

ISBN 978-602-1328-10-1

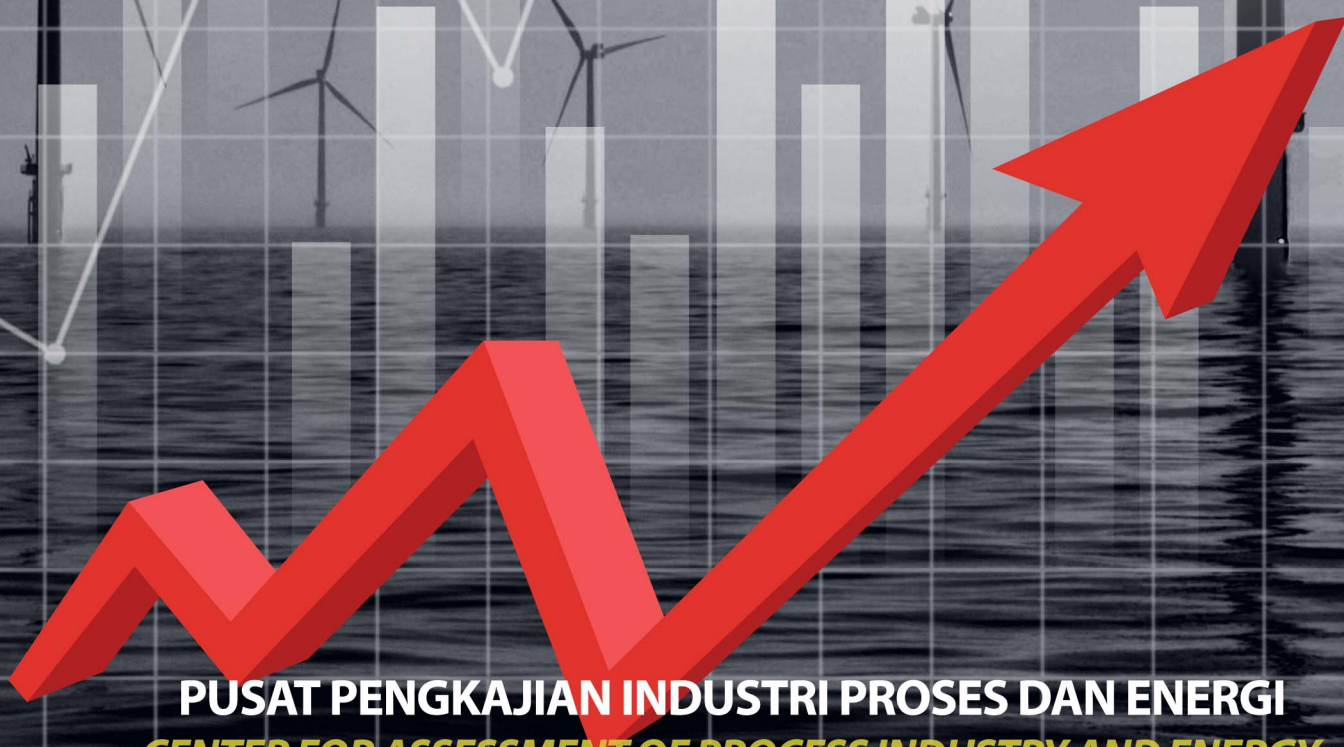


OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2019

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019

Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan
Terhadap Perekonomian Nasional

*The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy
on the National Economy*



PUSAT PENGKAJIAN INDUSTRI PROSES DAN ENERGI
CENTER FOR ASSESSMENT OF PROCESS INDUSTRY AND ENERGY

BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI
AGENCY FOR THE ASSESSMENT AND APPLICATION OF TECHNOLOGY

ISBN 978-602-1328-10-1

OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2019

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019

**Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan
Terhadap Perekonomian Nasional**

*The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy
on the National Economy*

Editor:

Agus Sugiyono

Anindhita

Ira Fitriana

La Ode M.A. Wahid

Adiarso

**This publication is available on the WEB at:
www.bppt.go.id**

**PUSAT PENGKAJIAN INDUSTRI PROSES DAN ENERGI
CENTER OF ASSESSMENT OF PROCESS INDUSTRY AND ENERGY**

**BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI
AGENCY FOR THE ASSESSMENT AND APPLICATION OF TECHNOLOGY**

OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2019

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019

Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional

The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy

ISBN 978-602-1328-10-1

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang / © All rights reserved
Boleh dikutip dengan menyebut sumbernya / May be cited with crediting the source

Diterbitkan oleh / Published by
Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE)
Center of Assessment for Process Industry and Energy
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Agency for the Assessment and Application of Technology
Gedung BPPT II, Lantai 11
BPPT Building II, 11th floor
Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340

Telp. : (021) 7579-1391
Fax : (021) 7579-1391
email : agus.sugiyono@bppt.go.id

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Outlook energi Indonesia 2019 : dampak peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan terhadap perekonomian nasional = Indonesia energy outlook 2019 : the impact of increased utilization of new and renewable energy on the national economy / editor, Agus Sugiyono ... [et al.]. -- Tangerang Selatan : Pusat Pengkajian Industri Proses Dan Energi, 2019.
90 hlm. ; 29 cm.

Bibliografi : hlm. ...
ISBN 978-602-1328-10-1

1. Politik energi. I. Agus Sugiyono.

354.48

SAMBUTAN

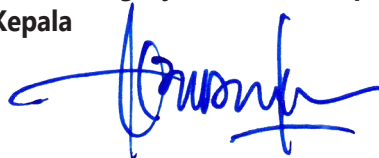
Defisit neraca perdagangan yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini perlu segera diatasi. Penyebab utama defisit tersebut adalah volume ekspor yang berkurang serta impor yang bertambah, terutama minyak bumi dan bahan bakar minyak (BBM), untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat. Kenaikan harga minyak bumi dan BBM akan mendorong peningkatan defisit neraca perdagangan. Pemerintah telah melakukan langkah-langkah yang tepat untuk mengurangi defisit neraca perdagangan dan memperkuat ketahanan energi nasional, diantaranya dengan meningkatkan pemanfaatan sumberdaya energi terbarukan yang belum digunakan secara optimal. Dengan peningkatan pemanfaatan energi terbarukan diharapkan dapat menurunkan komoditas impor yang saat ini mendominasi pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri.

Dalam memasuki RPJMN 2020 – 2024, Pemerintah diharapkan membuat terobosan baru dalam mendorong peningkatan perekonomian nasional. Sejalan dengan hal tersebut BPPT berharap dapat memberikan masukan dan kontribusi berupa rekomendasi dalam bentuk buku Outlook Energi Indonesia (OEI) 2019. Penerbitan BPPT OEI 2019 mengambil tema mengenai “Dampak Peningkatan Energi Baru Terbarukan terhadap Perekonomian Nasional”. Buku ini akan memberikan gambaran mengenai perkembangan pemanfaatan energi untuk saat ini dan masa depan serta dampaknya terhadap sistem perekonomian nasional. Disamping itu, perkembangan dunia terkait dengan transformasi digital yang sudah mulai berimbas pada pola perilaku masyarakat juga menjadi pertimbangan dalam memprakirakan permintaan energi untuk jangka panjang. Transformasi digital memberikan efek peningkatan efisiensi dalam pemanfaatan energi namun dampak disrupsi ekonomi juga perlu dipertimbangkan secara serius. Sumber daya manusia yang berkualitas sangat dibutuhkan sehingga masyarakat dapat beradaptasi dengan dunia global.

Sebagai penutup, kami menyampaikan terima kasih kepada tim penyusun dan seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penyusunan buku ini. Kami mengharapkan masukan dan saran dari semua pihak untuk perbaikan dalam penerbitan selanjutnya.

Jakarta, November 2019

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Kepala



Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc.

FOREWORD

The current trade balance deficit in Indonesia needs to be addressed immediately. The main causes of the deficit are reduced export volumes and increased imports, especially crude oil and oil fuel, to meet growing domestic demand. The increase in crude oil and oil fuel prices will drive the deficit higher. The Government has taken appropriate steps to reduce the trade balance deficit and strengthen national energy security, including by increasing the utilization of renewable energy resources that have not been used optimally. With the increased use of renewable energy, it is expected to reduce imported commodities which currently dominate the fulfillment of domestic energy demand.

Entering the 2020-2024 National Medium-Term Development Plan (RPJMN), the Government is expected to make new breakthroughs to encourage an increase in the national economy. For this matter, BPPT provides recommendation for input and contribution in the form of Indonesia Energy Outlook (OEI) 2019. The theme for BPPT OEI 2019 is "The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy". This book gives an overview of the energy utilization development for the present and the future and their impact on the national economic system. In addition, world developments related to digital transformation that have been impacting on people's behavior are also taken into consideration in predicting long-term energy demand. Digital transformation has the effect of increasing efficiency in energy utilization, however the impact of economic disruption also needs to be seriously considered. It is necessary to improve the quality of human resources so that people can adapt to the global world.

In closing, we would like to thank the Drafting Team and everyone who supported the preparation of this book. We looking forward for any input and suggestions from all parties for improvement in the next publication.

Jakarta, November 2019

**Agency for the Assessment and
Application of Technology
Chairman,**



Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc.

PENGARAH / STEERING COMMITTEE

Kepala BPPT
Chairman of BPPT
Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc.

Deputi Kepala BPPT Bidang Pengkajian Kebijakan Teknologi (PKT)
Deputy Chairman for Technology Policy Assessment
Dr. Ir. Gatot Dwianto, M.Eng.

PENANGGUNGJAWAB / PERSON IN CHARGE

Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE)
Director of Center for Assessment of Process Industry and Energy
Dr. Ir. Adiarso, M.Sc.

Kepala Bagian Program dan Anggaran / *Head of Program and Budget Division*
Dr. Edi Hilmawan, B.Eng., M.Eng.

Kepala Program Pengkajian Energi / *Head of Energy Assessment Program*
Dr. Ir. Abdul Ghofar, M.Eng.

TIM PENYUSUN / AUTHORS

Database dan Pemodelan : <i>Database and Modelling</i>	Anindhita, M.S.
Kebutuhan Energi : <i>Energy Demand</i>	Ratna Etie Puspita Dewi, S.T., M.Sc.
Penyediaan Energi : <i>Energy Supply</i>	Ir. Irawan Rahardjo, M.Eng.
Ketenagalistrikan : <i>Electricity</i>	Ir. Erwin Siregar
Dampak Ekonomi : <i>Economic Impact</i>	Ira Fitriana, S.Si, M.Sc.
	Dra. Nona Niode
	Drs. Yudiantono, M.M.
	Ir. Joko Santosa, M.Sc.
	Ir. Agus Sugiyono, M.Eng.
	Ir. La Ode M.A. Wahid
	Prima Trie Wijaya, S.Kom., M.Kom.
	Ari Kabul Paminto, S.T.
Pendukung Administrasi : <i>Administrative Support</i>	Ir. Anwar Mustafa, M.Sc.
	Nini Gustriani, S.E.
	Sunengsih, S.P.
	M. Soleh Iskandar, S.Kom.

INFORMASI / INFORMATION

Program Perencanaan Energi
Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 720, Klaster Inovasi dan Bisnis Teknologi, Kawasan Puspiptek, Kota Tangerang Selatan
Telp./Fax. (021) 7579-1391
Email: agus.sugiyono@bppt.go.id

UCAPAN TERIMA KASIH

ACKNOWLEDGMENT

Kami mengucapkan terima kasih kepada para profesional di bawah ini yang telah bersedia menjadi narasumber maupun memberikan data-data terkini.

- Dr. Unggul Priyanto, Pusat Pelayanan Teknologi, BPPT.
- Ir. Agus Cahyono Adi, M.T., Kepala Pusat Data dan Teknologi Informasi (Pusdatin), Kementerian ESDM.
- Dr. Djoni Hartono, Kepala Klaster Riset Pemodelan Energi dan Analisis Ekonomi Regional, Departemen Ilmu Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Mochammad Firman Hidayat, S.E., M.A., Plt. Kepala Sub Direktorat Perencanaan Ekonomi Makro, Bappenas.
- Lila Harsyah Bakhtiar, S.T., M.T., Kepala Sub Direktorat Industri Hasil Perkebunan Non Pangan Direktorat Industri Hasil Hutan dan Perkebunan, Kementerian Perindustrian.
- Bapak Hilman Maulana Siwabessy, Process Engineer, Pertamina RU IV, Cilacap.

We would like to express appreciation to the following professionals who have shared their valuable knowledge and providing the latest data.

- *Dr. Unggul Priyanto, Technology Service Center, BPPT.*
- *Ir. Agus Cahyono Adi, M.T., Head of Center for Data and Information Technology, MEMR.*
- *Dr. Djoni Hartono, Head of the Research Cluster for Energy Modeling and Regional Economic Analysis, Department of Economics, University of Indonesia.*
- *Mochammad Firman Hidayat, S.E., M.A., Acting Deputy Director for Macro-economic Planning, Bappenas.*
- *Lila Harsyah Bakhtiar, S.T., M.T., Head of the Sub Directorate of Non-Food Plantation Product Industries, Directorate of Forest and Plantation Product Industries, Ministry of Industry.*
- *Mr. Hilman Maulana Siwabessy, Process Engineer, Pertamina RU IV, Cilacap.*

DAFTAR ISI

TABLE OF CONTENTS

Sambutan / <i>Foreword</i>	iii
Tim Penyusun / <i>Authors</i>	v
Ucapan Terima Kasih / <i>Acknowledgment</i>	vi
Daftar Isi / <i>Table of Contents</i>	vii
Bab 1 Pendahuluan / <i>Introduction</i>	1
1.1 Latar Belakang / <i>Background</i>	2
1.2 Kebijakan Energi Saat Ini / <i>Current Energy Policies</i>	4
1.3 Model, Skenario, dan Kasus / <i>Model, Scenarios, and Cases</i>	7
1.3.1 Model Kebutuhan Energi / <i>Energy Demand Model</i>	7
1.3.2 Model Penyediaan Energi / <i>Energy Supply Model</i>	8
1.3.3 Skenario, dan Kasus / <i>Scenarios, and Cases</i>	9
Bab 2 Kebutuhan Energi / <i>Energy Demand</i>	11
2.1 Transformasi Digital / <i>Digital Transformation</i>	12
2.2 Mobil Listrik Baterai / <i>Battery Electric Vehicle</i>	14
2.2.1 Kebijakan Penggunaan Kendaraan Listrik Baterai / <i>Policy on the Use of Battery Electric Vehicle</i>	14
2.2.2 Penggunaan Mobil Listrik Baterai / <i>Use of Battery Electric Vehicle</i>	16
2.3 Kebutuhan Energi Per Jenis / <i>Energy Demand by Type</i>	18
2.4 Kebutuhan Energi Per Sektor / <i>Energy Demand by Sector</i>	20
2.4.1 Sektor Industri / <i>Industrial Sector</i>	21
2.4.2 Sektor Transportasi / <i>Transportation Sector</i>	22
2.4.3 Sektor Rumah Tangga / <i>Household Sector</i>	23
2.4.4 Sektor Komersial / <i>Commercial Sector</i>	24
2.4.5 Sektor Lainnya / <i>Other Sector</i>	24
Bab 3 Penyediaan Energi / <i>Energy Supply</i>	27
3.1 Potensi Sumber Daya Energi / <i>Energy Resource Potential</i>	28
3.1.1 Energi Fosil / <i>Fossil Energy</i>	28
3.1.2 Energi Baru dan Terbarukan / <i>New and Renewable Energy</i>	30
3.2 Minyak Bumi dan BBM / <i>Crude Oil and Oil Fuels</i>	32
3.2.1 Neraca Minyak Bumi / <i>Crude Oil Balance</i>	32
3.2.2 Neraca Bahan Bakar Minyak / <i>Oil Fuels Balance</i>	34
3.2.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Minyak / <i>Oil Fuels Utilization</i>	36
3.3 Gas Bumi, LNG dan LPG / <i>Natural Gas, LNG and LPG</i>	37
3.3.1 Gas Bumi dan LNG / <i>Natural Gas and LNG</i>	37
3.3.2 LPG	39
3.4 Batubara / <i>Coal</i>	40
3.4.1 Neraca Batubara / <i>Coal Balance</i>	40
3.4.2 Pemanfaatan Batubara / <i>Coal Utilization</i>	41
3.5 Energi Baru dan Terbarukan / <i>New and Renewable Energy</i>	42
3.6 Energi Primer / <i>Primary Energy</i>	44

3.6.1	Penyediaan Energi Primer / <i>Primary Energy Supply</i>	44
3.6.2	Rasio Impor Energi / <i>Energy Import Ratio</i>	46
3.6.3	Neraca Energi Primer / <i>Primary Energy Balance</i>	47
Bab 4	Ketenagalistrikan / <i>Electricity</i>	49
4.1	Kebutuhan dan Produksi Listrik / <i>Demand and Production of Electricity</i>	50
4.2	Kapasitas Pembangkit Listrik / <i>Power Plant Capacity</i>	52
4.3	Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit Listrik / <i>Power Plant Fuel Demand</i>	54
4.4	Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik / <i>Additional Capacity of Power Plant</i>	55
Bab 5	Dampak Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan / <i>Impact of New and Renewable Energy Utilization</i>	57
5.1	Neraca Perdagangan / <i>Balance of Trade</i>	58
5.2	Pemanfaatan Minyak Kelapa Sawit untuk Bahan Bakar Nabati / <i>Utilization of Palm Oil for Biofuel</i>	60
5.2.1	Biodiesel B30	60
5.2.2	Pembangkit Listrik Berbahan Bakar CPO / <i>CPO Fueled Power Plant</i>	60
5.2.3	<i>Green Fuel</i>	61
5.3	Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan / <i>Optimizing the Utilization of New and Renewable Energy</i>	64
5.3.1	Pemanfaatan Bahan Bakar Berbasis Energi Baru Terbarukan / <i>Utilization of New and Renewable Energy Based Fuel</i>	64
5.3.2	Peningkatan Pembangkit Listrik Berbasis Energi Baru Terbarukan / <i>Increased New and Renewable Energy Based Power Plant</i>	66
5.3.3	Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan / <i>Optimizing the Utilization of New and Renewable Energy</i>	67
5.4	Dampak Ekonomi Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan / <i>Economic Impact of New and Renewable Energy Utilization</i>	69
5.4.1	Pengurangan Defisit Neraca Perdagangan dengan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati / <i>Reducing Trade Balance Deficits by Using Biofuels</i>	69
5.4.2	Penciptaan Lapangan Kerja dari Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan untuk Pembangkit Listrik / <i>Job Creation from the Utilization of New and Renewable Energy for Power Plants</i>	71
5.5	Emisi Gas Rumah Kaca / <i>Greenhouse Gas Emission</i>	73
5.5.1	Baseline Emisi GRK di Sektor Energi / <i>Baseline of GHG Emission in Energy Sector</i>	74
5.5.2	Potensi Mitigasi Emisi GRK dengan Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan / <i>Potential of GHG Emission Mitigation from Optimizing New and Renewable Energy Utilization</i>	76
Bab 6	Penutup / <i>Closing</i>	77
	Daftar Pustaka / <i>References</i>	81

1 Pendahuluan

Introduction



1.1 Latar Belakang

Background

Pemerintah terus berupaya untuk mengintegrasikan aksi penanggulangan perubahan iklim ke dalam agenda pembangunan nasional. Studi Bappenas tentang inisiatif pembangunan rendah karbon yang dimulai pada tahun 2017 mengawali upaya tersebut. Berdasarkan hasil studi Bappenas (2019), rekomendasi kebijakan rendah karbon yang diusulkan untuk dilaksanakan pada periode 2020-2045 di sektor energi antara lain adalah: mendorong transisi ke sumber energi terbarukan, meningkatkan efisiensi dan meningkatkan pangsa penggunaan bahan bakar nabati (BBN). Hal ini sejalan dengan komitmen pemerintah dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% dari kondisi tanpa ada aksi (*business as usual*) pada tahun 2030. Sektor dan proporsi kontribusi dalam upaya penurunan emisi GRK sebesar 29%, yakni: kehutanan (17.2%), energi (11%), pertanian (0.32%), industri (0.10%), dan limbah (0.38%).

Wacana peningkatan penggunaan BBN akhir-akhir ini menjadi pembicaraan yang hangat. Pemerintah akan meningkatkan pemanfaatan BBN yang berbasis CPO dari pabrik kelapa sawit untuk mengurangi impor BBM. Sejak Indonesia menjadi negara net oil importer pada tahun 2004, ketergantungan terhadap impor BBM semakin besar. Saat ini sekitar 40% konsumsi BBM Indonesia diimpor dari luar negeri. Impor minyak mentah dan BBM menjadi penyebab utama defisit neraca perdagangan yang pada tahun 2018 mencapai 8,5 miliar USD. Pemerintah terus berupaya untuk mengurangi impor minyak mentah dan BBM dalam rangka menekan defisit neraca perdagangan.

Penyediaan energi primer perlu ditingkatkan dengan berbasis pada energi baru dan terbarukan (EBT) agar dapat memenuhi kebutuhan energi dengan tidak membebani neraca perdagangan dan bisa berkontribusi terhadap penurunan emisi GRK. Kebijakan Energi Nasional (KEN) seperti tertuang dalam Perpres No. 79/2014 sudah mengamanatkan untuk pemanfaatan EBT pada tahun 2025 dengan pangsa sebesar 23% terhadap bauran energi primer dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050. Kebijakan ini diatur lebih lanjut dalam Rencana Umum

The Government continues to integrate climate change countermeasures into the national development agenda. Bappenas' study of low carbon development initiatives starting in 2017 began this effort. Based on the results of Bappenas' study (2019), the proposed low carbon policy recommendations to be implemented in the 2020-2045 period of energy sector include: encouraging the transition to renewable energy resources, increasing efficiency and increasing the share of biofuel use. This is in line with the Government's commitment in the Nationally Determined Contribution (NDC) to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by 29% in business as usual condition in 2030. Sector and its contributions in efforts to reduce GHG emissions by 29%, namely: forestry (17.2%), energy (11%), agriculture (0.32%), industry (0.10%), and waste (0.38%).

The discourse of increasing the use of biofuel lately has become a hot topic of discussion. The Government will increase the use of CPO-based biofuel from palm oil mills to reduce oil fuel imports. Since Indonesia became a net oil importing country in 2004, the dependency on imported oil fuel has become even greater. Currently around 40% of Indonesia's oil fuel consumption is imported from abroad. Imports of crude oil and oil fuel are the main causes of the trade balance deficit in 2018 reaching 8.5 billion USD. The Government continues to reduce imports of crude oil and oil fuel in order to reduce the trade balance deficit.

