in the world.

International Nuclear Event Scale : International standard for nuclear facility accident which refers to accident scala used in France and Japan, and consider all possible accident in other countries.

Low Activity Waste : Radioactive waste with activity above clearance level but below medium and does not need shielding in normal condition and transportation.

Medium Activity Waste : Radioactive waste with activity above low level but below high level and needs shielding in normal condition and transportation.

High Activity Waste : Radioactive waste with activity above medium level and need shielding in normal condition and transportation including spent fuel.

Peak Ground Acceleration : Base-rock acceleration due to earthquake.

Small Modular Reactor : Nuclear reactor with electric power below 300 MW.

Modern Society Needs : Kebutuhan sekelompok masyarakat Negara maju/ Modern society needs.

Net Importir : Negara yang memiliki kebutuhan import lebih tinggi daripada export pada periode tertentu/A country with larger import than export.

Green House Gas : Atmosphere gas that cause green house effect.

Disparity : Differences

Greenhouse Effect : Increment of concentration of Carbon dioxide and other gases.

Core Damage Frequency : The probability of core melt.

Modern Society Needs : Kebutuhan sekelompok masyarakat Negara maju/ Modern society needs.

Net Importir : Negara yang memiliki kebutuhan import lebih tinggi daripada export pada periode tertentu.

Gas Rumah Kaca (GRK) : Gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca.

Disparitas : Perbedaan.

Greenhouse Effect : Naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer.

Kemungkinan Leleh Teras/Core Damage Frequence : Tingkat probabilitas melelehnya teras reaktor.

Trickle Down Effect : Sistem perekonomian peninggalan para kapitalis, yang dianut oleh Indonesia sejak jaman Orde baru hingga saat ini. Sistem ini dianggap sebagai sistem perekonomian yang paling ideal untuk memajukan perekonomian suatu bangsa, karena pola ekonominya yang dianggap dapat menyejahterakan bangsa dari level atas hingga paling bawah.

Proteksi Radiasi : Usaha untuk menurunkan paparan radiasi, misal perisai yang melindungi dari radiasi eksternal atau tindakan untuk mengurangi terhisapnya bahan radioaktif.

Trickle Down Effect : An economic system inherited from the capitalists implemented since the new-order era. It is regarded as the ideal economic system because the economic pattern is regarded as capable of bringing prosperity to all walks of the society.

Radiation Protection : Effort to decrease radiation exposure., Example: shielding to protect external exposure or actions to reduce inhalation of radioactive matter.

DAFTAR SINGKATAN

ABBREVIATIONS

ABWR	: Advanced Boiling Water Reactor	MP3EI	: Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia
AGR	: Advanced Gas-cooled Reactor	MTOE	: Million Ton Oil Equivalent
ALARA	: As Low As Reasonably Achievable	NEA	: Nuclear Energy Agency
BBN	: Bahan Bakar Nabati	NEPIO	: Nuclear Energy Program Impementation Organization
BPS	: Badan Pusat Statistik	NPT	: Non Proliferation Treaty
BWR	: Boiling Water Reactor	O&M	: Operation and Maintenance
CANDU	: CANadian Deuterium Uranium	OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
CBM	: Coal Bed Methane	PDB	: Produk Domestik Bruto
CNG	: Compressed Natural Gas	PGA	: Peak Ground Acceleration
DEN	: Dewan Energi Nasional	PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
EBT	: Energi Baru Terbarukan	PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
EOR	: Enhanced Oil Recovery	PLTGB	: Pembangkit Listrik Tenaga Gas Batubara
EUP	: Enriched Uranium Product	PLT	: MPembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro
FBR	: Fast Breeder Reactor	PLTN	: Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
GCR	: Gas Cooled Reactor	PLTP	: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
GRK	: Gas Rumah Kaca	PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
HDI	: Human Development Index	Pusdatin	: Pusat Data dan Informasi
IAEA	: International Atomic Energy Agency	PWR	: Pressurized Water Reactor
IEA	: International Energy Agency	RPJP	: Rencana Pembangunan Jangka Panjang
INEO	: Indonesia Nuclear Energy Outlook	RPP	: Rancangan Peraturan Pemerintah
INES	: International Nuclear Event Scale	SBM	: Satuan Barel Minyak
INIR	: Integrated Nuclear Infrastructure Review	SMR	: Small Modular Reactor
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change	SWU	: Separative Work Units
KEN	: Kebijakan Energi Nasional	TCF	: Trillion Cubic Feet
LAR	: Limbah Aktivitas Rendah	UG	: Ujung Grenggengan
LAS	: Limbah Aktivitas Sedang	ULA	: Ujung Lemah Abang
LAT	: Limbah Aktivitas Tinggi	UW	: Ujung Watu
LPG	: Liquid Petroleum Gas	VVER	: Voda Voda Energo Reactor
LSM	: Lembaga Swadaya Masyarakat	WNA	: World Nuclear Association
MDG	: Millennium Development Goal		
MMBCD	: Million Barrels Crude per Day		