The primary energy supply of new and renewable energy (NRE) needs to be increased so that it can meet energy demand and not burdening the trade balance also can contribute to reducing GHG emissions. National Energy Policy (KEN) as stated in Presidential Regulation No. 79/2014 has mandated the use of NRE in 2025 with a share of 23% in primary energy mix and increased to 31% in 2050. This policy is further regulated in the General Planning for National Energy (RUEN) listed in Presidential Regulation No. 22/2017. RUEN not only encourages the use of NRE for electricity generation

Energi Nasional (RUEN) yang tercantum dalam Perpres No. 22/2017. RUEN tidak hanya mendorong pemanfaatan EBT untuk pembangkit listrik tetapi juga untuk transportasi, industri, rumah tangga, komersial, dan lainnya. Namun dalam pelaksanaan kebijakan tersebut masih banyak kendala yang dihadapi. Sampai tahun 2017, pemanfaatan EBT baru mencapai pangsa 9,2% terhadap total bauran energi primer.

Saat ini konsumsi energi final masih didominasi oleh penggunaan BBM dengan pangsa sebesar 50%. Sektor terbesar yang menggunakan energi adalah sektor transportasi (43%) disusul oleh sektor industri (35%), sektor rumah tangga (14%) dan sisanya, sektor komersial, dan lainnya. Kebutuhan energi di sektor transportasi didominasi oleh penggunaan BBM dengan pangsa mencapai 94%. Perlu ada diversifikasi penggunaan BBM dengan menggunakan BBN terutama di sektor transportasi supaya ketahanan energi tetap terjaga.

Sejalan dengan kebijakan untuk peningkatan pemanfaatan EBT, Outlook Energi Indonesia (BPPT-OEI) 2019 mengambil tema "Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional". Pembahasan dalam BPPT-OEI 2019 ini sedikit berbeda dibandingkan dengan BPPT-OEI tahun-tahun sebelumnya. BPPT-OEI 2019 disamping memberikan gambaran mengenai perkembangan pemanfaatan energi untuk saat ini dan masa depan juga membahas dampak yang ditimbulkan oleh peningkatan pemanfaatan EBT terhadap perekonomian nasional. Berbagai wacana pemanfaatan CPO untuk bahan bakar akan dibahas, seperti program biodiesel B30 untuk transportasi, program pengembangan *green diesel* dan *green gasoline* baik melalui proses *co-processing* maupun *stand-alone*.

but also for transportation, industry, household, commercial, and others. However, in implementing the policy, there are still many obstacles faced. Until 2017, the utilization of NRE only reached a 9.2% share of the total primary energy mix.

Currently the final energy consumption is still dominated by the use of oil fuel with a share of 50%. The largest sector that uses energy is transportation sector (43%) followed by industrial sector (35%), household sector (14%) and the rest, commercial sector and others. Energy demand in transportation sector is dominated by oil fuel use with a share reaching 94%. It is necessary to diversify the use of fuel by using biofuels, especially in the transportation sector so that energy security is maintained.

In line with the policy to increase the utilization of NRE, Indonesia Energy Outlook (BPPT-OEI) 2019 takes the theme "The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy". The discussion in BPPT-OEI 2019 is slightly different compared to BPPT-OEI in previous years. BPPT-OEI 2019 in addition to providing an overview of the development of energy utilization in the present and in the future also discusses the impact caused by increased utilization of NRE on the national economy. Various discourses on the use of CPO for fuels will be discussed, such as B30 biodiesel program for transportation, green diesel and green gasoline development programs through both co-processing and stand-alone processes.

1.2 Kebijakan Energi Saat Ini

Current Energy Policies

Solusi untuk menghadapi kendala dalam pengembangan energi, khususnya EBT terus dicari dan diikuti dengan terbitnya kebijakan baru. Kementerian ESDM telah mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM No. 50/2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. Permen tersebut memperkenalkan skema BOOT (*Built Own Operate and Transfer*) yang mengatur aset pengembang harus diserahkan kepada PT PLN (Persero) setelah 20-30 tahun. Harga pembelian tenaga listrik dari pengembang ditentukan berdasarkan Biaya Pokok Penyediaan (BPP) setempat. Jika BPP setempat dibawah BPP rata-rata nasional maka harga pembelian ditentukan oleh kesepakatan para pihak (negosiasi). Jika BPP setempat lebih tinggi dari BPP rata-rata nasional maka harga pembelian tenaga listrik maksimum adalah 85% dari BPP setempat tersebut. Sesuai Keputusan Menteri ESDM No. 1772 K/20/MEM/2018 tentang Besaran Biaya Pokok Penyediaan Pembangkitan PT PLN (Persero) Tahun 2017, BPP rata-rata nasional tahun 2017 adalah 7,66 sen USD/kWh. BBP terendah dihasilkan oleh sistem Jamali 6,81 sen USD/kWh dan BPP tertinggi terjadi di Provinsi Nusa Tenggara Timur sebesar 20 sen USD/kWh.

Pengembangan EBT khususnya untuk sektor transportasi masih bertumpu pada pemanfaatan bahan bakar gas (BBG) dan BBN. Hingga saat ini penerapan BBN jenis B20 sudah berjalan sukses. Pemerintah berharap B30 bisa diterapkan tahun 2020 dan akan berlanjut menjadi B50 agar ketergantungan BBM impor bisa dikurangi, meskipun hal tersebut masih memerlukan kajian lebih lanjut.

Kebijakan lain di sektor transportasi tertuang dalam Peraturan Presiden No. 55/2019 untuk pengembangan kendaraan listrik berbasis baterai yang mencakup mobil, bus dan sepeda motor. Pemerintah berharap pemberian insentif terhadap kendaraan listrik akan dapat meningkatkan penetrasi kendaraan listrik di pasar otomotif dan mengurangi pangsa kendaraan BBM. Disamping insentif, kebijakan TKDN juga dimasukkan dalam Perpres tersebut untuk mendorong pengembangan industri pendukung kendaraan listrik dalam negeri.

Solutions to face obstacles in energy development, especially NRE continue to be sought and followed by the issuance of new policies. The Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) has issued MEMR Regulation No. 50/2017 concerning the use of renewable energy sources for the supply of electricity. The regulation introduces a BOOT (Built Own Operate and Transfer) scheme that regulates developer assets must be submitted to PT PLN (Persero) after 20-30 years. The purchase price of electricity from the developer is determined based on the local Provision Cost (BPP). If the local BPP is below the national average BPP, the purchase price is determined by the agreement of the parties (negotiation). If the local BPP is higher than the national average BPP, the maximum electricity purchase price is 85% of the local BPP. In accordance with Minister of Energy and Mineral Resources Decree No. 1772 K/20/MEM/2018 concerning the Principal Amount of Cost of Generating PT PLN (Persero) for 2017, the national average BPP for 2017 is 7.66 cents USD/kWh. The lowest BPP is generated by the Jamali system 6.81 cents USD/kWh and the highest BPP occurs in East Nusa Tenggara Province by 20 cents USD/kWh.

NRE development especially for the transportation sector still relies on the use of gas and biofuel. Until now, the application of biofuel type B20 has been successful. The Government hopes that B30 can be implemented in 2020 and will continue to become B50 so that the dependence on imported oil fuel can be reduced, although this still requires further study.

Other policies in the transportation sector are stipulated in Presidential Regulation No. 55/2019 for the development of battery-based electric vehicles which include cars, buses and motorcycles. The Government hopes that providing incentives to electric vehicles will increase the penetration of electric vehicles in the automotive market and reduce the share of oil fuel vehicles. In addition to the incentives, local content policies are also included in the Presidential Regulation to encourage the development of industries supporting domestic electric vehicles.

Pertamina akan meningkatkan kapasitas kilang minyak melalui program RDMP (*Refinery Development Master Plan*) dan GRR (*Grass Root Refinery*). RDMP meliputi perluasan empat kilang yang sudah ada yaitu Balikpapan, Cilacap, Balongan, dan Dumai. GRR akan membangun kilang minyak dan petrokimia di Tuban dan Bontang. Program ini akan menaikkan kemampuan input kilang menjadi hampir 2 juta barrel minyak bumi per hari dibandingkan saat ini yang hanya sekitar 1 juta barel minyak bumi per hari. Bukan hanya penambahan kapasitas, produk kilang yang dihasilkan juga akan memiliki standar Euro 4 yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu inovasi yang juga sedang dilakukan pemerintah melalui Pertamina adalah pengembangan *green fuel* yang mencakup *green diesel*, *green gasoline*, *green avtur* dan *green LPG*. Berbeda dengan biodiesel yang diperoleh melalui proses esterifikasi CPO, *green fuel* diperoleh dengan mengolah langsung CPO di kilang minyak melalui suatu proses kimia dengan bantuan katalis baik secara *co-processing* maupun *stand-alone*. Bahan bakar yang dihasilkan merupakan bahan bakar berkualitas tinggi dengan nilai oktan yang lebih tinggi dan ramah lingkungan. Kilang Plaju menjadi *pilot project* dalam pengolahan CPO menjadi *green fuel* dan akan diperluas pada kilang lainnya seperti Kilang Cilacap, Balongan dan Dumai.

Di sektor rumah tangga, pemerintah bertekad untuk meningkatkan penggunaan jargas sebagai pengganti LPG. Selain itu pemanfaatan DME (*Dimetil Ether*) sebagai pengganti LPG juga sedang dikaji. Batubara dipilih sebagai sumber bahan baku DME karena ketersediaan yang melimpah. Batubara dikonversi menjadi gas sintetis dan bisa langsung dikonsumsi oleh sektor industri baik sebagai bahan bakar maupun bahan baku (pabrik pupuk dan petrokimia). Gas sintetis ini dapat juga diproses lebih lanjut menjadi DME. Kebijakan penggunaan DME pengganti LPG diharapkan bisa terlaksana pada tahun 2022 dengan memperhatikan harga dan nilai kalor dari DME dibandingkan dengan LPG.

Pertamina will increase the capacity of oil refineries through the RDMP (Refinery Development Master Plan) and GRR (Grass Root Refinery) programs. RDMP covers the expansion of four existing refineries namely Balikpapan, Cilacap, Balongan, and Dumai. GRR will build oil and petrochemical refineries in Tuban and Bontang. This program will increase the capacity of refinery input to nearly 2 million barrels of crude oil per day compared to currently only around 1 million barrels of crude oil per day. Not only the addition of capacity, the resulting refinery products will also have a more environmentally friendly Euro 4 standard.

One of the innovations that are also being carried out by the Government through Pertamina is the development of green fuels that include green diesel, green gasoline, green avtur and green LPG. Unlike biodiesel obtained through the CPO esterification process, green fuel is obtained by processing CPO directly in oil refineries through a chemical process with the help of catalysts either by co-processing or stand-alone. The fuel produced is high quality fuel with a higher octane value and environmentally friendly. The Plaju refinery becomes a pilot project in processing CPO into green fuel and will be expanded to other refineries such as the Cilacap, Balongan and Dumai refineries.

In the household sector, the Government is determined to increase the use of natural gas network instead of LPG. In addition, the use of DME (Dimethyl Ether) as a substitute for LPG is also being studied. Coal was chosen as the source of DME raw material due to its abundant availability. Coal is converted into synthetic gas and can be directly consumed by the industrial sector as both fuel and raw materials (fertilizer and petrochemical plants). This synthetic gas can also be further processed into DME. The policy to use LPG substitute DME is expected to be implemented in 2022 by taking into account the price and calorific value of DME compared to LPG.

Kebijakan energi lainnya seperti konservasi dan efisiensi energi masih terus didorong oleh pemerintah. Pemerintah memperluas program label hemat energi dan Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM) secara bertahap dengan melakukan *phasing out* teknologi peralatan rumah tangga yang boros energi. Upaya penghematan energi akan membutuhkan biaya yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan biaya pembangunan pembangkit atau kilang baru. Dengan berbagai kebijakan energi tersebut, pemerintah berharap bisa mandiri dalam memenuhi kebutuhan energi kedepan dan menjaga ketahanan energi nasional dari pengaruh perubahan global.

Other energy policies such as conservation and energy efficiency continue to be driven by the Government. The Government is expanding its energy saving labeling program and the Minimum Energy Performance Standard (MEPS) gradually by phasing out inefficient energy household appliances technology. Energy saving efforts will require much lower costs compared to the cost of building new plants or refineries. With these various energy policies, the Government hopes to be independent in meeting future energy demand and maintaining national energy security from the effects of global change.

1.3 Model, Skenario dan Kasus

Model, Scenarios, and Cases

1.3.1 Model Kebutuhan Energi

Proyeksi kebutuhan energi dalam BPPT-OEI 2019 menggunakan model BPPT-MEDI (*Model of Energy Demand for Indonesia*) yang merupakan pengembangan model MAED (*Model for Analysis of Energy Demand*) dari IAEA. Model ini mengestimasi kebutuhan energi untuk lima sektor, yaitu sektor industri, rumah tangga, transportasi, komersial, dan lainnya. Asumsi-asumsi yang dipakai dalam Model BPPT-MEDI adalah sebagai berikut:

- Tahun dasar yang dipakai adalah 2017 dan periode proyeksi adalah hingga 2050.
- Proyeksi pertumbuhan PDB mempertimbangkan Nota Keuangan RAPBN 2019 dan Rancangan Teknokratis RPJMN 2020-2024.
- Data konsumsi energi tahun dasar diperoleh dari *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2018*, Kementerian ESDM.
- Harga minyak bumi tahun 2019-2050 mengikuti proyeksi *Energy Information Administration* (EIA) Amerika Serikat.
- Harga batubara tahun 2019-2030 mengikuti proyeksi batubara Australia dari Bank Dunia sementara untuk tahun 2031-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan sebelumnya.
- Harga LNG tahun 2019-2030 mengikuti proyeksi CIF Jepang dari Bank Dunia sementara untuk tahun 2031-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan sebelumnya.
- Pertumbuhan penduduk dan laju urbanisasi untuk periode 2017-2035 mengikuti proyeksi jangka panjang dari Bappenas-BPS-UNFPA, sedangkan pertumbuhan untuk periode 2036-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan sebelumnya. Satu rumah tangga diasumsikan terdiri dari 4 orang dan berlaku hingga 2050.
- Rasio elektrifikasi dan elastisitas kebutuhan listrik untuk periode 2019-2028 mengikuti Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero). Rasio elektrifikasi Indonesia diasumsikan akan mencapai 100% tahun 2020.

1.3.1 Energy Demand Model

Energy demand projection in BPPT-OEI 2019 uses the BPPT-MEDI (Model of Energy Demand for Indonesia) model, which is the development of MAED (Model for Analysis of Energy Demand) from IAEA. This model estimates energy demand for five sectors, namely industrial, household, transportation, commercial, and others sector. The assumptions used in the model are as follows:

- *The base year is 2017 and projection period is up to 2050.*
- *GDP growth projections consider the Draft State Budget Financial Notes 2019 and the RPJMN 2020-2024 Technocratic Draft.*
- *Energy consumption data for base year is obtained from Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2018, Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR).*
- *Crude oil price in 2019-2050 follows the projection of U.S Energy Information Administration (EIA).*
- *Coal price for 2019-2030 follows the projection of Australia's coal price from World Bank, while for 2031-2050 it is adjusted to the previous growth trend.*
- *LNG price in 2019-2030 follows the projection of CIF Japan from World Bank, while for 2031-2050 it is adjusted to the previous growth trend.*
- *Population growth and urbanization rates for period 2016-2035 follow the long-term projections of Bappenas-BPS-UNFPA, while growth for 2036-2050 is adjusted to previous growth trends. One household is assumed to consist of four people and is valid until 2050.*
- *Electrification ratio and elasticity of electricity demand for period 2019-2028 follow the Power Supply Business Plan (RUPTL) PT. PLN (Persero). Electrification ratio of Indonesia is assumed to reach 100% in 2020.*

- Kebutuhan kayu bakar di sektor rumah tangga tidak dipertimbangkan.
- Kebutuhan BBM tidak dibedakan antara BBM subsidi dan non subsidi.
- Konservasi energi sudah dipertimbangkan.

1.3.2 Model Penyediaan Energi

MARKAL adalah model numerik yang digunakan dalam BPPT-OEI 2019 untuk mengoptimasi alokasi penyediaan sumber daya energi dan teknologi. Model ini menggunakan biaya minimum (*least cost*) sebagai fungsi obyektifnya. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam model MARKAL adalah:

- Pasokan gas bumi mempertimbangkan Neraca Gas Bumi Indonesia 2016-2035 (Kementerian ESDM) dan mempertimbangkan cadangan terbukti dan potensial (90% P1 dan 50% P2).
- Data cadangan batubara dan minyak bumi diperoleh dari Kementerian ESDM tahun 2017. Cadangan minyak yang dipertimbangkan adalah cadangan terbukti dan potensial. sedangkan cadangan batubara yang dipertimbangkan adalah cadangan tertambang dan cadangan terbukti.
- Penambahan kilang minyak baru mempertimbangkan rencana pengembangan kilang pertamina RDMP dan GRR. Setelah tahun 2025, penambahan kilang diasumsikan berlangsung setiap lima tahun dengan kapasitas 300 ribu barel/hari.
- Pengembangan *shale gas* dan CBM dipertimbangkan dalam model.
- Rencana pembangunan jaringan gas (Jargas) untuk rumah tangga mempertimbangkan Rencana Induk Infrastruktur Gas Bumi Nasional 2016-2030 dari Kementerian ESDM.
- Penyediaan biodiesel naik secara bertahap hingga mencapai 30% di tahun 2025, dengan mempertimbangkan mandatori biodiesel dalam Permen ESDM No. 12/2015 dan kemajuan teknologi mesin otomotif.
- Pengoperasian pembangkit listrik *ultra-supercritical* boiler untuk PLTU batubara 1000 MW di wilayah Jawa dan PLTU batubara mulut tambang di wilayah Sumatera dan Kalimantan sesuai dengan RUPTL 2019-2028.
- Konservasi energi mempertimbangkan pemanfaatan teknologi yang efisien.

- *Demand for firewood in household sector is not considered.*
- *Demand for petroleum fuel is not differentiated between subsidized and non-subsidized one.*
- *Energy conservation is considered.*

1.3.2 Energy Supply Model

MARKAL is a numerical model used in BPPT-OEI 2019 to optimize the allocation of energy supply and technology. This model uses least cost as the objective function. The assumptions included in the model are:

- *Natural gas supply considers Indonesia's Gas Balance 2016-2035 from MEMR. Natural gas reserves considered the proven and potential reserves (90% P1 and 50% P2).*
- *Coal and petroleum reserves data obtained from the MEMR data 2017. The oil reserves considered the proven and potential reserves, while coal reserves considered the mined and proven reserves.*
- *The addition of new oil refineries considers the Pertamina's refinery development plan of RDMP and GRR. After 2025, the refineries addition is assumed to take place every five years with a capacity of 300 thousand barrels/day.*
- *Shale gas and CBM development are considered in the model.*
- *Natural gas network (Jargas) development plans for households consider the National Gas Infrastructure Master Plan 2016-2030 from the MEMR.*
- *Supply of biodiesel increases gradually to reach 30% in 2025, taking into account the mandatory biodiesel in MEMR Regulation No. 12/2015 and advances in automotive engine technology.*
- *Operation of ultra-supercritical boiler power plant for 1000 MW coal-fired power plant in Java region and mine-mouth power plant in Sumatera and Kalimantan region are according to RUPTL 2019-2028.*
- *Energy conservation is considered through the efficient use of technology.*

1.3.3 Skenario dan Kasus

Dalam membuat analisis diperlukan skenario dan kasus sebagai acuan dalam membuat proyeksi untuk jangka panjang. Skenario untuk penyediaan energi meliputi: skenario dasar dan skenario peningkatan EBT, sedang kasus yang diambil adalah kasus peningkatan mobil listrik, kasus bahan bakar nabati berbasis CPO, dan kasus peningkatan EBT kelistrikan.

1.3.3 Scenario and Cases

In making the analysis, it is necessary to use scenarios and cases as a reference in making long-term projections. Scenarios for energy supply include: base scenarios and increased NRE scenarios, while the cases taken into consideration are case of increased electric car, case of CPO-based biofuels, and cases of increased NRE electricity.

Skenario / Scenario

Skenario adalah satu set asumsi dalam model yang dampaknya dianalisis terhadap keseluruhan sistem energi. Untuk mempermudah analisis, biasanya perbedaan asumsi antara satu skenario dengan yang lain terletak hanya pada beberapa variabel. Dalam BPPT-OEI 2019, dianalisis dampak dua skenario penyediaan yaitu **skenario dasar** dan **skenario peningkatan EBT**. Perbedaan kedua skenario ini terletak pada pangsa EBT baik dalam bauran energi final maupun dalam bahan bakar pembangkit.

*Scenario is a set of assumptions used when running the model whose effects are analyzed for the entire energy system. To simplify the analysis, usually the difference between scenarios lies in only on several variables. In BPPT-OEI 2019, two scenarios are analyzed namely the **base scenario** and **increased NRE (INRE) scenario**. The difference between these two scenarios lies in the share of NRE both in the final energy mix and in fuel for power plant*

Tabel 1.1 Pangsa Energi Final

Table 1.1 Final Energy Mix

Jenis Energi / Energy Type	Skenario Dasar / Base Scenario				Skenario Peningkatan EBT / INRE Scenario			
	2017	2020	2025	2050	2017	2020	2025	2050
Batubara / Coal	29.4%	32.6%	35.0%	43.2%	29.4%	32.6%	30.2%	33.6%
Gas	40.8%	36.5%	32.1%	27.0%	40.8%	35.9%	32.3%	27.9%
BBM / Oil Fuel	20.7%	20.0%	18.6%	14.4%	20.7%	20.0%	19.4%	15.1%
EBT / NRE	9.2%	11.0%	14.3%	15.4%	9.2%	11.5%	18.0%	23.4%

Tabel 1.2 Pangsa bahan bakar pembangkit

Table 1.2 Share of power plant's fuel

Jenis Energi / Energy Type	Skenario Dasar / Base Scenario				Skenario Peningkatan EBT / INRE Scenario			
	2017	2020	2025	2050	2017	2020	2025	2050
Batubara / Coal	65.2%	65.8%	66.6%	72.8%	65.2%	65.8%	59.1%	57.8%
Gas	17.5%	19.1%	17.3%	11.7%	17.5%	19.1%	19.2%	13.1%
BBM / Oil Fuel	4.5%	2.2%	0.5%	0.1%	4.5%	2.2%	0.5%	0.2%
Air / Hydro	8.8%	7.9%	8.1%	5.5%	8.8%	7.9%	10.2%	7.7%
Panas Bumi / Geothermal	3.8%	3.8%	4.8%	3.9%	3.8%	3.8%	8.0%	6.6%
Biomassa / Biomass	0.2%	0.5%	0.9%	0.9%	0.2%	0.5%	1.0%	1.6%
Surya / Photovoltaic	0.0%	0.3%	1.0%	1.0%	0.0%	0.3%	1.1%	3.0%
Angin / Wind	0.0%	0.1%	0.8%	0.7%	0.0%	0.1%	0.8%	1.4%
BBN / Biofuel	0.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%	0.0%
Nuklir / Nuclear	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%
Laut / Ocean	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Kasus / Cases

Kasus adalah satu set asumsi dalam model yang dampaknya dikaji hanya terhadap bagian tertentu di sistem energi. Ruang lingkup dari suatu kasus bersifat terbatas dan spesifik sehingga hasilnya dapat dianalisis dengan lebih cepat namun belum tentu menggambarkan dampak terhadap keseluruhan sistem energi. Berikut adalah kasus-kasus yang dianalisis dalam BPPT-OEI 2019:

A case is a set of assumptions used in the model whose effects are analyzed only on a particular part of energy system. The scope of a case is more limited so the results can be analyzed more quickly. The following are cases analyzed in BPPT-OEI 2019:

- Kasus peningkatan mobil listrik / *Case of increased electric car*
- Kasus bahan bakar nabati berbasis CPO / *Case of CPO-based biofuel*
- Kasus peningkatan EBT kelistrikan / *Case of increased NRE electricity.*

Tabel 1.3 Asumsi ekonomi makro dan harga energi

Table 1.3 Assumptions on macroeconomic and energy prices

Keterangan / Note	Satuan / Unit	Tahun / Year			
		2017	2020	2025	2050
PDB / GDP	<i>Trillion Rupiah Constant 2010</i>	9,912	11,570	15,366	47,406
- Pertumbuhan / <i>Growth</i> (avg. 4.86%)	%/tahun %/year	5.07	5.40	5.99	3.35
Populasi / Population	Juta Jiwa <i>Million People</i>	261.70	271.07	284.83	332.47
- Pertumbuhan / <i>Growth</i> (avg. 0.73%)	%/tahun %/year	1.21	1.16	0.98	0.52
Harga Minyak / Crude Price^a	USD/barrel <i>Current Price</i>	54.2	77.2	97.2	225.7
Harga Batubara / Coal Price^b	USD/tonne <i>Current Price</i>	88.5	90.0	73.5	38.3
Harga LNG / LNG Price^c	USD/MMBTU <i>Current Price</i>	8.6	7.5	8.0	9.8

Catatan / Note: a: Brent Price, EIA Annual Energy Outlook 2019

b: Australian Coal

c: CIF on Japan; Calculated based on the World Bank April 2019 price forecast

2 Kebutuhan Energi *Energy Demand*



Generator PLTP Kamojang 3 MW (Humas, BPPT)

2.1 Transformasi Digital

Digital Transformation

Parameter penting yang mempengaruhi kebutuhan energi jangka panjang adalah aktivitas ekonomi dan intensitas energi. Aktivitas ekonomi terkait erat dengan perilaku manusia, sedangkan intensitas energi berhubungan dengan perkembangan teknologi. Penerapan teknologi digital (atau disebut transformasi digital) dalam kegiatan masyarakat sehari-hari dapat menciptakan disrupsi dan mempengaruhi perilaku. Transformasi digital dapat berdampak pada perubahan aktivitas ekonomi dan meningkatkan efisiensi karena adanya perubahan teknologi. Hasil survei PwC (2016) di berbagai perusahaan menyimpulkan bahwa transformasi digital dapat mengurangi biaya operasional sebesar 3,6% dan meningkatkan efisiensi sebesar 4,1% setiap tahun. Dalam dunia usaha, Schneider (2019) juga melaporkan bahwa transformasi digital seperti penerapan *real-time monitoring* dalam manajemen energi dapat meningkatkan efisiensi, keandalan, keselamatan, dan keberlanjutan. Transformasi digital dalam dunia usaha yang telah diterapkan oleh Schneider dapat mengurangi biaya investasi rata-rata sebesar 23%, mengurangi konsumsi energi sebanyak 24%, dan mengurangi biaya energi sekitar 28%.

IEA (2019) sudah melakukan studi secara spesifik tentang dampak transformasi digital terhadap kebutuhan energi di sektor transportasi, gedung (rumah tangga dan komersial), dan industri. Sektor transportasi saat ini sudah berkembang konektivitas antar moda, berbagi perjalanan, dan otomatisasi alat angkut. Gedung pintar akan meningkatkan kenyamanan dan mengubah pola penggunaan energi menjadi lebih efisien. Penghematan energi di sektor industri dapat dicapai melalui pemanfaatan sistem kendali proses yang maju dan terintegrasi dengan sensor cerdas serta pemroses data untuk memprediksi kegagalan peralatan.

Tren transformasi digital di Indonesia untuk pengguna energi saat ini telah mendapat perhatian luas. Beberapa tren penting di sektor pengguna energi diantaranya adalah:

Important parameters that affect long-term energy demand are economic activity and energy intensity. Activity is closely related to human behavior while intensity is related to technological development. The application of digital technology (or called digital transformation) in everyday activities can create disruption and influence behavior. Digital transformation can have an impact on changes in economic activity and improve efficiency due to technological change. Results of the PwC survey (2016) to various companies concluded that digital transformation can reduce operational costs by 3.6% and increase efficiency by 4.1% each year. In the business world, Schneider (2019) also reports that digital transformation such as the application of real-time monitoring in energy management can improve efficiency, reliability, safety, and sustainability. Digital transformation in the business world that has been implemented by Schneider can reduce investment costs by an average of 23%, reduce energy consumption by 24% and reduce energy costs by 28%.

The IEA (2019) has conducted a specific study on the impact of digital transformation on energy demand in the transportation, building (household and commercial), and industrial sectors. The transportation sector is now developing connectivity between modes, sharing trips, and automation of transportation equipment. Smart buildings will increase comfort and change energy use patterns to be more efficient. Energy savings in the industrial sector can be achieved through the use of advanced process control systems and integrated with smart sensors and data processors to predict equipment failures.

The trend of digital transformation in Indonesia for energy users has received widespread attention. Some important trends in the energy user sector include:

- Penggunaan robot dalam proses produksi di sektor industri.
- Penerapan *smart home system* untuk mengontrol peralatan listrik dengan menggunakan *smart phone*.
- Aplikasi pemesanan angkutan *online* dan juga belanja *online* yang meningkat dengan pesat.
- Pemanfaatan teknologi *drone* untuk pemupukan dan membasmi hama tanaman di sektor pertanian.

Transformasi digital yang mungkin terjadi di semua sektor pengguna energi perlu dirumuskan lebih lanjut dan dianalisis dampaknya terhadap penggunaan energi.

- *The use of robots in production process of industrial sector.*
- *Application of smart home systems to control electrical equipment using smart phones.*
- *Online transportation booking applications and online shopping are increasing rapidly.*
- *Utilization of drone technology for fertilizing and eradicating crop pests in the agricultural sector.*

Digital transformations that may occur in all sectors of energy users need to be further formulated and analyzed their impact on energy use.

2.2 Kendaraan Listrik Baterai

Battery Electric Vehicle

2.2.1 Kebijakan Penggunaan Kendaraan Listrik Baterai

Peraturan Presiden (Perpres) No. 55/2019 tentang percepatan program kendaraan listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan, diharapkan memberikan iklim investasi yang baik guna mendorong pertumbuhan industri baterai listrik sebagai komponen utama kendaraan listrik. Keberhasilan kendaraan listrik 60% kuncinya ada pada komponen baterai. Rancangan industri kendaraan listrik harus bisa kompetitif dengan membangun investasi baterai listrik terlebih dulu di dalam negeri. Pembangunan industri kendaraan listrik memakan waktu sampai dua tahun, sehingga diperlukan aturan yang harus mengakomodasi pola adaptasi masyarakat terhadap kendaraan listrik, yang harga kendaraan listrik masih lebih tinggi sekitar 40% dibanding kendaraan konvensional.

Untuk mempercepat pembangunan industri mobil listrik, pemerintah membuka kesempatan impor mobil listrik sebelum beroperasinya pabrik mobil listrik di Indonesia. Investor nantinya akan mendapatkan kuota impor CBU (*complete build-up*) mobil listrik sesuai komitmen investasi. Semakin besar pabrik dan nilai modalnya, semakin banyak ijin impor dari pemerintah. Pemerintah memberikan waktu kepada industri dua sampai tiga tahun untuk melakukan investasi. Saat ini sudah ada tiga hingga empat perusahaan otomotif yang sudah memberikan komitmen investasi untuk pengembangan kendaraan berbasis listrik.

Perpres tentang kendaraan listrik mengatur minimum Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) sebesar 35% untuk mobil listrik sampai tahun 2023, dan terus naik secara bertahap hingga 80% pada tahun 2030. Untuk itu, industri kendaraan harus mendorong penggunaan bahan baku dalam negeri, seperti baterai listrik dan komponen penyusunnya. Perpres tentang kendaraan listrik mulai berlaku tahun 2021. Di sisi lain, Pemerintah dalam tahap finalisasi Peraturan Pemerintah tentang pajak penjualan atas barang mewah (PPnBM). Dalam PP tentang PPnBM terdapat insentif sesuai besaran emisi kendaraan, untuk kendaraan listrik yang tidak memiliki emisi sama sekali akan dikenakan PPnBM 0%, sedangkan mobil mewah yang punya emisi tinggi akan dikenakan PPnBM yang sangat besar. Kedua regulasi ini akan membantu pengembangan

2.2.1 Policy on the Use of Battery Electric Vehicle

Presidential Regulation No. 55/2019 concerning the acceleration of the battery electric vehicle program for road transportation, is expected to provide a favorable investment climate to encourage the growth of the electric battery industry as a major component of electric vehicles. The key of 60% of electric vehicle successes lies in the battery components. The design of electric vehicle industry must be competitive by building an investment in domestic electric batteries. The development of electric vehicle industry takes up to two years. Thus, these rules must be able to accommodate the adaptation pattern of community to electric vehicle, even when the price of electric vehicle can be 40% higher than conventional vehicles.

*To accelerate the development of electric car industry, the Government will open the opportunity to import electric car prior to the operation of electric car factory in Indonesia. Later on, investors will get an import quota for CBU (*complete build-up*) of electric cars in the period according to investment commitments. The larger the factory and its capital value, the more import licenses from the Government. The Government gives industry time, two to three years, to invest. There are currently three to four automotive companies that have made investment commitments for the development of electric-based vehicles.*

Presidential Regulation concerning electric vehicle will set a minimum local content requirements (TKDN) of 35% for electric car until 2023, and continue to increase gradually up to 80% in 2030. Thus, the automotive industry must encourage the use of domestic raw materials such as electric batteries and its components. The Presidential Regulation on electric vehicle is planned to take effect starting 2021. On the other hand, the Presidential Regulation on sales tax on luxury goods (PPnBM) also provides incentives related to the amount of vehicle emissions, where electric vehicle with no emissions at all will get PPnBM 0%. While the luxury car category that has high emissions will get a very large PPnBM. These two regulations will help the development of the electricity-based vehicle ecosystem in Indonesia as a future transportation mode.

kendaraan berbasis listrik di Indonesia sebagai transportasi masa depan.

Sejumlah pelaku usaha komponen otomotif diprediksi bakal hilang jika sudah masuk era kendaraan listrik., karena kendaraan listrik membutuhkan lebih sedikit komponen dibanding kendaraan *internal combustion engine* (ICE). Adapun kendaraan truk masih tetap membutuhkan ICE karena jika menggunakan baterai masih terlalu berat. Kendaraan listrik akan mengandalkan baterai sebagai motor penggerak dengan *power train* dan unit kontrol, sehingga banyak komponen yang tidak terpakai, seperti knalpot, tangki, busi, dan lainnya.

Salah satu komponen utama dalam mendukung kendaraan listrik adalah tersedianya Stasiun Pengisian Listrik Umum (SPLU) secara memadai agar tidak menyulitkan konsumen. Selain itu, pemerintah juga perlu sosialisasi teknologi kendaraan listrik ke publik. Perpres No. 55/2019 merupakan wujud dari keseriusan pemerintah mendukung pengembangan kendaraan listrik. Pemanfaatan kendaraan listrik berdampak terhadap perbaikan kualitas udara dan lingkungan. Adanya industri kendaraan listrik juga mendorong Indonesia berpotensi sebagai eksportir kendaraan listrik. Saat ini, Indonesia mengenal beberapa jenis kendaraan listrik, seperti *hybrid*, *plug-in hybrid*, *battery*, dan *fuel cell*. Kendaraan *hybrid* menggunakan bahan bakar mesin dan baterai. *Plug-in hybrid* merupakan mobil *hybrid* yang menggunakan pengisian daya listrik dari luar. Adapun *fuel cell* merupakan kendaraan yang bahan bakarnya menggunakan hidrogen.

Kesuksesan pengembangan kendaraan listrik selain didukung oleh ketersediaan SPLU juga harus sesuai dengan preferensi konsumen. Penggunaan kendaraan listrik juga berdampak terhadap peningkatan kapasitas pembangkit listrik untuk mendukung kebutuhan konsumen. Dalam hal ini diperlukan kualitas pasokan listrik yang prima dengan risiko kenaikan tarif listrik yang terkendali.

Dalam hal pengolahan limbah baterai, pemerintah diharapkan mempersiapkan metode pengolahan baterai bekas yang tepat agar tidak menimbulkan masalah lingkungan baru karena baterai kendaraan listrik masuk dalam kategori B3 atau bahan berbahaya dan beracun. Ukuran baterai sangat beragam, mulai dari sekecil baterai mobil konvensional sampai sebesar yang dipakai bus listrik dengan berat baterai mencapai 2 ton. Pengolahan baterai bekas memerlukan cara dan aturan yang benar. Saat ini, baru negara Belgia yang mampu mengolah limbah baterai dengan cara daur ulang.

A number of automotive component business players are predicted to disappear if the era of electric vehicle begins. Electric vehicle requires fewer components than internal combustion engine (ICE) vehicle. Whereas freight vehicle still needs ICE due to sizable batteries requirement. Electric vehicle will rely on batteries as a driving motor with a power train and control unit so that many components are not used, such as exhaust, tanks, spark plugs and others.

One of the main components in supporting electric vehicles is the availability of an adequate number of Public Electric Charge Station (SPLU). In addition, the Government also needs to socialize electric vehicle technology to the public. Presidential Regulation No. 55/2019 is a manifestation of the Government's serious intent in supporting the development of electric vehicle. The use of electric vehicles has an impact on improving air quality and the environment. The existence of electric vehicle industry also encourages Indonesia as a potential exporter of electric vehicles. At present, Indonesia is familiar with several types of electric vehicles, such as hybrid, plug-in hybrid, battery, and fuel cell. Hybrid vehicles use engine fuel and batteries. Plug-in hybrid is a hybrid car that uses electricity from outside charging. The fuel cell is a vehicle whose fuel uses hydrogen.

The success of developing electric vehicles in addition to being supported by the availability of charging station must also be in accordance with consumer preferences. The use of electric vehicle also has impact on increasing the capacity of power plants to support consumer demand. In this case, excellent quality of electricity supply is needed with the risk of an increase in electricity tariffs.

In the case of waste battery processing, the Government is expected to prepare an appropriate method of processing used batteries so as not to cause new environmental problems because electric vehicle batteries fall into the B3 category or hazardous and toxic materials. The size of batteries is very diverse, ranging from as small as a conventional car battery to the size of an electric bus with weight reaching 2 tonnes. Processing used batteries requires the correct methods and regulations. At present, only Belgium has been able to process battery waste by recycling.

2.2.2 Penggunaan Mobil Listrik Baterai

Mobil penumpang adalah salah satu kendaraan populer di Indonesia, terutama di perkotaan. Pada tahun 2017 terdapat sekitar 15,5 juta mobil di Indonesia dan menggunakan 29,9% energi di sektor transportasi atau sekitar 108 juta SBM. Mobil diperkirakan masih menjadi salah satu pilihan transportasi masyarakat Indonesia meskipun transportasi umum terus dikembangkan.

Berdasarkan data IEA (2019) sebanyak 1,97 juta unit mobil listrik terjual di seluruh dunia sepanjang 2018. Penjualan ini meningkat 68% dibandingkan tahun 2017. Mobil listrik di sini masuk ke dalam kategori *Battery Electric Vehicle* (BEV) dan *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV). Dengan 68% penjualan disumbang oleh mobil listrik jenis BEV atau mobil listrik yang memakai baterai. Jumlah penjualan mobil listrik terbesar datang dari China, dengan penjualan mencapai 1,1 juta unit atau setara 55% dari total penjualan mobil listrik global sepanjang tahun 2018. Peringkat berikutnya adalah Eropa dan Amerika Serikat (AS) dengan masing-masing penjualan sebesar 385.000 unit dan 361.000 unit. Penjualan mobil listrik di Eropa naik 31% dan AS meningkat 82% sepanjang 2018. Untuk Asia Tenggara, penjualan mobil listrik di Thailand sebesar 200 unit.

Dalam perhitungan BPPT-OEI 2019, memasukkan asumsi pertumbuhan ekonomi, masa pakai kendaraan, penjualan mobil baru dan efisiensi mobil listrik. Walaupun di tahun 2018 hampir tidak ada penjualan mobil listrik berbasis baterai, tetapi RUEN menargetkan 2.200 unit mobil listrik akan dikembangkan pada tahun 2025.

Substitusi BBM dengan listrik merupakan salah satu opsi untuk mengurangi penggunaan BBM untuk kendaraan bermotor di Indonesia. Kasus peningkatan mobil listrik ini memanfaatkan mobil listrik untuk menggantikan sebagian mobil ICE. Mobil listrik diasumsikan mulai digunakan tahun 2025, dengan pangsa sebesar 1% dari total penjualan kendaraan baru dan meningkat secara bertahap menjadi 50% pada tahun 2050. Dengan asumsi tersebut, jumlah mobil listrik pada tahun 2025 sebanyak 20 ribu unit, dan meningkat menjadi 36,5 juta unit mobil listrik pada tahun 2050.

Intensitas konsumsi energi (IKE) dari mobil penumpang sebesar 8,3 liter/100 km dan mobil listrik sebanyak 15,0 kWh/100 km. Total penghematan BBM pada tahun 2050 untuk bensin sebanyak 2,18 juta kl dan untuk solar sebesar 0,08 juta kl. Dengan demikian, kebijakan pemanfaatan kendaraan listrik selain berpotensi mengurangi konsumsi BBM, juga menurunkan tingkat kebutuhan energi mobil

2.2.2 Use of Battery Electric Vehicle

The passenger car is one of the popular vehicles in Indonesia, especially in urban areas. In 2017 there were around 15.5 million cars in Indonesia and used 29.9% of energy in the transportation sector or around 108 million SBM. Car is estimated to still be one of the main transportation modes although public transportation continues to be developed.

Based on IEA data (2019) as many as 1.97 million units of electric cars were sold worldwide during 2018. This sales increased 68% compared to 2017. Electric cars in the study include Battery Electric Vehicle (BEV) and Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV), where 68% of sales were contributed by BEV. The largest number of sales of electric cars came from China, where sales reached 1.1 million units, equivalent to 55% of total global electric car sales in 2018. The next ranking is Europe and the United States of America (USA) with sales of 385,000 units and 361,000 units respectively. Electric car sales in Europe rose 31% and the USA increased 82% during 2018. For Southeast Asia, sales of electric cars in Thailand amounted to 200 units.

BPPT-OEI 2019 calculation includes assumptions of economic growth, vehicle life, sales of new cars and the efficiency of electric cars. Although in 2018 there will be almost no sales of battery-based electric cars, RUEN is targeting 2,200 units of electric cars to be developed in 2025.

Substitution of oil fuel with electricity is one option to reduce the use of oil fuel for motor vehicles in Indonesia. Case of increased electric car assess partial replacement of ICE car with electric car. Electric cars are assumed to be put into use in 2025, with a share of 1% of total new vehicle sales and increase gradually to 50% in 2050. With this assumption, the number of electric cars in 2025 will be 20 thousand units, and will increase to 36,5 million units of electric cars in 2050.

Energy consumption intensity (ECI) from passenger cars is 8.3 liters/100 km and electric cars are 15.0 kWh/100 km. Total fuel savings in 2050 for gasoline reach 2.18 million kl and for diesel by 0.08 million kl. Thus, the policy to use electric vehicles, in addition to potentially reducing fuel consumption, also reduces the level of energy demand of passenger cars from 498 million SBM to 385 million SBM,

penumpang dari 498 juta SBM menjadi 385 juta SBM atau menurun sebesar 22,7% pada tahun 2050. Adapun kebutuhan listrik akan meningkat dari 36,9 GWh pada tahun 2025 menjadi 46,3 TWh pada tahun 2050.

Dengan dimafrkannya mobil listrik baterai, maka diharapkan pihak PLN dapat mengembangkan 1.000 stasiun pengisian listrik umum (SPLU) tipe *fast charging*, sehingga memudahkan dalam proses pengisian baterai. Pemerintah juga perlu segera memikirkan penanganan dari limbah baterai yang sudah tidak digunakan lagi, sehingga tidak menyebabkan masalah lingkungan. Tidak kalah pentingnya, pemerintah perlu mendorong pengkajian dan pengembangan baterai kendaraan listrik agar pelaksanaan kebijakan pemanfaatan kendaraan listrik mampu meningkatkan tingkat komponen dalam negeri (TKDN).

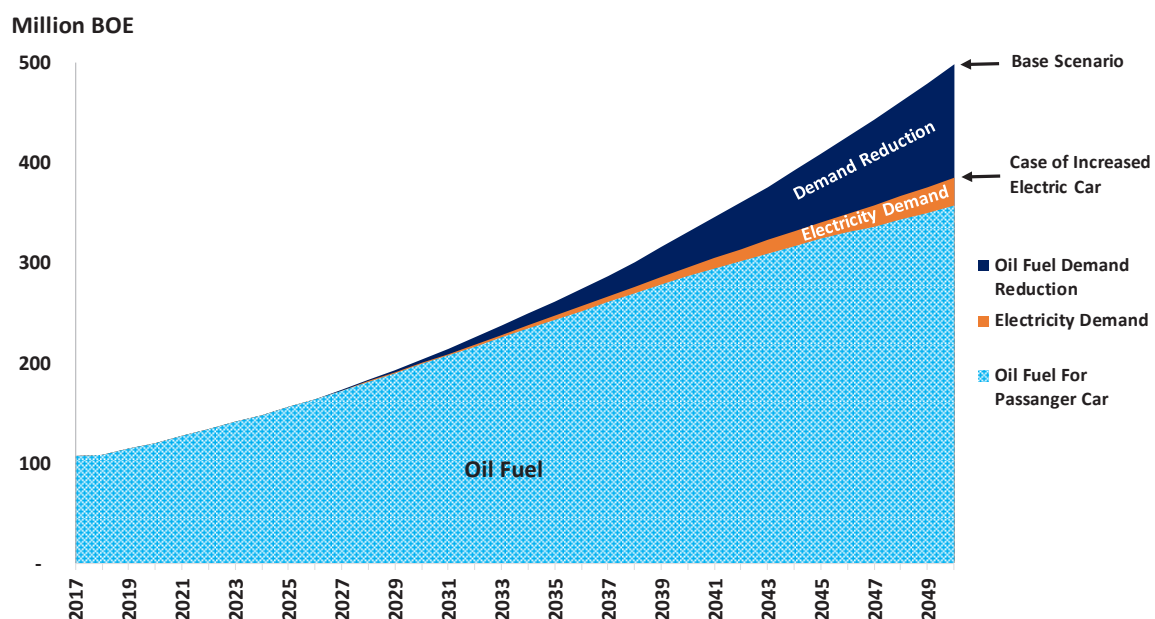
Penggunaan mobil listrik baterai akan meningkatkan permintaan yang lebih besar terkait material baru di sektor otomotif. Rantai pasokan terhadap *cobalt* dan *lithium* diperkirakan akan meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun kedepan. Tantangan yang terkait dengan pasokan bahan baku terutama berkaitan dengan peningkatan produksi, dampak lingkungan dan masalah sosial. Manajemen masa pakai baterai perlu menjadi perhatian untuk mengurangi ketergantungan dan kekurangan bahan baku baterai mobil listrik. Penggunaan baterai untuk mobil listrik diharapkan selalu dalam kerangka 3R (*reduce, reuse and recycle*).

or decreased by 22.7% in 2050. The electricity demand will increase from 36.9 GWh in in 2025 to 46.3 TWh in 2050.