- [1] Luluk Sumiarso, Kebijakan dan Rencana Strategis Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, “Pertemuan Tahunan Pengelolaan Energi Nasional”, Jakarta, 8 Desember 2010.
 - [2] Anggito Abimanyu, Indonesia 2050, “Aspirasi dan Tantangan”, 2011
 - [3] Tumiran, “Permasalahan dan Arah Kebijakan Energi Nasional: Menuju Terwujudnya Kedaulatan Energi Nasional Menuju Kemandirian Bangsa”, Dekan Fakultas Teknik UGM/Anggota Dewan Energi Nasional, Disampaikan pada Seminar Nasional KEN Gedung DPR, November 28, 2011
 - [4] Pusdatin, Handbook of Statistic Energy Economic of Indonesia, Kementerian ESDM, 2011.
 - [5] Direktorat Jenderal EBTKE, “Statistik EBTKE”, Ditjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Maret, 2011
 - [6] Gerry Runte Worthington Sawtelle LLC, “Probabilistic Assessment of Global Nuclear Power Plant Construction Through 2030”, November 2013
 - [7] World Nuclear Association, “The Economics of Nuclear Power”, Vienna, February, 2014
 - [8] PLN, “Final Report Feasibility Study for Bangka Nuclear Power Plant Project - Non Site Aspect”, 2013
 - [9] The University of Chicago EPIC, “Small Modular Reactors – Key to Future Nuclear Power Generation in the U.S.”, November 2011
 - [10] Grant Harris, Phil Heptonstall, Robert Gross & David Handley, 2012, “Cost Estimates for Nuclear Power in the UK”, ICEPT Working Paper, Ref: ICEPT/WP/2012/014, Imperial College, London, 2014
 - [11] World Nuclear Association (WNA), “Supply of Uranium”, <http://www.wna.org/>, August 2012
 - [12] World Nuclear Association (WNA), “Thorium”, <http://www.wna.org/>, March 2014
 - [13] BATAN, “Potensi Uranium & Thorium di Indonesia”, Tahun 2013.
 - [14] Birmano, M., D., "Perhitungan Ongkos Bahan Bakar Nuklir Daur Terbuka dan Tertutup Menggunakan Metode Legecost", Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 2002.
 - [15] Fetter, S., "How Long Will the World's Uranium Supplies Last", <http://www.scientificamerican.com/>, January 26, 2009
 - [16] World Nuclear Association (WNA), “Ensuring Security of Supply in the International Nuclear Fuel Cycle”, August 2012
 - [17] BPPT, “Outlook Energi Indonesia 2013”, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2013
- Andrii Gritsevskiy, “Global Trends in Nuclear Energy Policies and Technology Post-Fukushima”, International Conference on Nuclear Governance Post-Fukushima, Singapore, October 2013.

DAFTAR GRAFIK

LIST OF GRAPH

Grafik 2.1. Konsumsi Energi Final per Kapita.....	9
Grafik 2.2. Konsumsi Listrik per kapita	10
Grafik 2.3. Perkembangan Total Cadangan Minyak Bumi Nasional 2004 – 2012	18
Grafik 2.4. Perkembangan Total Cadangan Gas Bumi Nasional 2004 – 2012.....	19
Grafik 2.5. Perkembangan Nilai Subsidi Energi Mulai Tahun 2007 Hingga 2014.....	21
Grafik 2.6. Pangsa Investasi Pembangunan Infrastruktur Energi Nasional terhadap PDB.....	24
Grafik 3.1. Proyeksi total kebutuhan energi final menurut sektor	28
Grafik 3.2. Proyeksi Total Kebutuhan Energi Final menurut Jenis Bahan Bakar	30
Grafik 3.3. Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia	32
Grafik 3.4. Penyediaan Energi Primer Nasional	34
Grafik 3.5. Produksi Listrik Nasional dan Kebutuhan Totalnya	36
Grafik 3.6. Kapasitas Pembangkit Listrik Keseluruhan	37
Grafik 3.7. Kapasitas Pembangkit EBT	38

Graph 2.1. Final Energy Consumption per Capita	9
Graph 2.2. Electricity Consumption per Capita	10
Graph 2.3. The Development of National Petroleum Reserves from 2004 to 2012	18
Graph 2.4. The Development of the Total National Gas Reserves from 2004 to 2012	19
Graph 2.5. The Development of Energy Subsidies from 2007 to 2014	21
Graph 2.6. The share of the National Energy Infrastructure Development Investment to GDP	24
Graph 3.1. Projection of Total Final Energy Demand Based on Sector	28
Graph 3.2. Projection of Total Final Energy Demand Based on Fuel Type	30
Graph 3.3. Projection of Indonesia Electricity Consumption	32
Graph 3.4. National Primary Energy Supply	34
Graph 3.5. National Electricity Production and Total Demand	36
Graph 3.6. Total Capacity of Power Plant	37
Graph 3.7. Capacity of New and Renewable Power Plant	38