With the use of battery electric car, it is expected that PLN can develop 1,000 SPLU of the fast charging type for an easier battery charging process. The Government also needs to immediately think about waste batteries handling so they don't cause environmental problems. No less important, the Government needs to encourage the assessment and development of electric vehicle batteries so that the implementation of electric vehicle utilization policies can increase the level of local content.

The use of battery electric car will increase greater demand related to new materials in the automotive sector. Supply chains for cobalt and lithium are expected to increase significantly in the next few years. Challenges related to the supply of raw materials mainly relate to increased production, environmental impacts and social problems. Battery life management needs to be considered to reduce dependency and lack of raw materials for electric car batteries. The use of batteries for electric cars is expected to always be in the framework of 3R (reduce, reuse and recycle).

Gambar 2.1 Proyeksi kebutuhan BBM dan listrik untuk mobil penumpang (kasus peningkatan mobil listrik)
Figure 2.1 Projection of oil fuel and electricity demand for passenger car (case of increased electric car)



2.3 Kebutuhan Energi Per Jenis

Energy Demand by Type

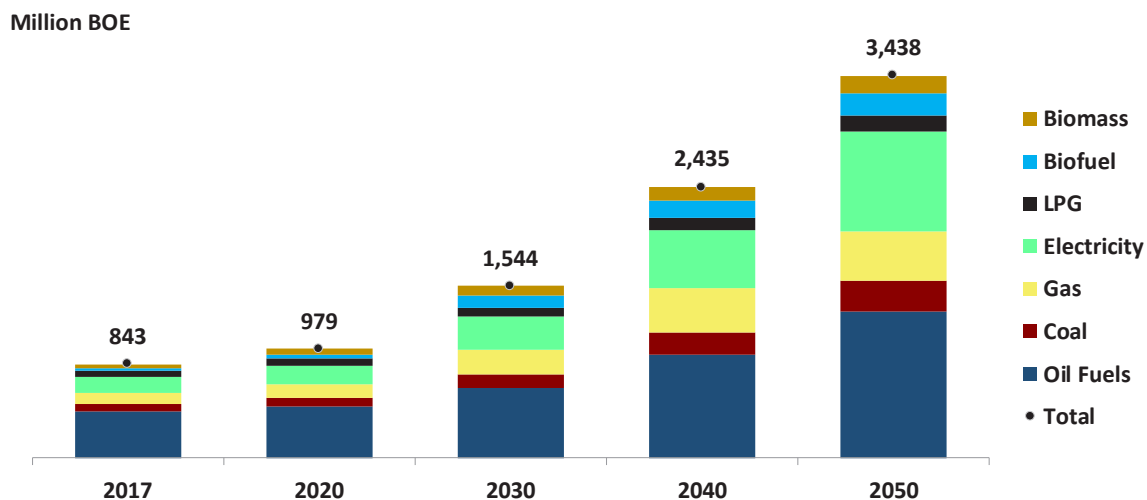
Kebutuhan energi terus meningkat mengikuti pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 4,9% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,73% per tahun selama tahun 2017-2050 mengakibatkan total kebutuhan energi final meningkat dari 843 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 3.438 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 4,4% per tahun. Jenis energi yang digunakan oleh setiap sektor sangat bervariasi.

Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan energi final per jenis masih didominasi oleh BBM (bensin, minyak tanah, minyak bakar, avtur, avgas, minyak solar, dan minyak diesel) yang mencapai 36,3%, diikuti oleh listrik (24,5%), gas (12,5%), batubara (7,4%), dan sisanya berupa LPG, bahan bakar nabati (BBN), dan biomassa masing-masing di bawah 6%. Energi final BBM tetap mendominasi kebutuhan energi nasional sampai tahun 2050 karena penggunaan teknologi peralatan BBM masih lebih efisien dibanding peralatan lainnya, terutama di sektor transportasi. Sektor-sektor pengguna lainnya pun tidak terlepas dari penggunaan BBM karena teknologinya cukup efisien dan harga BBM

Energy demand will continue to increase in accordance with economic growth, population, energy prices, and government policies. With an average GDP growth rate of 4.9% per year and population growth of 0.73% per year during 2017-2050 resulted in the total final energy demand increases from 843 million BOE in 2017 to 3,438 million BOE in 2050, with growth average 4.4% per year. The type of energy used by each sector varies greatly.

By 2050, the share of final energy demand by type is still dominated by oil fuels (gasoline, kerosene, FO, avtur, avgas ADO, and IDO) reached 36.3% followed by electricity (24.5%), natural gas (12.5%), coal (7.4%), and the remaining are LPG, biofuel and biomass that below 6% respectively. Oil fuels continues to dominate the national final energy demand until 2050 because the use of oil fuel technology is still more efficient than others, especially in the transportation sector. Other sectors also can not be exempt from the use of oil fuels because the technology is quite efficient and the price of fuel is still competitive compared to other fuels. The use of oil fuels is projected to increase with a growth rate of 3.5% per

Gambar 2.2 Kebutuhan energi per jenis
Figure 2.2 Energy demand by type



masih kompetitif dibanding dengan bahan bakar lainnya. Pemanfaatan BBM diproyeksikan meningkat dengan laju pertumbuhan 3,5% per tahun. Pangsa kebutuhan BBM sebesar 37,9% pada tahun 2017 dan menurun menjadi 36,3% pada tahun 2050 namun tetap dominan.

Di sisi lain, penggunaan batubara untuk kebutuhan industri berbasis batubara (semen, kertas, tekstil, dan lainnya) dan bahan bakar pembangkit listrik beban dasar terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 5,8% per tahun, namun pangsaanya masih jauh di bawah BBM. Pangsa kebutuhan batubara pada tahun 2017 adalah sebesar 7% dan naik menjadi sebesar 7,9% pada tahun 2050. Pemanfaatan listrik terus berkembang mengingat inovasi teknologi berbasis listrik tumbuh pesat dan hampir semua sektor pengguna memanfaatkan listrik dalam teknologinya. Kebutuhannya meningkat rata-rata sebesar 5,9% per tahun hingga di tahun 2050 atau menjadi 6,6 kali lipat dari kebutuhan tahun 2017.

Kebijakan pengembangan jaringan distribusi gas untuk rumah tangga turut berperan dalam meningkatkan penggunaan gas untuk jangka panjang. Pada tahun 2050, kebutuhan gas diperkirakan akan naik lebih dari 4,2 kali lipat terhadap tahun 2017, atau meningkat rata-rata sebesar 4,5% per tahun. Pada tahun 2050 peran gas akan meningkat menjadi 13,2%. Kebutuhan LPG yang saat ini sudah mengandalkan impor, diperkirakan secara bertahap pemakaiannya hanya meningkat tipis yaitu sebesar 2,7% per tahun. Pangsa kebutuhan LPG pada tahun 2017 adalah sebesar 7,3% dan turun menjadi sebesar 4,1% pada tahun 2050. Peran LPG yang semakin menurun karena LPG diharapkan hanya untuk masa transisi saja dan untuk jangka panjang harus disubstitusi dengan bahan bakar lain.

Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi final BBM, kebutuhan energi final BBN sebagai substitusi BBM terutama biodiesel juga meningkat mengikuti tren pertumbuhan minyak solar dan mandatori biodiesel. Meskipun peranan BBN tidak begitu besar dalam memenuhi kebutuhan energi final nasional, namun dalam kurun waktu 33 tahun diperkirakan kebutuhan biodiesel berkembang dengan laju pertumbuhan 8,1% per tahun. Pemanfaatan BBN yang dipertimbangan adalah biodiesel untuk sektor transportasi, industri, komersial, dan pembangkit listrik. Pemanfaatan bioethanol tidak dipertimbangkan karena ketiadaan pasokan bahan baku bioethanol. Kebijakan mandatori BBN diharapkan dapat mendorong pemanfaatan biodiesel.

year. The share of oil fuels demand by 37.9% in 2017 and decreases to 36.3% in 2050 but remains dominant.

On the other hand, the use of coal in coal-based industries (cement, paper, textile, and others) and fuel for base load power plants continue to increase at an average growth rate of 5.8% per year yet its share is still far below oil fuel. The share of coal demand in 2017 was 7% and increase to 7.9% by 2050. Utilization of electricity continues to grow due to the rapid growth of innovation in electricity-based technology and its wide applicability in all the sectors. Electricity demand increases by an average of 5.9% per year until 2050 or to 6.6 times the demand in 2017.

The policy of developing gas distribution networks for households has a role in increasing the use of gas for the long term. By 2050, gas demand is expected to rise by more than 4.2 times of 2017, or by an average increase of 4.5% per year. In 2050, the role of gas will increase to 13.2%. Demand of LPG which is now relies on imports, is expected to slightly increase of 2.7% per year. The share of LPG demand in 2017 was 7.3% and decrease to 4.1% by 2050. The role of LPG is decreasing because LPG is expected to be only for a transitional period and in the long term it must be substituted with other fuel.

In line with the increasing demand of oil fuels, the demand of biofuel, especially biodiesel, as a substitution of oil fuels will also increase following the growth trend in biodiesel mandatory. Although the role of biofuels is not significant in meeting the national final energy demand, it is estimated that biodiesel demand will grow with an annual growth rate of 8.1% within 33 years. The utilizations of biofuel being considered are biodiesel in transportation, industrial, commercial and power generation sectors. The use of bioethanol is not considered because of the absence of bioethanol raw material supply. Biofuels mandatory policy is expected to encourage biodiesel utilization.

2.4 Kebutuhan Energi Per Sektor

Energy Demand by Sector

Sebagai penggerak ekonomi nasional, kebutuhan energi di sektor industri diperkirakan terus meningkat dan mendominasi total kebutuhan energi final. Selain itu, sektor industri merupakan sektor produktif yang terus didorong perkembangannya agar dapat meningkatkan perekonomian nasional. Kebutuhan energi sektor industri diproyeksikan meningkat rata-rata sebesar 4,7% per tahun sampai tahun 2050. Pangsa kebutuhan energi final sektor industri meningkat dari 35,2% pada tahun 2017 menjadi 39,3% pada tahun 2050.

Kebutuhan energi sektor transportasi diproyeksikan mengalami pertumbuhan sedikit lebih rendah dari sektor industri, yaitu 3,8% per tahun atau akan meningkat 3,5 kali lipat pada tahun 2050 dibanding dengan tahun dasar 2017. Tingginya laju pertumbuhan konsumsi energi final di sektor transportasi disebabkan pesatnya pertumbuhan kendaraan bermotor untuk mendukung aktivitas semua sektor pengguna energi.

Dengan meningkatnya perekonomian dan penduduk diproyeksikan kebutuhan energi final sektor komersial akan terus bertambah dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 6,1% per tahun, dengan pangsa meningkat dari 5,2% pada tahun 2017 menjadi 9,0% pada tahun 2050. Demikian juga dengan proyeksi kebutuhan energi sektor rumah tangga dan sektor lainnya (pertanian konstruksi dan pertambangan) akan terus bertambah.

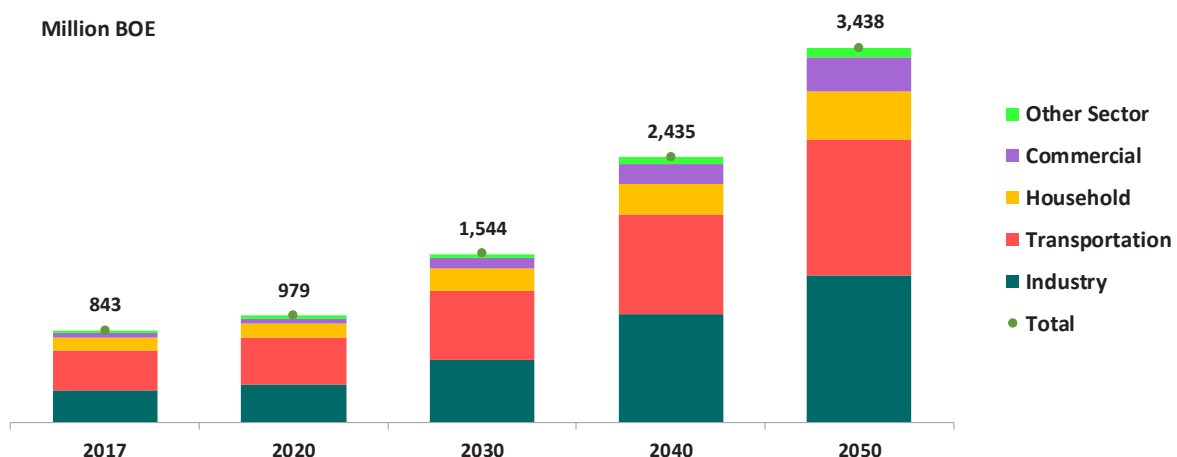
Energy demand in industrial sector, which is considered as the national economy driver, is expected to increase and dominate the total final energy demand. Furthermore, the industrial sector is a productive sector that continues to be encouraged in order to improve the national economy. Energy demand in industrial sector is projected to increase by an average 4.7% per year until 2050. The share of energy demand in industrial sector will increase from 35.2% in 2017 to 39.3% in 2050.

Energy demand in transportation sector is projected to grow slightly lower than industrial sector, which is 3.8% per year or will increase 3.5 times in 2050 compared to base year 2017. The high growth rate of final energy consumption in transportation sector due the rapid growth of motor vehicles to supports activities of all sectors of energy users.

Along with the increase in economy and population, the projected final energy demand in commercial sector will continue to grow with an average growth rate of 6.1% per year. The share of energy demand in commercial sector will increase from 5.2% in 2017 to 9.0% in 2050. Similarly, the projected final energy demand in household and other sector (agriculture, construction and mining) will continue to grow.

Gambar 2.3 Kebutuhan energi final menurut sektor

Figure 2.3 Final energy demand by sector



2.4.1 Sektor Industri

Penggunaan teknologi proses, antara lain seperti boiler, tungku, dan peralatan motor membutuhkan bahan bakar dalam jumlah besar menyebabkan sektor industri menjadi pengguna energi yang cukup besar. Total kebutuhan energi final di sektor ini diproyeksikan terus meningkat dari 297 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 1.352 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 4,7% per tahun. Sektor industri saat ini (2017) banyak menggunakan gas, batubara, dan listrik, selain minyak solar dan minyak bakar. Pada tahun 2050 diperkirakan kebutuhan ketiga jenis energi tersebut terus meningkat menggantikan BBM yang harganya lebih mahal.

Pemanfaatan gas mendominasi penggunaan bahan bakar di sektor ini, hal ini disebabkan hampir semua teknologi boiler industri yang efisien memerlukan gas sebagai bahan bakar. Jika infrastruktur pemanfaatan gas seperti pipa gas sudah cukup memadai, diperkirakan kebutuhan gas akan terus meningkat sebesar 4,4% per tahun. Namun demikian secara keseluruhan pangsa penggunaan gas turun dari 36% pada tahun 2017 menjadi 33% pada tahun 2050 karena diharapkan energi listrik dapat menggantikan penggunaan gas sebagai bahan bakar di sektor ini.

Peran batubara di sektor ini juga cukup besar karena hampir semua teknologi boiler di industri juga memerlukan batubara sebagai bahan bakar. Pangsa penggunaan batubara diproyeksikan tetap sebesar 20% dari tahun 2017 sampai tahun 2050.

2.4.1 Industrial Sector

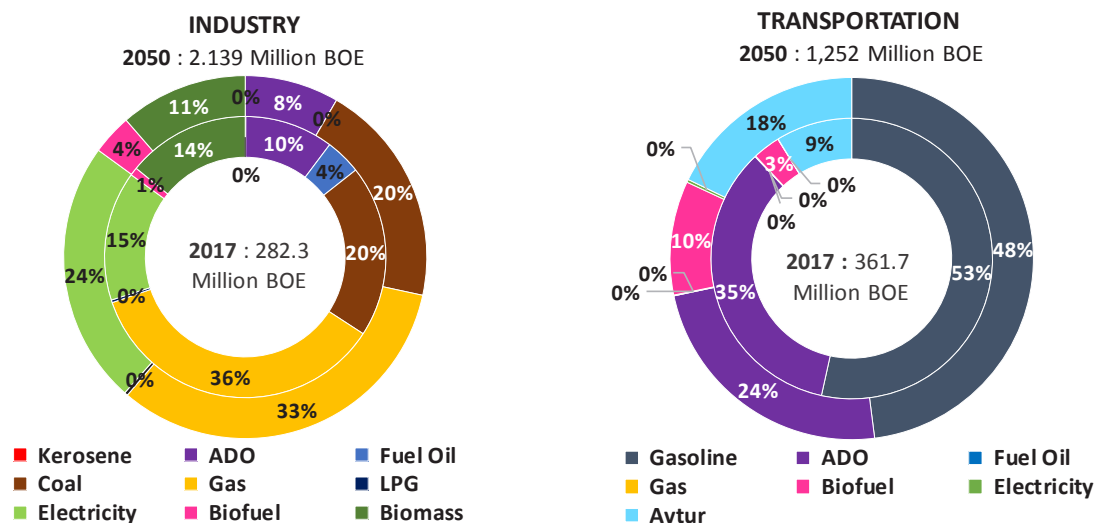
The use of process technologies, such as boiler, furnace, and motor equipment requires large amounts of fuel causing the industrial sector to become a fairly large user of energy. The total final energy demand in this sector is projected to continue to increase from 297 million BOE in 2017 to 1,352 million BOE in 2050 or increase with an average growth rate of 4.7% per year. Currently (2017), industrial sector used a lot of gas, coal and electricity, besides ADO and fuel oil. In 2050, it is estimated that the demand for these three types of energy continues to increase, replacing the more expensive oil fuels.

The use of gas dominates the use of energy in this sector due to gas-fueled technology in almost all efficient industrial boiler technology. If gas utilization infrastructure such as gas pipelines is sufficient, it is estimated that gas demand will continue to increase by 4.4% per year. However, the overall share of gas usage has decreased from 36% in 2017 to 33% in 2050. Because it is expected that electricity can replace the use of gas as fuel in this sector.

The role of coal in this sector is also quite large because almost all boiler technology in the industry also requires coal as fuel. The share of coal use is projected to remain at 20% until 2050.

Gambar 2.4 Pangsa konsumsi energi di sektor industri dan transportasi

Figure 2.4 Share of energy consumption in industrial and transportation sector



2.4.2 Sektor Transportasi

Sektor transportasi merupakan sektor yang mendukung aktivitas semua sektor pengguna energi. Untuk itu, kebutuhan energi sektor transportasi bukan hanya dipengaruhi oleh pertambahan penduduk dan tingkat kesejahteraan masyarakat, tetapi juga dipengaruhi oleh perkembangan sektor-sektor lainnya. Total kebutuhan energi final di sektor ini diproyeksikan terus meningkat dari 362 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 1.252 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 3,8% per tahun. Energi yang digunakan di sektor transportasi hampir keseluruhannya menggunakan BBM.

Penggunaan bensin mendominasi kebutuhan energi final di sektor ini, dominasi penggunaan bensin ini sejalan dengan peningkatan jumlah mobil dan sepeda motor yang sangat pesat. Namun, pangsa penggunaan bensin diproyeksikan menurun dari 53% pada tahun 2017 menjadi 48% pada tahun 2050. Penggunaan minyak solar di sektor ini juga cukup besar, terutama untuk kendaraan angkutan besar untuk mobilisasi barang dan pergerakan bis antar wilayah yang berkembang cukup pesat. Pangsa penggunaan minyak solar diproyeksikan menurun cukup besar yaitu dari 35% pada tahun 2017 menjadi 24% pada tahun 2050 karena adanya usaha pemanfaatan BBN.

Mandatori pemanfaatan BBN yang dicanangkan pemerintah mendorong penggunaan BBN sebagai substitusi minyak solar terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 7,6% per tahun, pangsa penggunaan BBN terus meningkat dari 3% pada tahun 2017 menjadi 10% pada tahun 2050. Penggunaan avtur untuk pesawat juga meningkat pesat, hal ini didorong dengan kondisi wilayah nasional yang berupa kepulauan dan memberikan peluang pesawat udara menjadi alternatif kendaraan yang paling potensial. Pangsa penggunaan avtur meningkat dari 9% pada tahun 2017 menjadi 18% pada tahun 2050. Meskipun peran energi listrik di sektor ini masih kecil, namun adanya usaha pemanfaatan energi listrik untuk sarana transportasi menyebabkan laju pertumbuhan rata-rata penggunaan listrik diproyeksikan cukup besar yaitu 9,9% per tahun.

2.4.2 Transportation Sector

Transportation sector is a sector that supports activities of all sectors of energy users. For this reason, the energy demand of the transportation sector is not only influenced by population growth and the level of community welfare, but also influenced by developments in other sectors. The total final energy demand in this sector is projected to continue to increase from 362 million BOE in 2017 to 1,252 million BOE in 2050 or increase with an average growth rate of 3.8% per year. The energy used in the transportation sector almost entirely uses oil fuels.

The use of gasoline dominates the final energy demand in this sector. The dominance of gasoline is in line with the rapidly increasing number of cars and motorcycles. However, the share of gasoline usage is projected to decrease from 53% in 2017 to 48% in 2050. The use of diesel oil in this sector is also quite large, especially for large transport vehicles for the mobilization of goods and the movement of buses between regions that are developing quite rapidly. The share of diesel oil is projected to decline quite steeply, from 35% in 2017 to 24% in 2050 due to the use of biofuels.

The mandatory use of biofuel made by the Government encourages the use of biofuel as a substitute for diesel oil continues to increase with an average growth rate of 7.6% per year. The share of biofuel continues to increase from 3% in 2017 to 10% in 2050. Avtur for aircraft has also increased rapidly. This is driven by the archipelagic condition of the national territory that provides an opportunity for aircraft to be the most potential alternative mode of transportation. The share of avtur increased from 9% in 2017 to 18% in 2050. Although the role of electricity in this sector is still small, the effort to utilize electricity for transportation causes the average growth rate of electricity usage to be projected to be quite large at 9.9% per year.

2.4.3 Sektor Rumah Tangga

Kebutuhan energi final di sektor rumah tangga meningkat cukup landai. Selama kurun waktu 2017-2050, kebutuhan energi final (tanpa mempertimbangkan kayu bakar) diperkirakan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,0% per tahun yaitu dari 120 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 435,9 juta SBM pada tahun 2050.

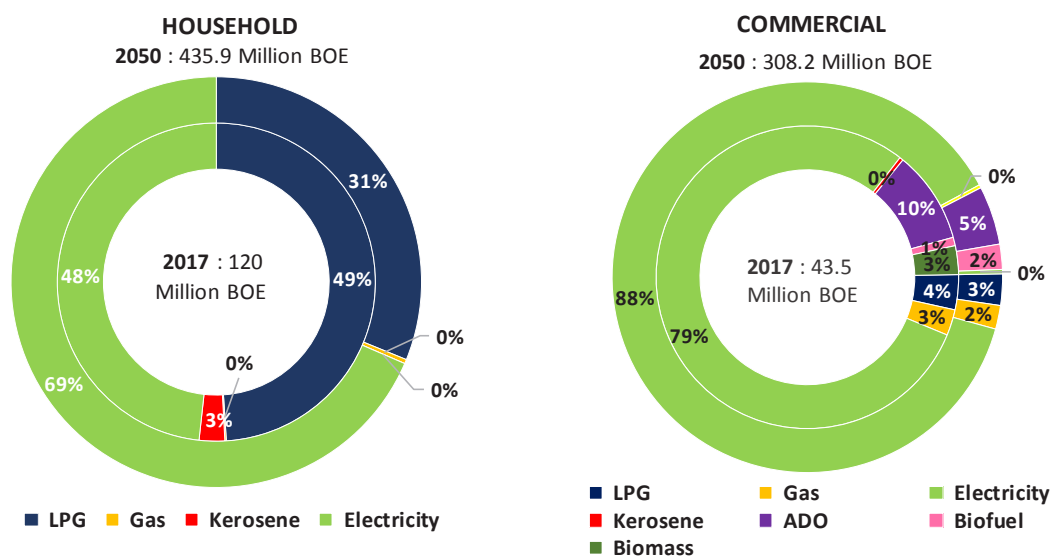
Saat ini perkembangan teknologi peralatan rumah tangga terus berkembang dan makin efisien, baik untuk penerangan (lampu LED), memasak (kompor induksi) maupun peralatan listrik lainnya. Di kota-kota besar kebutuhan pendingin ruangan dan kompor listrik akan makin meningkat sehingga kebutuhan listrik di sektor ini diperkirakan akan meningkat tajam dengan laju pertumbuhan rata-rata sekitar 5,1% per tahun. Pangsa penggunaan listrik diproyeksikan naik dari 48% pada tahun 2017 menjadi 69% pada tahun 2050. Sebagai konsekuensi pemanfaatan kompor listrik, pangsa penggunaan LPG diproyeksikan turun dari 49% pada tahun 2017 turun menjadi 31% pada tahun 2050. Dengan adanya program pembangunan jaringan gas untuk rumah tangga, kebutuhan gas diperkirakan tumbuh 6,6% per tahun dan pangsa penggunaan gas diproyeksikan naik dari 0,1% pada tahun 2017 menjadi 0,4% pada tahun 2050.

2.4.3 Household Sector

Final energy demand in household sector has increased slightly. During the period of 2017-2050, the final energy demand (without considering firewood) is expected to increase with an average growth rate of 4.0% per year, from 120 million BOE in 2017 to 435.9 million BOE in 2050.

Currently, the development of household appliances technology continues to develop and become more efficient, both for lighting (LED lighting), cooking (electric induction stove) and other electrical appliances. In big cities, the need for air conditioners and electric stove will increase so that electricity demand in this sector is expected to increase sharply with an average growth rate of around 5.1% per year. The share of electricity usage is projected to increase from 48% in 2017 to 69% in 2050. As a consequence of the use of electric stoves, the share of LPG usage is projected to decrease from 49% in 2017 to 31% in 2050. With the gas network development program for households, gas demand is estimated to grow 6.6% per year and the share of gas usage is projected to increase from 0.1% in 2017 to 0.4% in 2050.

Gambar 2.5 Pangsa konsumsi energi di sektor rumah tangga dan komersial
Figure 2.5 Share of energy consumption in household and commercial sector



2.4.4 Sektor Komersial

Pada tahun 2017, total kebutuhan energi final di sektor komersial mencapai 43,5 juta SBM dan diproyeksikan akan meningkat menjadi 308,3 juta SBM pada tahun 2050. Peranan listrik di sektor ini mendominasi kebutuhan energi final, yaitu sekitar 79% pada tahun 2017 dan menjadi sekitar 88% pada tahun 2050. Hal ini terjadi karena perkembangan sektor ini sangat dipengaruhi oleh berkembangnya pembangunan hotel, gedung perkantoran, restoran, sekolah dan fasilitas umum lainnya yang kegiatannya sangat memerlukan aplikasi berbasis listrik. Penggunaan listrik diperkirakan tumbuh dengan pesat dengan laju pertumbuhan sekitar 6,4% per tahun.

Minyak diesel dan BBN sebagian besar digunakan untuk mesin genset dan penggunaannya hanya sebesar 5% terhadap total kebutuhan energi final tahun 2050. Dengan adanya kebijakan pemanfaatan BBN, pangsa penggunaan BBN di sektor ini pada tahun 2017 - 2050 meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 8,8% per tahun. LPG, gas, dan biomassa banyak digunakan pada kegiatan memasak di hotel dan restoran. Sedangkan minyak tanah sangat kecil perannya karena kebijakan substitusi minyak tanah ke LPG penggunaannya akan semakin menurun.

2.4.5 Sektor Lainnya

Sektor lainnya merupakan salah satu sektor penunjang dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Total kebutuhan energi final di sektor ini diproyeksikan terus meningkat dari 20,8 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 89,8 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 4,5% per tahun. Kegiatan di sektor ini meliputi pertanian, perikanan, konstruksi gedung dan properti, serta kegiatan pertambangan. Peralatan dalam kegiatan tersebut mencakup traktor, *power shovel*, excavator, *dump truck* dan peralatan berat lainnya. Sebagian besar peralatan tersebut menggunakan minyak solar sebagai bahan bakar, sehingga pemanfaatan minyak

2.4.4 Commercial Sector

In 2017, the total final energy demand in commercial sector reached 43.5 million BOE and is projected to increase to 308.3 million BOE in 2050. The role of electricity in this sector dominates the final energy demand, which is around 79% in 2017 and becomes around 88% in 2050. This happens because the development of this sector is greatly influenced by the development of hotels, office buildings, restaurants, schools and other public facilities whose activities are highly depend on electricity-based applications. Electricity is estimated to grow rapidly with a growth rate of around 6.4% per year.

Diesel oil and biofuel are mostly used for generator engines and their use is only 5% of the total final energy demand in 2050. With the biofuel policy, the share of biofuel in this sector in 2017 - 2050 increases with an average growth rate of 8.8% per year. LPG, gas, and biomass are widely used in cooking activities in hotels and restaurants. While the role of kerosene is very small and will continue to decline because of the policy of kerosene to LPG substitution.

2.4.5 Other Sector

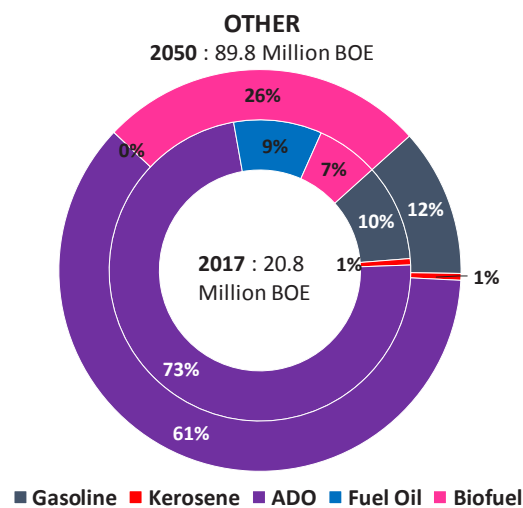
Other sector is one of the supporting sectors in increasing economic growth. The total final energy demand in this sector is projected to continue to increase from 20.8 million BOE in 2017 to 89.8 million BOE in 2050 or increase with an average growth rate of 4.5% per year. Activities in this sector include agriculture, fisheries, building and property construction, and mining activities. Equipment in these activities includes tractors, power shovels, excavators, dump trucks and other heavy equipment. Most of the equipment uses diesel oil as fuel, so the utilization of diesel oil is very dominant, followed by gasoline for some small tractor equipment.

solar sangat mendominasi, kemudian diikuti oleh bensin untuk beberapa peralatan traktor kecil.

Penggunaan minyak bakar terus menurun dan pada tahun 2030 minyak bakar tidak digunakan lagi. Sejalan dengan adanya kebijakan pemanfaatan BBN, penggunaan biodiesel di sektor ini akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 9% per tahun.

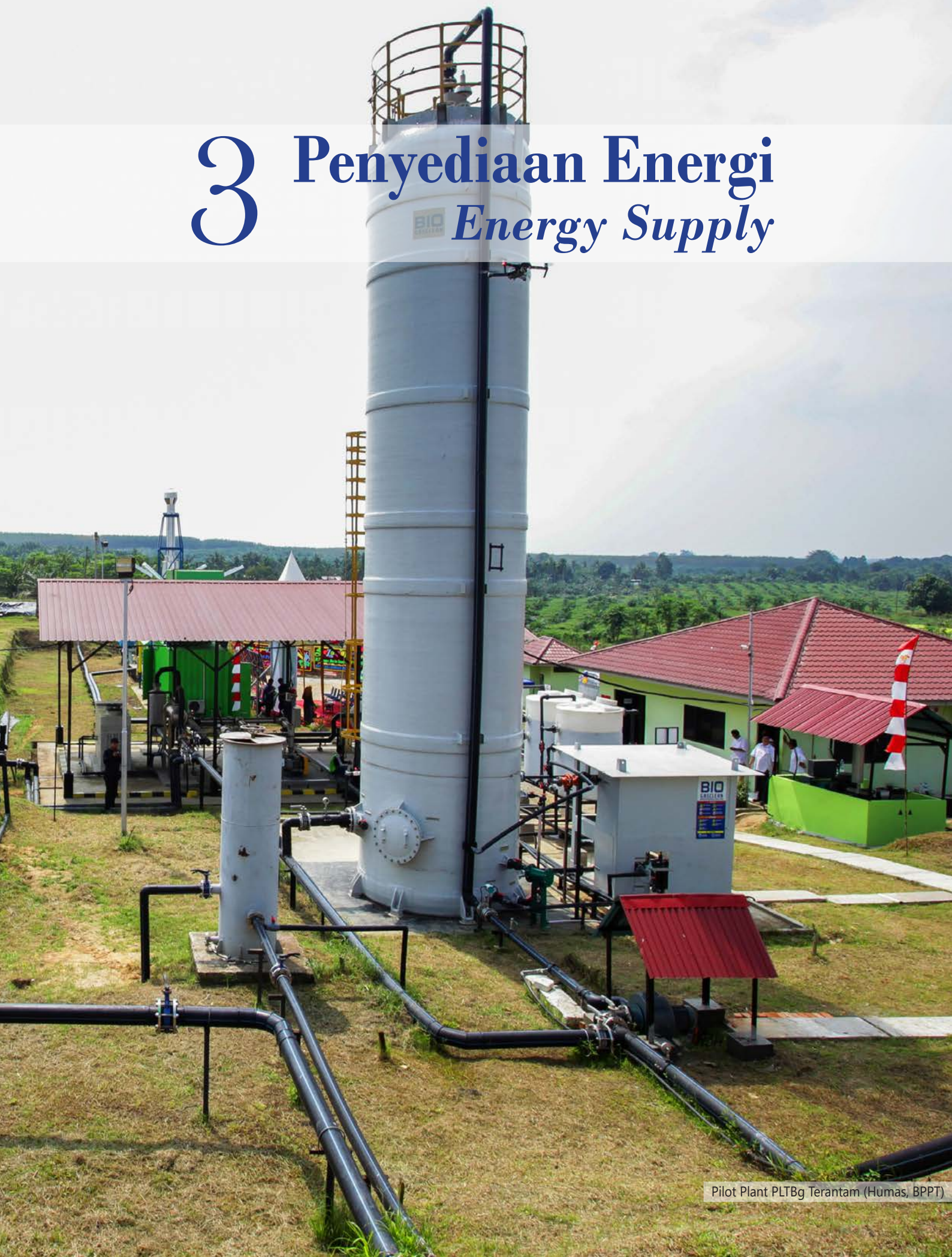
The use of fuel oil continues to decline and in 2030 fuel oil is not used anymore. In line with the biofuel policy, the use of biodiesel in this sector will increase with an average growth rate of 9% per year.

Gambar 2.6 Pangsa konsumsi energi di sektor lainnya
Figure 2.6 Share of energy consumption in other sector





3 Penyediaan Energi *Energy Supply*

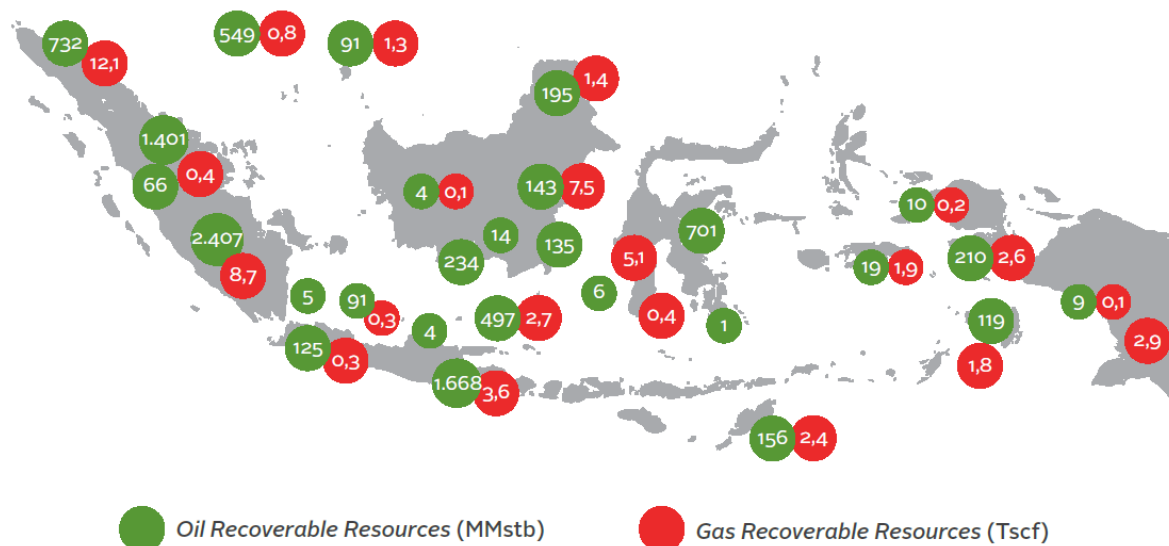


Sebagai upaya untuk meningkatkan status *resources* menjadi *proven resources*, dibutuhkan akselerasi pengeboran eksplorasi yang masif. Laju penemuan cadangan baru terhadap cadangan yang terproduksi disebut *Reserves Replacement Ratio* (RRR). Pada tahun 2018, terdapat penambahan jumlah cadangan sebesar 831 juta barel setara minyak, dengan prosentase nilai RRR mencapai 105,6%.

Indonesia's oil reserves in 2018 were 7.51 billion barrels or decreased by 0.27% compared to 2017. Similar to oil, natural gas reserves also decreased from last year's 5.02%. From all the oil and gas working areas, spread from west to east Indonesia, national oil and gas reserves in the west are still greater than the east region.

In effort to increase the status from resources to proven resources, a massive drilling-exploration acceleration is needed. The discovery rate of new reserves against total production is called Reserves Replacement Ratio (RRR). In 2018, there will be an increase in reserves amounting to 831 million barrels of oil equivalent, with a RRR of 105.6%.

Gambar 3.1 Sumber daya minyak dan gas bumi
Figure 3.1 Oil and gas resources



RESERVE	PROVEN	POTENTIAL	TOTAL
1. Oil (Billion Barrels)	3.15	4.36	7.51
2. Gas (TSCF)	96.06	39.49	135.55

Sumber / Source: Laporan Tahunan SKK Migas (2018) / Annual Report of Special Task Force For Upstream Oil And Gas (2018)
Ditjen MIGAS 2018 / Directorate General Oil and Gas 2018

Cadangan batubara Indonesia pada tahun 2018 sebesar 39,89 miliar ton dengan potensi sebesar 151,40 miliar ton. Dengan tingkat produksi batubara sekitar 558 juta ton per tahun, semua jenis cadangan batubara (lignit, sub-bituminus, bituminus) akan habis dalam kurun waktu 71 tahun.

Indonesia's coal reserves in 2018 amounted to 39,89 million tonnes and for coal potential amounted to 151,40 million tonnes. With the current coal production level of around 558 million tonnes, all types of coal reserves (lignite, sub-bituminous, bituminous) will be exhausted within 71 years.

Tabel 3.1 Sumber daya batubara

Table 3.1 Coal resources

Province	Resources (Million Tonnes)					Reserves
	Hypothetic	Inferred	Indicated	Measured	Total	
Banten	5.47	32.92	12.68	6.50	57.57	7.22
Central Java	0.00	0.82	0.00	0.00	0.82	0.00
East Java	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00
Aceh	0.00	138.51	314.22	821.24	1,273.97	570.97
North Sumatera	0.00	7.00	1.84	5.78	14.62	0.00
Riau	3.86	521.22	810.61	525.71	1,861.39	581.26
West Sumatera	1.19	156.70	77.06	241.62	476.57	118.14
Jambi	140.31	2,959.85	2093.83	2,262.16	7,456.15	2,357.35
Bengkulu	0.00	183.34	193.08	181.01	557.43	177.61
South Sumatera	3,099.45	13,062.94	13,686.41	12,100.88	41,949.67	10,077.62
Lampung	0.00	122.95	8.21	3.53	134.69	11.74
West Kalimantan	2.26	375.69	6.85	3.70	388.50	0.00
Central Kalimantan	22.54	5,209.69	2,576.00	2,292.51	10,100.75	2,698.97
South Kalimantan	0.00	6,817.37	4,949.01	7,607.01	19,373.38	5,110.61
East Kalimantan	887.99	13,144.99	26,589.91	23,693.35	64,316.24	16,837.10
North Kalimantan	25.79	1,267.53	918.09	1,017.93	3,229.34	1,340.24
West Sulawesi	11.46	16.00	0.78	0.16	28.41	1.80
South Sulawesi	10.66	13.90	7.63	0.44	32.63	0.33
Southeast Sulawesi	0.64	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00
Central Sulawesi	0.52	1.98	0.00	0.00	2.50	0.00
North Maluku	8.22	0.00	0.00	0.00	8.22	0.00
West Papua	93.66	32.82	0.00	0.00	126.48	0.00
Papua	7.20	2.16	0.00	0.00	9.36	0.00
TOTAL	4,321.21	44,068.47	52,246.21	50,763.52	151,399.41	39,890.95

Sumber / Source: KESDM (2016) / MEMR (2016)

3.1.2 Energi Baru dan Terbarukan

Potensi energi baru dan terbarukan (EBT) Indonesia cukup besar, dengan variasi jenis yang sangat beragam. Namun potensi EBT tersebut masih belum optimal dikembangkan karena berbagai kendala penerapannya, seperti biaya investasi yang tinggi dan letak geografis. Pemerintah sudah mendorong pemanfaatan energi terbarukan sebagai pembangkit listrik yang tertuang dalam Permen ESDM No. 53/2018 yang merupakan perubahan dari Permen ESDM No. 50/2017 dan sebagai bahan bakar sesuai dengan Permen ESDM No.12/2015.

Pemerintah juga telah mendorong pemanfaatan EBT, seperti pemanfaatan tenaga air dan panas bumi tetapi memiliki hambatan dalam biaya pembangunan serta biaya investasi yang besar. Untuk pembangkit listrik dengan memanfaatkan sinar matahari dan angin yang sifatnya intermiten, terhambat dengan ketersediaan interkoneksi dengan pembangkit konvensional lainnya. Untuk CBM dan gasifikasi batubara masih terhambat dengan keekonomian. Pemanfaatan CPO (minyak sawit mentah) sebagai sumber bahan bakar pada pembangkit listrik diesel masih mengalami kendala masalah pengujian serta kontrak antara pihak PLN serta perusahaan penyedia minyak sawit.

Sebagai sumber energi baru, pemanfaatan nuklir masih menjadi pilihan terakhir dengan mempertimbangkan keamanan pasokan energi nasional. Selain itu sumber EBT yang lainnya adalah *shale gas* tetapi besar cadangan yang ada di Indonesia masih belum dipetakan secara rinci. Untuk itu pemerintah perlu mendorong dilakukannya pemetaan potensi EBT yang ada untuk mendorong pemanfaatan EBT yang ada serta untuk mencapai target bauran energi sebesar 23% ditahun 2025.

3.1.2 New and Renewable Energy

The potential for new and renewable energy (NRE) in Indonesia is quite large and very diverse. However, the potential of NRE is still not optimally developed due to various implementation constraints, such as the high investment costs and geographical location. The Government has encouraged the use of renewable energy potential as power plant as stipulated in MEMR Regulation No. 53/2018, which is a change from the MEMR Regulation No. 50/2017 and as fuel according to the MEMR Regulation No. 12/2015.

The Government has also encouraged the use of NRE, such as the use of hydropower and geothermal energy, but has constraints in its high development and investment costs. The intermittent solar and wind power plant are hampered by the availability of interconnection with other conventional plants. CBM and coal gasification are still hindered by their economy. Utilization of CPO (crude palm oil) as a fuel source in diesel power plants is still experiencing operation test problems in addition to contract issues between PLN and palm oil supplier companies.

As a new energy source, nuclear utilization is still considered as the last choice regarding the security of national energy supply. In addition, shale gas is taken into account as another NRE source but the exact amount its reserves in Indonesia is still not been mapped in detail. For this reason, the Government needs to encourage mapping of existing NRE potential to support the utilization of existing NRE and to achieve the energy mix target of NRE of 23% by 2025.