DAFTAR TABEL

LIST OF TABLE

Tabel 3.1. Cadangan Sumberdaya Energi	33
Tabel 3.2. Proyeksi Kapasitas Listrik dari PLTN (Mwe)	40
Tabel 4.1. Jumlah Reaktor Menurut Wilayah	43
Tabel 4.2. Peningkatan PDB Korea Selatan terhadap Kapasitas Listrik Terpasang ...	44
Tabel 5.1. Statistik Jumlah Kematian pada Penggunaan Energi Listrik (1969-2000)	57
Tabel 5.2. Data Potensi Sumberdaya Nuklir di Indonesia	59
Tabel 6.1. Tahapan Studi Tapak	78
Tabel 6.2. Daerah Interes di Kalimantan Timur	81

Table 3.1. Reserve of Energy Resource	33
Table 3.2. Projection of Nuclear Powerplant Capacity (Mwe)	40
Table 4.1. Number of Reactors (by Region)	43
Table 4.2. The Improvement of South Korea's GDP against Installed Electricity Capacity	44
Table 5.1. Statistic of Mortality Number on Electricity Energy Utilizatio (1969-2000)	57
Table 5.2. Data on Nuclear Resource Potentials in Indonesia	59
Table 6.1. Stages of the Study Site	78
Table 6.2. Interest Areas in East Kalimantan	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alur Kerja untuk Menyusun Bauran Energi Optimal	3
Gambar 1.2. Pembagian Wilayah Indonesia Untuk Proyeksi Kebutuhan dan Pasokan Listrik	4
Gambar 2.1. Pangsa Pasokan Energi Nasional	6
Gambar 2.2. Rasio Elektrifikasi	8
Gambar 2.3. Hubungan antara Indek Pembangunan Manusia dengan Konsumsi Listrik per Kapita	12
Gambar 2.4. Tren Peningkatan Emisi CO2 Per Jenis Pembangkit Listrik	26
Gambar 3.1. Pangsa Penyediaan Energi Primer Nasional	35
Gambar 4.1. Jumlah PLTN Beroperasi	42
Gambar 4.2. Jumlah PLTN yang Sedang Dibangun Di Dunia per Benua	43
Gambar 4.3. Evolusi PLTN	45
Gambar 5.1. Pertahanan Berlapis	55
Gambar 5.2. Sistem Penghalang Ganda	55
Gambar 5.3. Level Kecelakaan Nuklir (International Nuclear Event Scale / INES)	56
Gambar 5.4. Perbandingan Jumlah Kematian pada Penggunaan Energi Kelistrikan	57
Gambar 5.5. Sebaran dari kedua sumberdaya Bahan Bakar Nuklir di Indonesia	60
Gambar 5.6. Konsep Jaminan Pasokan BBN Berlapis	61
Gambar 5.7. Konsep Penyimpanan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah, Sedang dan Tinggi	66
Gambar 6.1. Studi tapak PLTN di Indonesia	75
Gambar 6.2. Calon Tapak Muria	76
Gambar 6.3. Calon Tapak Banten	77
Gambar 6.4. Calon Tapak Bangka	79
Gambar 6.5. Wilayah Potensial untuk PLTN Kalbar	80
Gambar 6.6. Wilayah Potensial untuk PLTN Kaltim	81
Gambar 6.7. Road Map Pengembangan Infrastruktur PLTN	83

LIST OF FIGURE

Figure 1.1. Work Flow to Arrange Optimal Energy Mix	3
Figure 1.2. Indonesian Regional Division for Power Demand and Supply Projection.....	4
Figure 2.1. The Share of National Energy Supply.....	6
Figure 2.2. Electrification Ratio.....	8
Figure 2.3. The Relationship between the Human Development Index with Electricity Consumption per Capita	12
Figure 2.4. Trend of Increasing CO2 Emissions of Each Type of Power Plant.....	26
Figure 3.1 Share of National Primary Energy Supply.....	35
Figure 4.1. Number of Operating NPP.....	42
Figure 4.2. The number of NPP under construction in the World (by Continent).....	43
Figure 4.3. Evolution of NPP	45
Figure 5.1. Defense in Depth.....	55
Figure 5.2. Multiple Barrier System	55
Figure 5.3. International Nuclear Event Scale/ INES.....	56
Figure 5.4. Comparison of Mortality Number on Electricity Energy Utilization	57
Figure 5.5. Distribution of Nuclear Fuel Resources in Indonesia	60
Figure 5.6. Concept of Guarantee-in-depth	61
Figure 5.7. Concept of Low, Medium and High Level Radioactive Waste Storage	66
Figure 6.1. NPP Site Study in Indonesia.....	75
Figure 6.2. Muria Site Candidate	76
Figure 6.3. Banten Candidate Site	77
Figure 6.4. Bangka Candidate Site.....	79
Figure 6.5. Potential Region for the West Kalimantan NPP	80
Figure 6.6. Potential Areas for East Kalimantan NPP	81
Figure 6.7. Road Map for Development of NPP Infrastructure	83