Tabel 3.2 Sumber energi baru dan terbarukan
Table 3.2 New and renewable energy resources

No	Jenis energi / Energy type	Sumber Daya / Resources	Potensi / Potential	Kapasitas Terpasang / Installed capacity
1	Panas bumi /Geothermal		29,544 MW	1,948.3 MW ^{h)}
2	Hidro / Hydro	75,091 MW	45,379 MW (sumber daya teridentifikasi / identified resources) ^{b)}	4,431.59 MW ^{h)}
3	Mini-mikrohidro / Mini-micro hydro		19,385 MW	267.79 MW ^{h)}
4	Biomassa / Biomass	35,654 MWe ^{a)}		142.02 MW (Off Grid) ^{h)}
5	Energi Surya / Solar energy	4,80 kWh/m ² /day ^{c)}		24.42 MW ^{h)}
6	Energi angin / Wind energy		970 MW ^{b)}	143.03MW ^{h)}
7	Uranium	3,000 MW ^{d)}		30 MW ^{d)}
8	Shale gas	574 TSCF ^{d)} 93.36 TSCF ^{e)}		
9	Gas metana batubara / Coal bed methane	453 TSCF ^{d)} 84.29 TSCF ^{e)}		
10	Gelombang laut / Wave energy	17,989 MW (Potensi Praktis / Practical Potential)		
11	Energi Panas Laut / OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)	41,012 MW (Potensi Praktis / Practical Potential) ^{b)}		
12	Pasang surut / Tide and tidal power	4,800 MW (Potensi Praktis / Practical Potential) ^{b)}		
13	POME		147 juta ton / million tonnes ^{f)}	
14	Biogas		2,603 MW	142.02 MW ^{h)}
15	CPO	43 juta ton / millions tonnes ^{g)}		

Sumber / Source : Ditjen EBTKE, 2016 / Directorate General of NRE & EC, 2016

a) Ditjen EBTKE, 2015 / Directorate General of NRE & EC, 2015

b) Ditjen EBTKE, 2014 / Directorate General of NRE & EC, 2014

c) Ditjen EBTKE, 2013 / Directorate General of NRE & EC, 2013

d) Renstra KESDM 2015-2019 / MEMR Strategic Plan 2015-2019

e) Laporan Tahunan SKK Migas (2016) / Annual Report of Special Task Force for Upstream Oil and Gas (2016)

f) <https://gapki.id> (2016)

g) Direktorat Jenderal Perkebunan (2018) estimasi tahun 2019 / Directorate General of Plantations (2018) estimation in 2019

h) HEESI KESDM, 2018/ HEESI MEMR, 2018

3.2 Minyak Bumi dan BBM

Crude Oil and Oil Fuels

3.2.1 Neraca Minyak Bumi

Produksi minyak bumi diproyeksikan akan menurun sekitar 5% per tahun dari 292,4 juta barel pada tahun 2017 menjadi 53,8 juta barel pada tahun 2050 karena sumur yang sudah tua dan sumber daya yang terletak di daerah *frontier*. Demikian juga ekspor minyak bumi diperkirakan akan menurun dari 102,7 juta barel pada tahun 2017 dan berakhir pada tahun 2035. Net impor minyak meningkat dari 79,2 juta barel pada tahun 2017 menjadi 924,9 juta barel pada tahun 2050 dengan tingkat pertumbuhan per tahun 7,7% atau akan meningkat lebih dari 11 kali lipat.

Dalam menarik investor dan meningkatkan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi di seluruh wilayah kerja untuk menambah cadangan minyak bumi nasional, pemerintah telah membuat berbagai kebijakan seperti pembebasan bea masuk impor barang, pemberian insentif pajak, dan program insentif lainnya seperti *investment credit*, *DMO holiday*, dan depresiasi dipercepat.

3.2.1 Crude Oil Balance

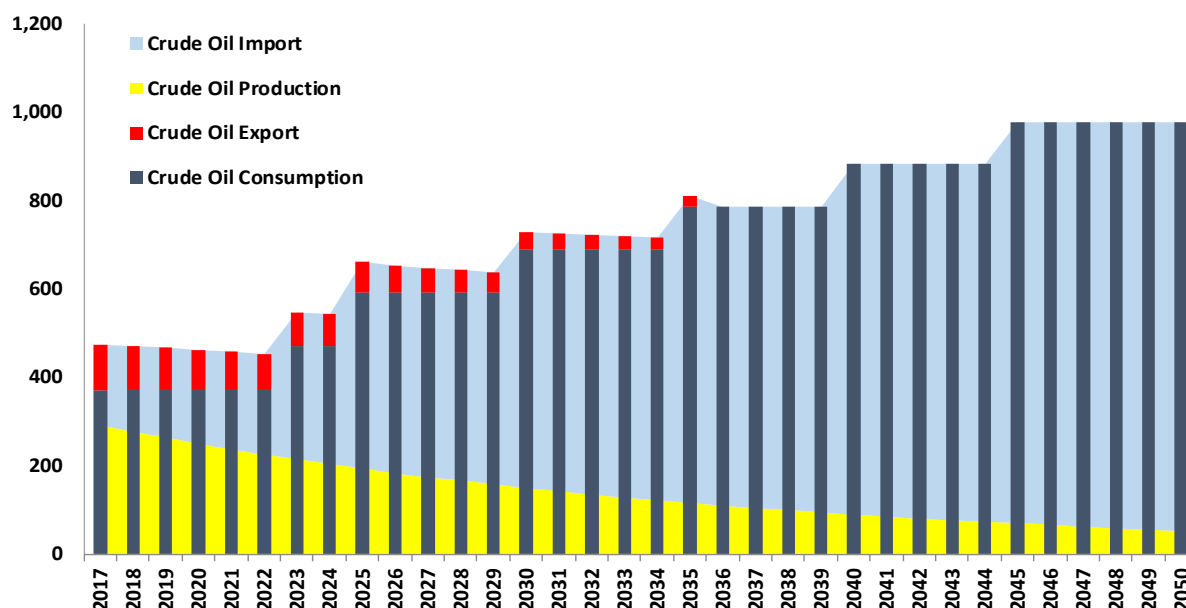
Crude oil production is projected to decrease by around 5% per year from 292.4 million barrels in 2017 to 53.8 million barrels in 2050 due to old wells and resources located in the frontier area. Likewise, crude oil export is expected to decline from 102.7 million barrels in 2017 and end in 2035. Net oil import increases from 79.2 million barrels in 2017 to 924.9 million barrels in 2050 with annual growth rates 7.7% or will increase more than 11 times.

In order to attract investors and increasing oil exploration and exploitation activities in all work areas to increase national petroleum reserves, the Government has made various policies such as import duty exemption on imported goods, tax incentives, as well as investment credit, DMO holidays, and accelerated depreciation.

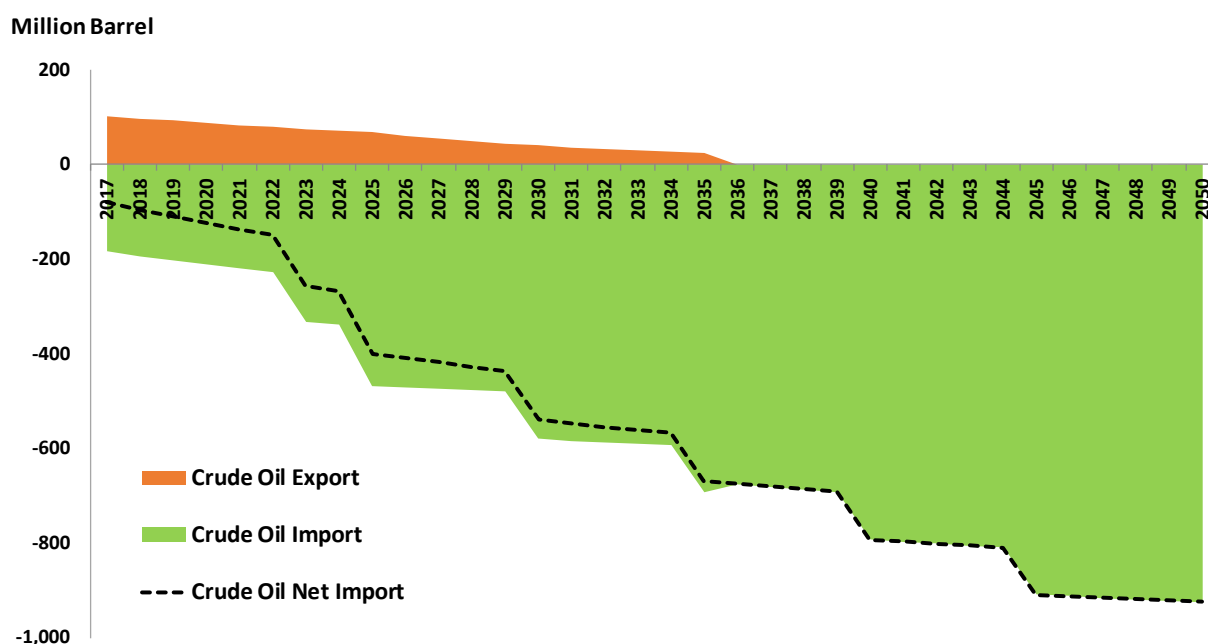
Gambar 3.2 Neraca minyak bumi

Figure 3.2 Crude oil balance

Million Barrel



Gambar 3.3 Ekspor dan impor minyak bumi
Figure 3.3 Export and import of crude oil



Saat ini kebutuhan minyak bumi dan BBM dalam negeri dipenuhi dari produksi minyak bumi dalam negeri, impor minyak bumi, dan impor BBM. Meskipun minyak bumi yang sesuai dengan spesifikasi kilang yang dioperasikan telah diproses di kilang minyak dalam negeri, namun tidak bertambahnya kapasitas kilang selama 20 tahun terakhir dan konsumsi BBM yang terus meningkat menyebabkan impor BBM semakin besar dari tahun ke tahun. Dalam kurun waktu dari tahun 2017 - 2050 diperkirakan impor minyak bumi akan meningkat 5 kali lipat, meningkat dari 181,9 juta barel pada tahun 2017 menjadi 924,9 juta barel pada tahun 2050 dengan pertumbuhan 5,1% per tahun. Minyak bumi yang tidak dapat diproses di kilang akan diekspor dan jumlahnya terus menurun sampai tidak ada lagi ekspor pada tahun 2036. Bila ekspor ini dipertimbangkan maka net impor minyak bumi dalam kurun waktu tersebut diperkirakan akan meningkat dari 79,2 juta barel pada tahun 2017 menjadi 924,9 juta barel pada tahun 2050 dengan tingkat pertumbuhan 7,7% per tahun.

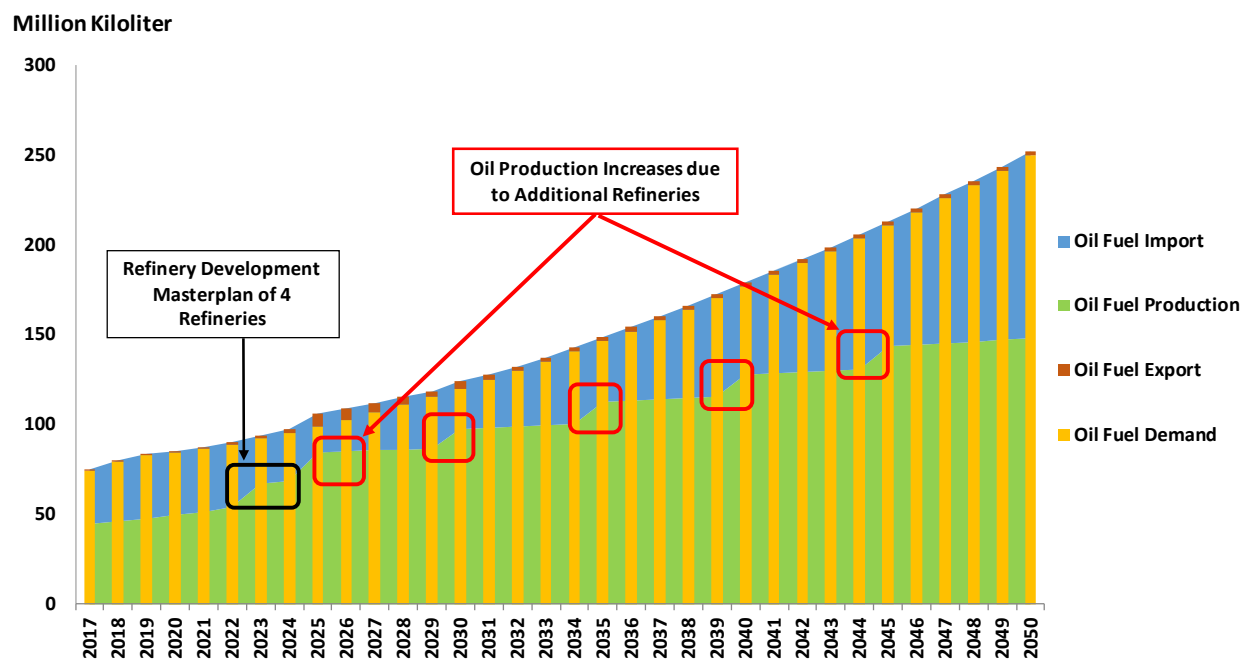
At present, domestic demand for crude oil and oil fuel is met from domestic crude oil production, crude oil import, and oil fuel import. Although crude oil that meet the specifications of the operating refineries has been processed at domestic refineries, the refinery capacity has not increased in the past 20 years and oil fuel consumption continues to increase causing oil fuel import continue to increase. In the period of 2017 – 2050, it is estimated that crude oil import will increase 5-fold, increasing from 181.9 million barrels in 2017 to 924.9 million barrels in 2050 with growth of 5.1% per year. Crude oil that cannot be processed at refineries will be exported and the amount will continue to decline until there is no more export in 2036. When these exports are taken into consideration, the net import of crude oil in that period is expected to increase from 79.2 million barrels in 2017 to 924.9 million barrels in 2050 with a growth rate of 7.7% per year.

3.2.2 Neraca Bahan Bakar Minyak

3.2.2 Oil Fuels Balance

Gambar 3.4 Neraca BBM

Figure 3.4 Oil fuel balance



Sampai saat ini BBM yang beredar di pasaran masih standar Euro 2. Sejalan dengan komitmen pemerintah untuk melaksanakan pembangunan berkelanjutan yang salah satunya melalui pemanfaatan energi yang ramah lingkungan, maka pemerintah akan segera beralih dari penggunaan BBM standar Euro 2 ke Euro 4 yang lebih ramah lingkungan dan sudah digunakan di negara maju saat ini.

Kebijakan pemerintah yang terkait dengan penggunaan BBM standar Euro 4 tertuang Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 tentang baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor. Disamping itu, pemerintah merencanakan pembangunan mega proyek perluasan empat kilang minyak atau disebut *Refinery Development Master Plan* (RDMP) yakni RDMP Refinery Unit (RU) V Balikpapan, RDMP RU IV Cilacap, RDMP RU VI Balongan, dan RDMP RU II Dumai serta dua proyek pembangunan kilang minyak dan petrokimia *Grass Root Refinery* (GRR) Tuban dan GRR Bontang. Pembangunan mega proyek kilang ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas BBM dari standar Euro 2 menjadi standar Euro 4 yang lebih ramah lingkungan.

Until now, oil fuel on the market is still Euro 2 standard. In line with Oil fuel in Indonesia's market is still Euro 2 standard. In line with the Government's commitment to implement sustainable development, one of which is through the use of environmentally friendly energy, the Government will immediately switch from Euro 2 to Euro 4 oil fuel standard which is more environmentally friendly and has widely used in developed countries.

Government policies related to the use of the Euro 4 oil fuel standard are stipulated in Minister of Environment and Forestry Regulation No. P20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 concerning quality standards for motor vehicle's exhaust emissions. In addition, the Government is planning the construction of four oil refineries expansion mega project or called the Refinery Development Master Plan (RDMP) i.e. RDMP Refinery Unit (RU) Balikpapan, RDMP RU IV Cilacap, RDMP RU VI Balongan, and RDMP RU II Dumai and two developments of refinery and petrochemical of Grass Root Refinery (GRR) Tuban and GRR Bontang. The construction of the mega refinery projects are expected to improve fuel quality from Euro 2 standard to a more environmentally friendly Euro 4 standard.

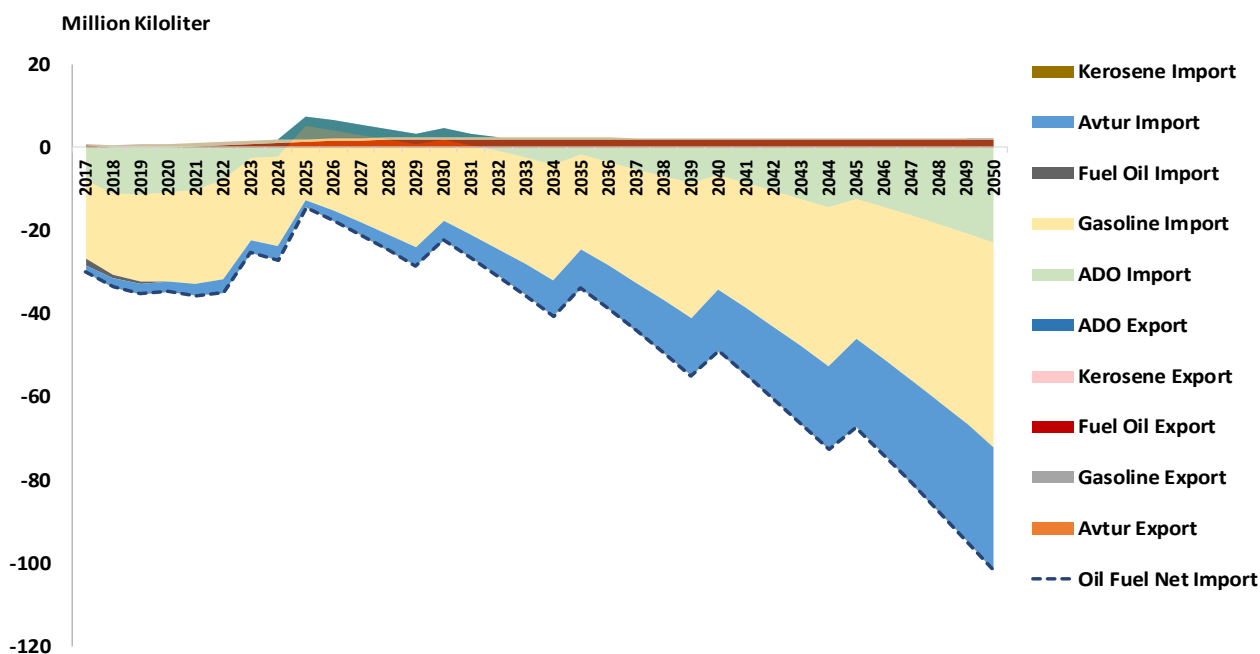
Sampai tahun 2050, GRR yang dipertimbangkan dalam model ada 5 kilang minyak baru masing-masing dengan kapasitas 300 MBCD. Dua diantaranya adalah GRR Tuban dan GRR Bontang. Pada tahun 2023 – 2027 program RDMP akan sedikit mengurangi impor BBM. Meskipun demikian, untuk jangka panjang program RDMP dan GRR masih belum dapat mencukupi kebutuhan BBM nasional. Selama kurun waktu 2017 – 2050 diperkirakan impor bensin masih paling dominan dibandingkan BBM lain. Impor bensin meningkat dari 18,9 juta kl pada tahun 2017 menjadi 49,3 juta kl pada tahun 2050 atau tumbuh sebesar 3,0% per tahun. Impor avtur meningkat paling pesat yakni sebesar 9,0% per tahun dari 1,7 juta kl (2017) menjadi 29,7 juta kl (2050). Sedangkan minyak solar meningkat dari 8,7 juta kl (2017) menjadi 25,1 juta kl (2050) atau meningkat rata-rata 3,3% per tahun.

Produksi BBM yang tidak dimanfaatkan di dalam negeri akan diekspor yaitu minyak bakar dan minyak tanah, meskipun jumlahnya tidak besar. Ekspor minyak bakar meningkat dari 0,47 juta kl pada tahun 2017 menjadi 1,78 juta kl pada tahun 2050 dengan pertumbuhan 4,1% per tahun, sedangkan ekspor minyak tanah hanya meningkat dari 0,2 juta kl pada tahun 2017 menjadi 0,43 juta kl pada tahun 2050 dengan pertumbuhan 2,3% per tahun. Minyak bakar dan minyak tanah masih memungkinkan untuk ditingkatkan menjadi produk lain yang mempunyai nilai tambah yang lebih tinggi.

Until 2050, the GRR that is considered in the model are 5 new oil refineries, each with a capacity of 300 MBCD. Two of them are GRR Tuban and GRR Bontang. In 2023 – 2027, the RDMP program will slightly reduce fuel import. Nevertheless, for the long term, the RDMP and GRR programs have not been able to meet the national oil fuel demand. During the period of 2017 – 2050, it is estimated that gasoline import is still dominant compared to other fuels. Gasoline import will increase from 18.9 million kl in 2017 to 49.3 million kl in 2050 or grows by 3.0% per year. Avtur import increases rapidly at 9.0% per year from 1.7 million kl (2017) to 29.7 million kl (2050). Diesel oil increases from 8.7 million kl (2017) to 25.1 million kl (2050) or increase of an average of 3.3% per year.

Oil fuel production that is not utilized domestically will be exported, namely fuel oil and kerosene, although the amount is not large. Fuel oil export increased from 0.47 million kl in 2017 to 1.78 million kl in 2050 with growth of 4.1% per year, while kerosene export only increases from 0.2 million kl in 2017 to 0.43 million kl in 2050 with growth of 2.3% per year. Fuel oil and kerosene are considered to be upgraded to other products that have higher added value.

Gambar 3.5 Ekspor dan impor BBM
Figure 3.5 Export and import of oil fuels

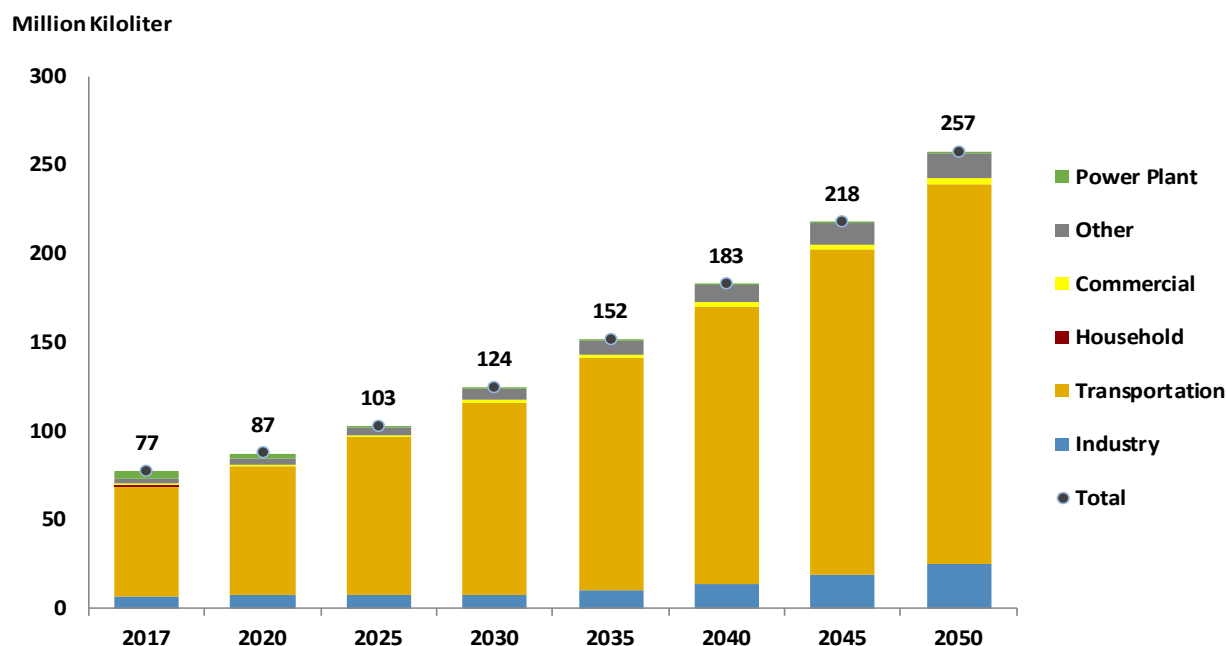


3.2.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Minyak

3.2.3 Oil Fuels Utilization

Gambar 3.6 Pemanfaatan BBM

Figure 3.6 Oil fuels utilization



Dalam kurun waktu 33 tahun dari tahun 2017 - 2050, konsumsi BBM yang terbesar ada di sektor transportasi dengan pangsa mencapai 84% diikuti sektor industri (8%), lainnya (5%), pembangkit listrik (1%), komersial (1%), dan rumah tangga (0,7%). Selama kurun waktu tersebut pangsa konsumsi BBM di tiap sektor tersebut relatif tidak banyak berubah.

Sektor transportasi relatif lebih sulit untuk beralih dari penggunaan BBM ke bahan bakar lain karena teknologi saat ini masih berbasis BBM, khususnya untuk kendaraan bermotor. Bensin dan minyak solar merupakan bahan bakar yang dominan digunakan di sektor transportasi. Upaya substitusi BBM dengan bahan bakar lain terus dilakukan, diantaranya adalah penggunaan BBN berbasis CPO untuk kendaraan bermotor dan pembangkit, penggunaan gas untuk transportasi masal berbasis bus, serta penggunaan listrik untuk transportasi masal berbasis kereta api listrik (KRL) dan baterai listrik untuk kendaraan penumpang di masa datang.

Within 33 years from 2017 - 2050, the largest oil fuel consumer is the transportation sector with a share of 84%, followed by the industrial sector (8%), other sector (5%), power plant (1%), commercial (1%), and households (0.7%). During this period, the share of oil fuel consumption in each of these sectors remained relatively unchanged.

The transportation sector is relatively more difficult to shift from the use of oil fuel to other fuel because current technology is still based on oil fuel, especially for motor vehicles. Gasoline and diesel oil are the dominant fuels used in the transportation sector. Efforts to substitute oil fuel with other fuels continue to be carried out, including the use of CPO-based biofuel for motor vehicles and power plants, the use of gas for mass transportation (bus), and the use of electricity for electric trains and battery electric vehicles in the future.

3.3 Gas Bumi dan LPG

Natural Gas and LPG

3.3.1 Gas Bumi dan LNG

Gas bumi merupakan komoditas yang penting baik sebagai energi, bahan baku, maupun sebagai komoditas ekspor. Pemerintah berkomitmen untuk memprioritaskan penyaluran gas untuk keperluan dalam negeri dengan meningkatkan infrastruktur pemanfaatan gas dalam negeri secara bertahap.

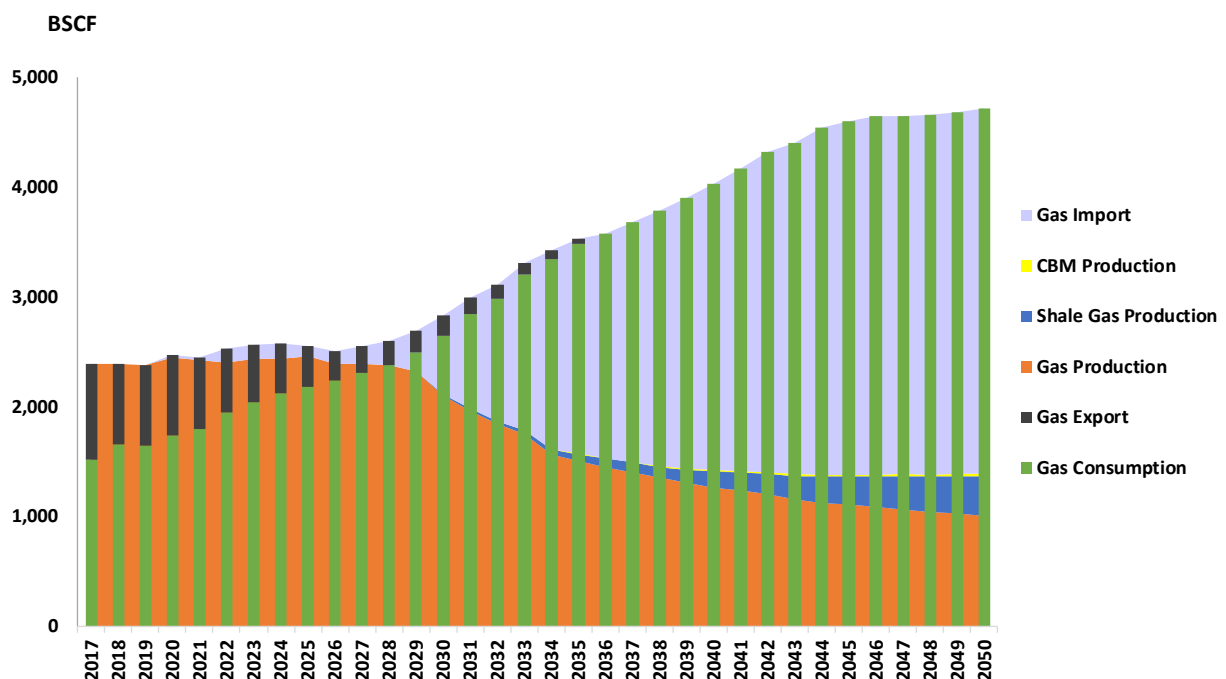
Saat ini, Indonesia masih mengekspor gas bumi sebesar 877 BSCF dalam bentuk LNG dan gas pipa, namun ekspor tersebut terus menurun seiring dengan meningkatnya kebutuhan dalam negeri. Kebutuhan gas bumi meningkat dari 1.516 BSCF pada tahun 2017 menjadi 4.723 BSCF atau meningkat rata-rata 3,5% per tahun pada tahun 2050. Pada tahun 2028 produksi gas bumi mulai menurun, sehingga untuk memenuhi kebutuhan domestik diperlukan impor gas bumi dan memanfaatkan cadangan gas non konvensional, seperti CBM dan *shale gas*.

3.3.1 Natural Gas and LNG

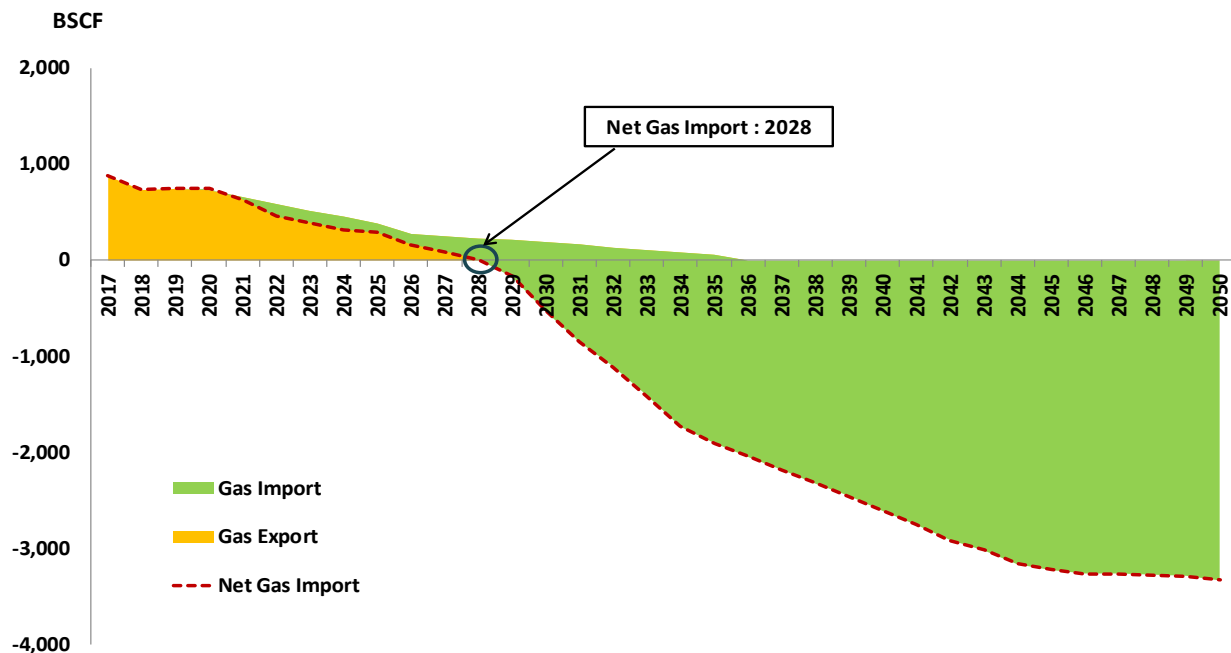
Natural gas is an important commodity not only as energy but also as raw materials and export commodity. The Government is committed to prioritizing the distribution of gas for domestic demand. Gradually, the domestic gas utilization infrastructure continues to be improved.

At present, Indonesia still exports natural gas at 877 BSCF in the form of LNG and pipeline gas. However, export continue to decline corresponding with the increasing domestic demand. The demand for natural gas increases from 1,516 BSCF in 2017 to 4,723 BSCF or increased by an average of 3.5% per year. In 2028, natural gas production will begin to decline. Therefore, to meet the demand, natural gas import is required as well utilizing unconventional gas reserves such as CBM and shale gas.

Gambar 3.7 Neraca gas
Figure 3.7 Gas balance



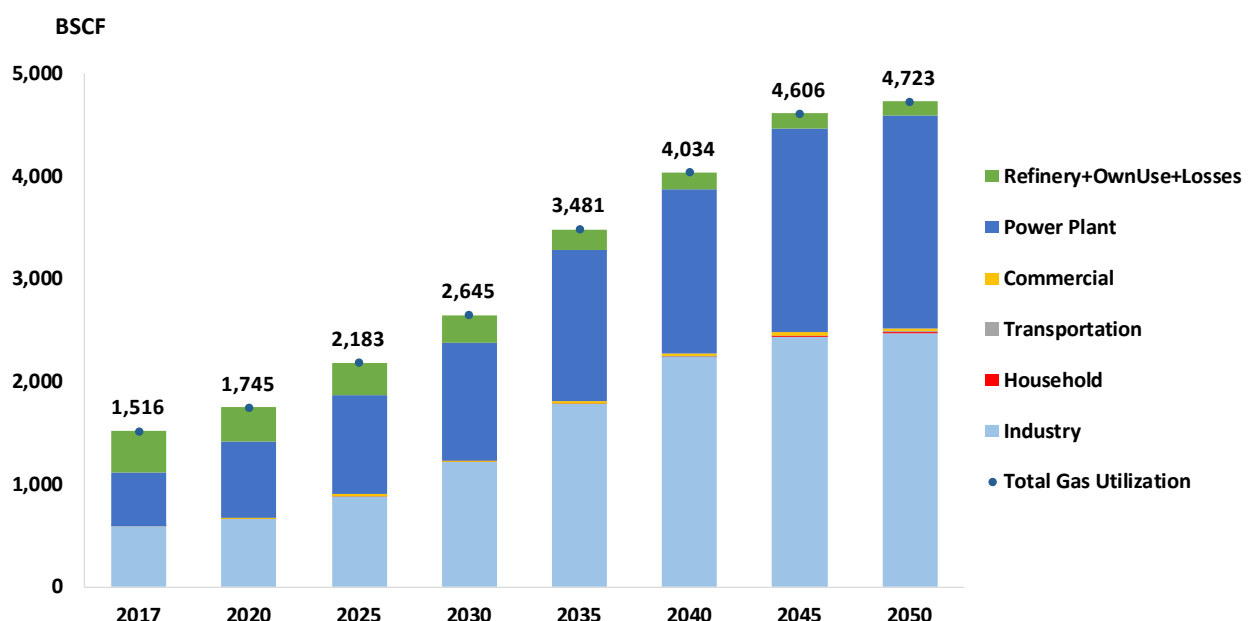
Gambar 3.8 Ekspor dan impor gas
Figure 3.8 Export and import of gas



Indonesia termasuk dalam peringkat lima besar negara eksportir LNG di dunia, dengan tujuan ekspor utama ke Jepang, Korea, Taiwan, Tiongkok, dan Amerika Serikat. Kilang LNG yang beroperasi saat ini ada tiga kilang, yaitu Kilang LNG Badak, Kilang LNG Tangguh, dan Kilang LNG Donggi-Senoro. Dalam waktu dekat Kilang LNG Masela diharapkan dapat memproduksi untuk memenuhi kebutuhan LNG dalam negeri.

Indonesia is ranked among the top five exporters of LNG in the world, with the main export destinations to Japan, Korea, Taiwan, China and the United States. There are currently three refineries operating, namely Badak LNG Plant, Tangguh LNG Plant and Donggi-Senoro LNG Plant. In the near future, the Masela LNG Plant is expected to start supplying LNG to meet domestic demand.

Gambar 3.9 Pemanfaatan gas
Figure 3.9 Gas utilization



Impor gas bumi diperkirakan tidak bisa dihindari dan diperkirakan mulai tahun 2020 sebesar 17,5 BSCF menjadi sebesar 3.327 BSCF pada tahun 2050. Impor gas dalam bentuk LNG memerlukan dukungan infrastruktur berupa *Floating Storage Regasification Unit (FSRU)*.

Gas bumi sebagian besar digunakan untuk sektor industri dan pembangkit listrik. Pemanfaatan gas bumi untuk rumah tangga, komersial dan transportasi tidak berkembangnya karena keterbatasan infrastruktur.

Natural gas import is expected to continue to increase, starting in 2020 with a volume of 17.5 BSCF to 3,327 BSCF in 2050. The import of gas in the form of LNG requires infrastructure support in the form of a Floating Storage Regasification Unit (FSRU).

Natural gas is mostly used in the industrial sector and power plant. Utilization of natural gas for households, commercial and transportation sector has not developed due to limited infrastructure.

3.3.2 LPG

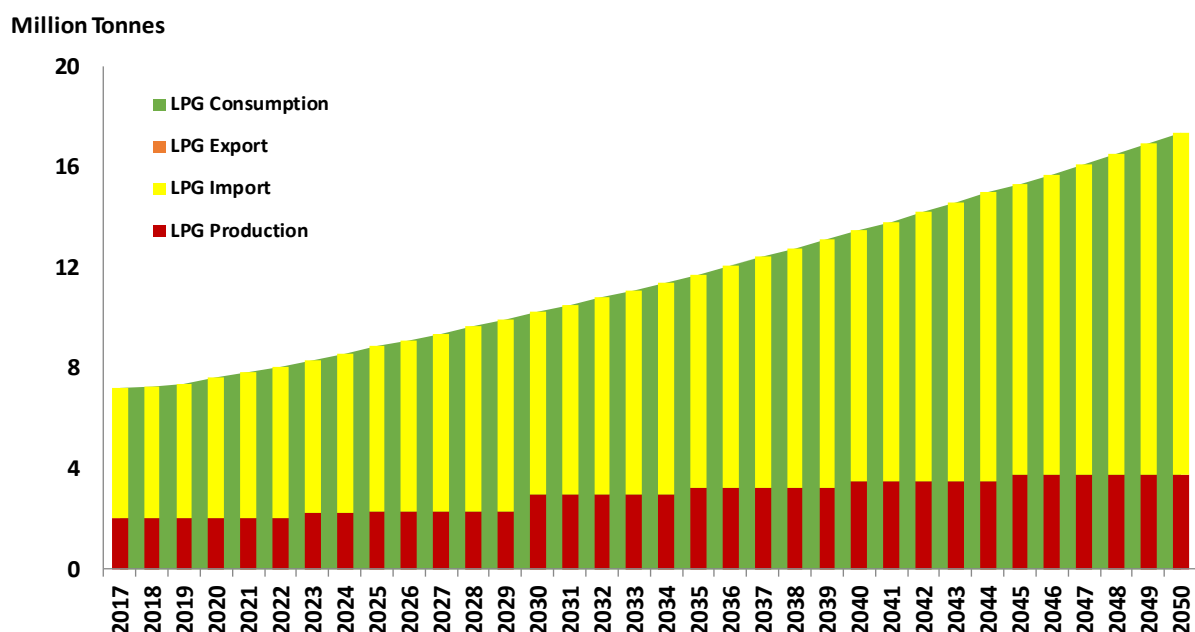
Kebutuhan LPG diperkirakan akan meningkat dari 7,2 juta ton pada tahun 2017 menjadi 17,4 juta ton pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata 2,7% per tahun. Produksi LPG saat ini hanya sebesar 2,0 juta ton sehingga untuk memenuhi kebutuhan domestik diperlukan impor LPG. Pangsa impor LPG terhadap total konsumsi mencapai 72% pada tahun 2017 dan diproyeksikan mencapai 78% pada tahun 2050. Impor LPG yang terus meningkat dikhawatirkan akan memberatkan neraca perdagangan Indonesia. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif substitusi LPG, misalnya dengan menggunakan gas untuk memasak di rumah tangga.

3.3.2 LPG

LPG demand is expected to increase from 7.2 million tonnes in 2017 to 17.4 million tonnes in 2050 or an average increase of 2.7% per year. LPG production is currently only 2.0 million tonnes so that to meet the demand, it needs to import LPG. The share of LPG import to total consumption reached 72% in 2017 and is projected to reach 78% in 2050. The increasing import of LPG is feared to burden Indonesia's current trade balance. Therefore, alternative LPG substitution such as pipeline gas for cooking in household needs to be encouraged.

Gambar 3.10 Neraca LPG

Figure 3.10 LPG balance



3.4 Batubara

Coal

3.4.1 Neraca Batubara

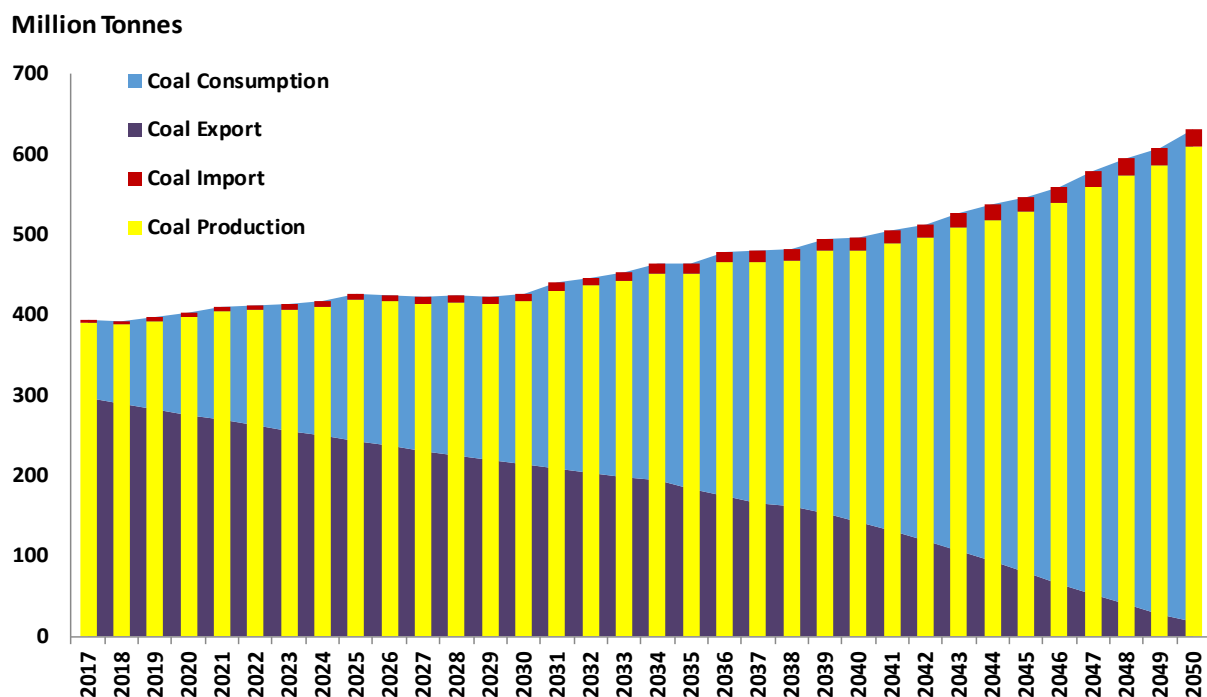
Produksi batubara diproyeksikan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 1 % per tahun. Sekitar 76% dari produksi batubara dijadikan sebagai komoditi ekspor. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan batubara domestik, baik sebagai bahan bakar pembangkit listrik, maupun sebagai bahan bakar di industri, pangsa ekspor batubara diperkirakan mengalami penurunan hingga menjadi 3% pada tahun 2050. Di sisi lain, impor batubara untuk kebutuhan reduktor di sektor industri diperkirakan meningkat dari 5 juta ton pada tahun 2017 menjadi 23 juta ton pada tahun 2050.

3.4.1 Coal Balance

Coal production is projected to increase with an average growth of 1% per year. Around 76% of coal production is used as an export commodity. Along with the increasing demand for domestic coal, both as fuel for power plant, as well as fuel in industry, the share of coal export is expected to decrease to 3% by 2050. On the other hand, coal import as a reducing agent in the industrial sector is expected to increase from 5 million tonnes in 2017 to 23 million tonnes in 2050.

Gambar 3.11 Neraca batubara

Figure 3.11 Coal balance



3.4.2 Pemanfaatan Batubara

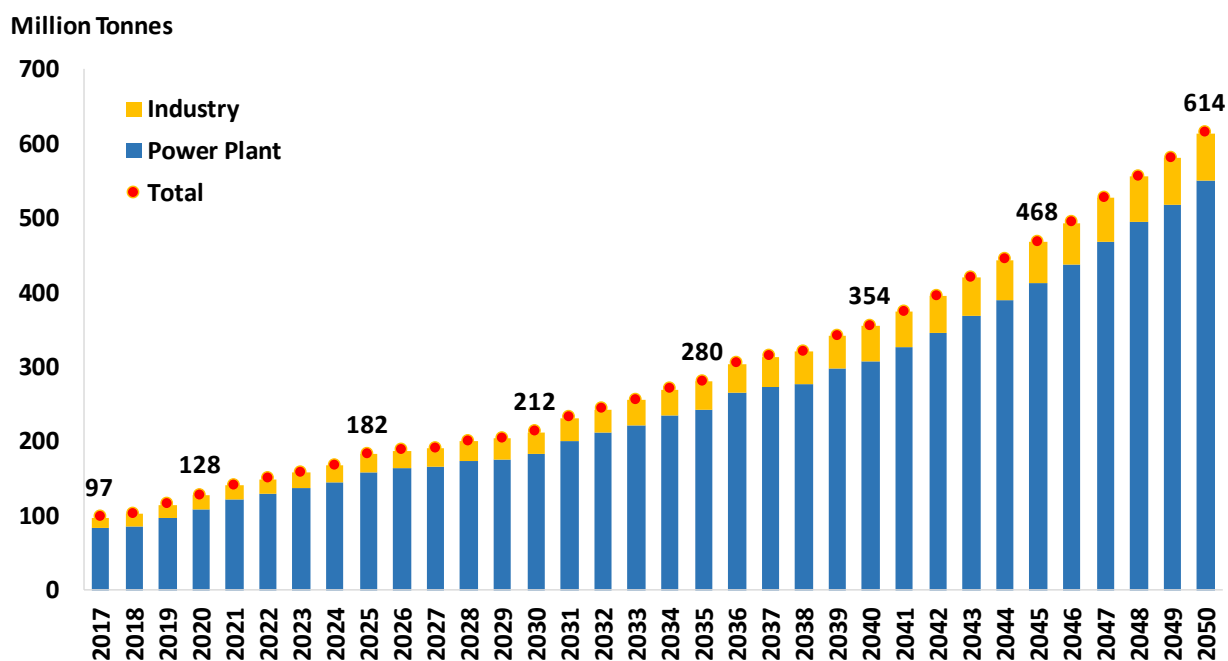
Sebagian besar pasokan batubara domestik digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik, sedangkan sisanya dipergunakan sebagai bahan bakar pada industri. Kebutuhan batubara untuk pembangkit listrik akan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 5,9% per tahun dari 83 juta ton pada 2017 menjadi 550 juta ton pada 2050. Sementara itu, dalam periode waktu yang sama, kebutuhan batubara untuk industri meningkat dengan pertumbuhan 4,7% per tahun, atau meningkat dari 14 juta ton pada tahun 2017 menjadi 64 juta ton pada tahun 2050.

3.4.2 Coal Utilization

The majority of coal production is estimated to be used to meet the demand of power plant fuel, while the rest is used as fuel in industry. Coal demand for power plant will increase with an average growth of 5.9% per year from 83 million tonnes in 2017 to 550 million tonnes in 2050. Meanwhile in the same time period, coal demand for industry increases with growth of 4.7% per year, or increases from 14 million tonnes in 2017 to 64 million tonnes in 2050.

Gambar 3.12 Pemanfaatan batubara

Figure 3.12 Coal utilization



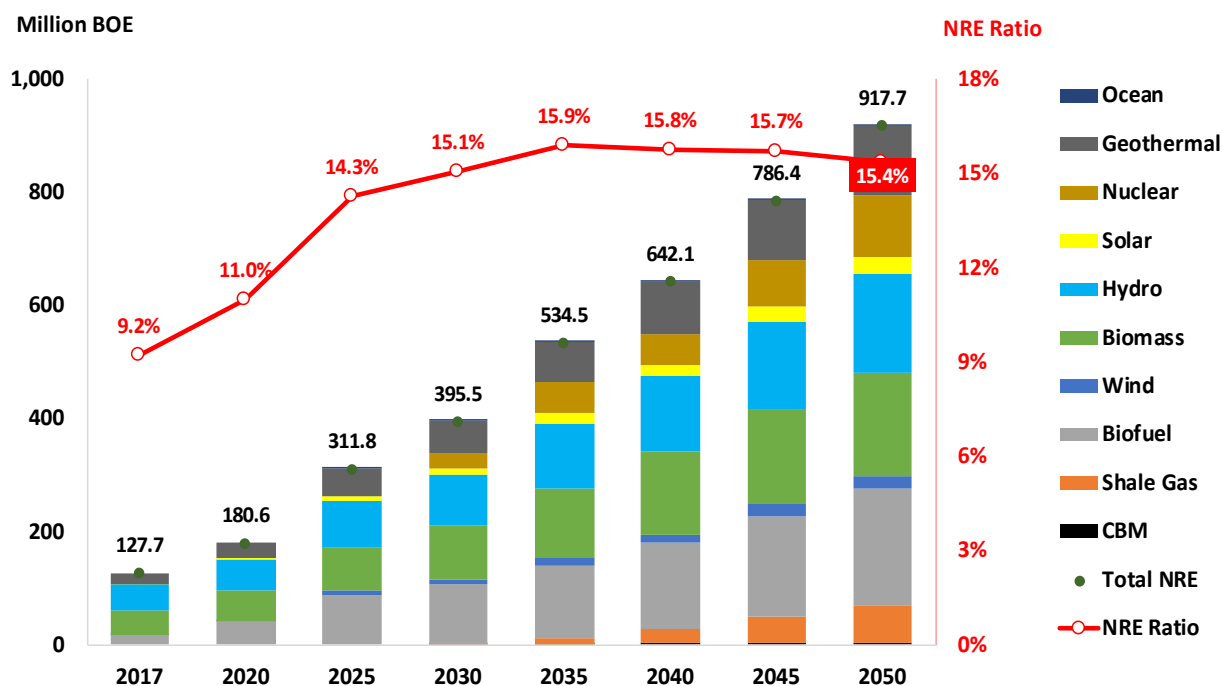
3.5 Energi Baru dan Terbarukan

New and Renewable Energy

Potensi EBT di Indonesia cukup tinggi namun belum dimanfaatkan secara optimal sehingga belum dapat mencapai target bauran energi seperti diamanatkan dalam kebijakan energi nasional. Pemanfaatan EBT masih banyak kendala yang dihadapi diantaranya adalah kesenjangan geografis antara lokasi sumber energi dengan lokasi kebutuhan energi serta biaya investasi teknologi energi berbasis EBT yang masih mahal. Kendala tersebut menjadi tantangan bagi pemerintah dalam membuat kebijakan ataupun regulasi yang dapat memacu pemanfaatan teknologi energi berbasis EBT, baik untuk sektor ketenagalistrikan maupun sebagai bahan bakar untuk substitusi BBM di sektor-sektor lain.

The potential for NRE in Indonesia is quite high but has not been utilized optimally. It has not been able to achieve the energy mix target as mandated in the national energy policy. The use of NRE still faces many obstacles, including the geographical gap between the location of energy resources and the location of energy demand as well as the high investment costs. These constraints pose a challenge for the Government in making policies or regulations that can spur the use of NRE-based energy technology, both for the electricity sector and as oil fuel substitution in other sectors.

Gambar 3.13 Penyediaan EBT dan rasio kontribusi EBT
Figure 3.13 NRE supply and their contribution ratio



Saat ini pemanfaatan EBT di sektor ketenagalistrikan masih didominasi oleh penggunaan tenaga air, kemudian diikuti oleh pemanfaatan panas bumi, biomassa, biodiesel, dan tenaga surya. Penggunaan PLTS masih terkendala dengan biaya investasi yang mahal terutama untuk komponen penyimpan energi dalam bentuk baterai maupun masalah pembebasan lahan. Pemanfaatan energi angin dalam bentuk PLTB masih memiliki beberapa tantangan yang dihadapi mengingat Indonesia adalah wilayah katulistiwa yang memiliki potensi angin yang tidak stabil dan juga masalah harga jual listrik yang masih murah.

Perkembangan CBM juga masih terkendala baik dalam hal biaya, teknologi, kebijakan, maupun perijinan. Pemanfaatan teknologi *shale gas* diharapkan dapat berkembang mengingat sumber energi ini relatif lebih bersih jika dibandingkan dengan penggunaan batubara. Teknologi *shale gas* diharapkan dapat berkembang dengan lebih cepat seiring dengan adanya teknologi baru berupa pengeboran horizontal dan *hydraulic fracturing*. Kedua teknologi tersebut memungkinkan proses pengeboran lapisan dari *shale gas* dapat lebih mudah dilakukan. Pemanfaatan BBN berbasis CPO 100% pada pembangkit listrik untuk saat ini masih belum dapat dilakukan secara penuh karena masih dalam tahap uji coba penggunaan CPO pada PLTD dan kendala ketersediaan CPO untuk jangka panjang di lokasi PLTD.

At present, the use of NRE in power plant is still dominated by the use of hydropower, then followed by geothermal, biomass, biodiesel and solar power. The use of photovoltaic is still constrained by its high investment cost, especially for energy storage components in the form of batteries and land acquisition issues. Utilization of wind power plant still has several challenges such as unstable wind potential due to Indonesia's equatorial region and also the low electricity prices.

The development of CBM is also still constrained in terms of cost, technology, policy, and licensing. Utilization of shale gas technology is expected to develop further considering that it is a relatively clean energy source compared to coal. Shale gas technology is expected to develop faster due to new technology such as horizontal drilling and hydraulic fracturing. Both of these technologies allow the drilling process of the shale gas layers to be more easily carried out. Utilization of 100% CPO-based biofuel in power plant cannot fully be done because it is still in the testing phase and no guarantee for long term CPO supply at the power plant location.

3.6 Energi Primer

Primary Energy

3.6.1 Penyediaan Energi Primer

Penyediaan energi primer meningkat dari 1.387 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 5.974 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 4,5% per tahun. Penyediaan energi sampai dengan tahun 2050 diperkirakan tetap didominasi oleh energi fosil. Energi fosil yang tumbuh paling pesat adalah batubara karena sektor pembangkit listrik didominasi oleh PLTU batubara. Selain itu, batubara juga digunakan sebagai bahan bakar di sektor industri. Hal ini menyebabkan batubara mendominasi penyediaan energi primer dan menggeser dominasi dari minyak bumi.

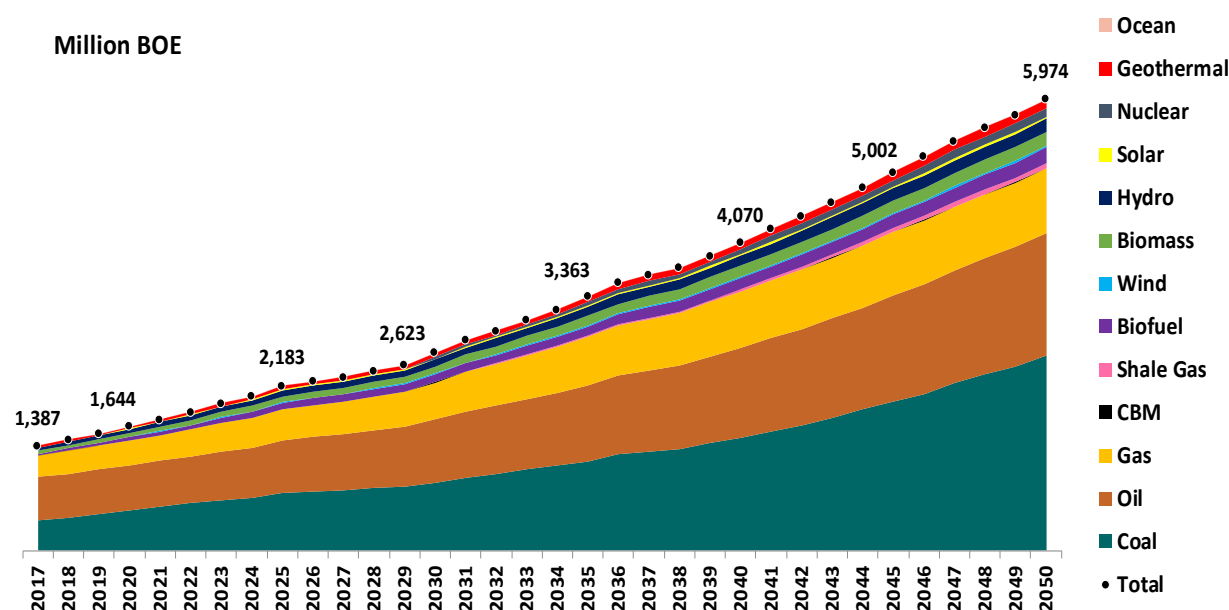
Pangsa minyak bumi diperkirakan terus menurun, namun perannya masih cukup tinggi hingga tahun 2050. Ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) terutama di sektor transportasi masih tinggi, karena teknologi transportasi berbasis listrik dan gas masih belum mampu menggeser dominasi teknologi transportasi berbasis BBM. Kondisi ini semakin menambah ketergantungan impor energi karena pemenuhan kebutuhan BBM sebagian besar diperoleh dari impor, baik dalam bentuk impor minyak mentah maupun impor BBM.

3.6.1 Primary Energy Supply

Primary energy supply increases from 1,387 million BOE in 2017 to 5,974 million BOE in 2050 or increases with an average growth of 4.5% per year. Energy supply until 2050 is estimated to remain dominated by fossil energy. The fastest growing fossil energy is coal because the power plant sector is dominated by coal-fired power plants. Moreover, coal is also used as fuel in the industrial sector. This causes coal to dominate the primary energy supply and shift the dominance of oil.

The share of oil is expected to continue to decline, but its role is still quite high until 2050. Dependence on oil fuel, especially in the transportation sector, is still high because electricity and gas-based transportation technology is still unable to shift the dominance of fuel-based transportation technology. This condition further adds to the dependence of energy imports because the fulfillment of oil fuel demand is mostly obtained from imports, both in the form of crude oil and oil fuel.

Gambar 3.14 Penyediaan energi primer
Figure 3.14 Primary energy supply



Pasokan gas bumi juga diperkirakan terus meningkat dari tahun ke tahun, walaupun pangsaanya sedikit menurun. Gas bumi tersebut digunakan sebagian besar di sektor industri dan pembangkit listrik. Namun karena cadangan gas bumi yang terbatas dan produksi gas yang terus menurun, maka pemenuhan kebutuhan akan gas bumi sebagian diperoleh dari impor LNG. Selain itu, diperkirakan produksi gas non konvensional yaitu *shale gas* dan gas metana batubara mulai dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi, namun dalam jumlah yang terbatas akibat berbagai kendala teknis maupun finansial.

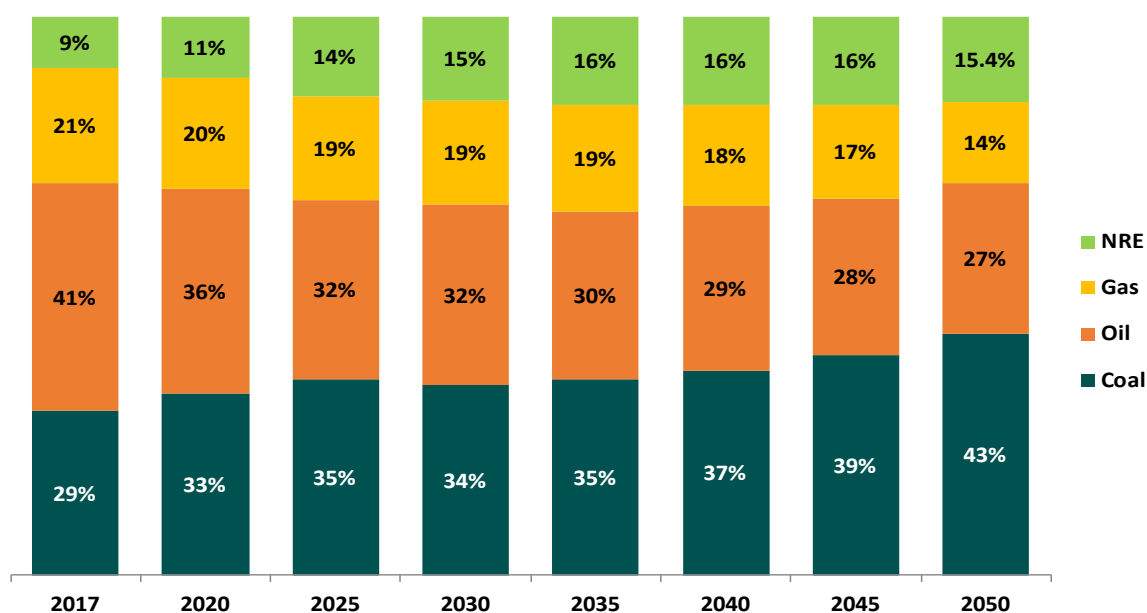
EBT mengalami pertumbuhan pasokan yang paling cepat, sebesar 6,2% per tahun. Peningkatan peranan EBT tersebut mensubstitusi penurunan pangsa minyak dan gas bumi. Pasokan EBT terus didorong seiring meningkatnya kekhawatiran akan kenaikan harga energi fosil serta dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil. Namun demikian, peran EBT hingga tahun 2050 masih kurang dari seperlima dari total penyediaan energi. Penyediaan EBT tersebut didominasi oleh BBN, biomassa, hidro, panas bumi, dan nuklir. Sementara itu, EBT lainnya (surya, angin, *shale gas*, gas metana batubara, dan kelautan) memiliki pangsa yang sangat kecil.

The supply of natural gas is also estimated to continue to increase, although its share has declined slightly. The natural gas is used mostly in the industrial sector and power plant. However, due to natural gas limited reserves and declining gas production, the fulfillment of natural gas demand is partly obtained from LNG imports. In addition, it is estimated that unconventional gas production, namely shale gas and coal bed methane, will be developed to meet energy demand but in limited quantities due to technical and financial constraints.

NRE experienced the fastest supply growth, at 6.2% per year. The increased role of the NRE counters the decrease in the share of oil and gas. The supply of NRE continues to be boosted along with the growing concern about rising prices of fossil energy and the environmental impact of fossil energy use. However, the role of NRE until 2050 is still less than one fifth of the total energy supply. The supply of NRE is dominated by biofuel, biomass, hydro, geothermal and nuclear. Meanwhile, other NRE (solar, wind, shale gas, coal bed methane, and marine) have a very small share.

Gambar 3.15 Bauran energi primer

Figure 3.15 Primary energy mix



3.6.2 Rasio Impor Energi

Ketergantungan terhadap impor energi terus mengalami peningkatan sejalan dengan cadangan energi yang terus menipis dan kebutuhan energi yang terus meningkat. Jenis energi yang dominan untuk diimpor adalah minyak mentah, BBM, LNG, dan LPG. Impor minyak mentah terus meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 5,1% per tahun seiring dengan pengembangan kilang minyak sesuai program RDMP dan GRR. Sementara itu, impor BBM masih terus diperlukan karena kebutuhan BBM (terutama bensin) belum mampu dicukupi dari hasil produksi kilang minyak dalam negeri. Impor BBM tumbuh sekitar 3,8% per tahun.

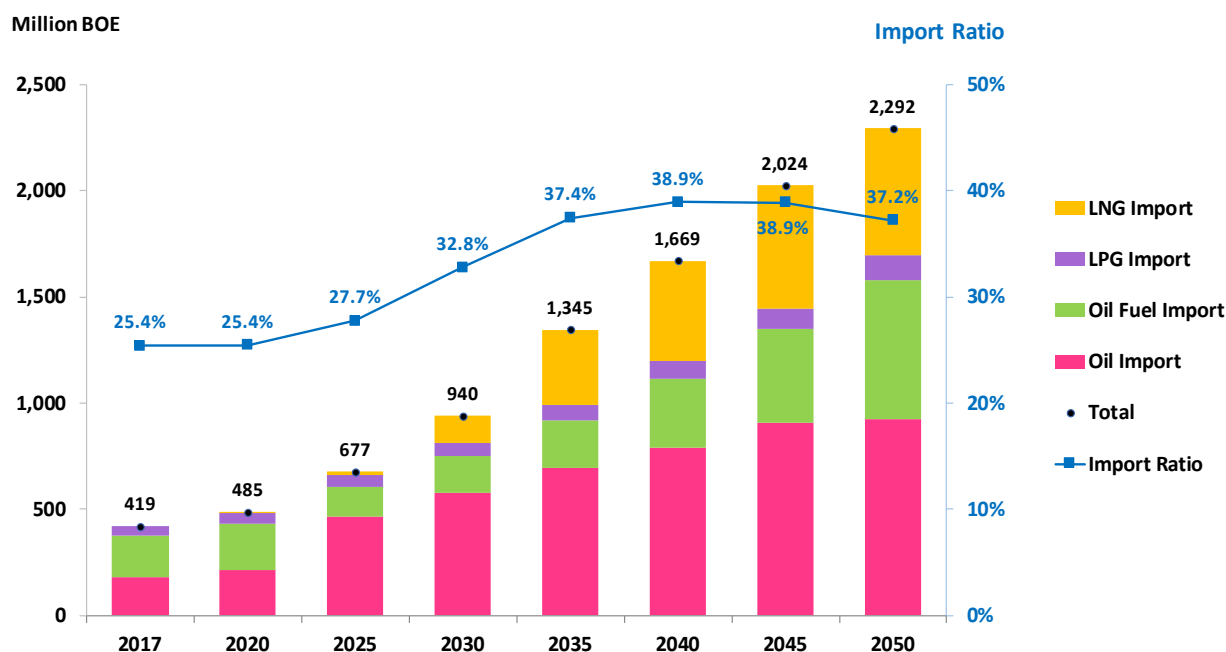
Walaupun saat ini Indonesia masih menjadi negara pengekspor gas, namun impor gas bumi (dalam bentuk LNG) tidak dapat dihindari dan diperkirakan terus meningkat karena cadangan dan produksi gas bumi yang terus menurun. Selain LNG, impor LPG juga diperkirakan terus meningkat seiring kebutuhan LPG di sektor rumah tangga dan komersial yang terus meningkat. Produksi LPG dari kilang gas yang terus menurun juga turut memperburuk kondisi pasokan LPG. Pertumbuhan impor LPG dapat ditekan dengan melakukan substitusi LPG dengan listrik dan gas bumi secara masif. Secara total, impor energi mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 5,3% per tahun.

3.6.2 Energy Import Ratio

Dependence on energy imports continues to increase as a result of energy reserves that continue to run low and energy demand that continue to increase. The dominant types of energy for import are crude oil, oil fuel, LNG and LPG. Crude oil import continues to increase with an average growth of 5.1% per year, in line with the development of oil refineries under the RDMP and GRR program. Meanwhile, oil fuel import is still needed because oil fuel demand (especially gasoline) has not been able to be fulfilled from the production of domestic oil refineries. Oil fuel import grows around 3.8% per year.

Although Indonesia is still a gas exporting country, import of natural gas (in the form of LNG) is inevitable and expected to continue to increase due to the decline in natural gas reserves and production. Aside from LNG, LPG import is also expected to continue to increase along with the increase of LPG demand in the household and commercial sectors. The declining LPG production from refineries also worsens the condition of LPG supply. The growth of LPG import can be reduced by massive substitution of LPG with electricity and natural gas. In total, energy import increases with an average growth of 5.3% per year.

Gambar 3.16 Rasio Impor energi
Figure 3.16 Energy import ratio



3.6.3 Neraca Energi Primer

Kondisi energi secara keseluruhan ditunjukkan dengan gambaran produksi, impor maupun ekspor energi secara nasional. Net pasokan energi untuk kebutuhan dalam negeri diperkirakan tumbuh dengan laju rata-rata 4,5%, sementara produksi energi fosil tumbuh dengan laju rata-rata hanya 0,5% per tahun dan produksi EBT tumbuh lebih tinggi dengan laju rata-rata 6,2% per tahun. Impor energi mengalami pertumbuhan paling pesat, yaitu 5,3% per tahun, sementara ekspor energi mengalami penurunan rata-rata 8,2% per tahun.

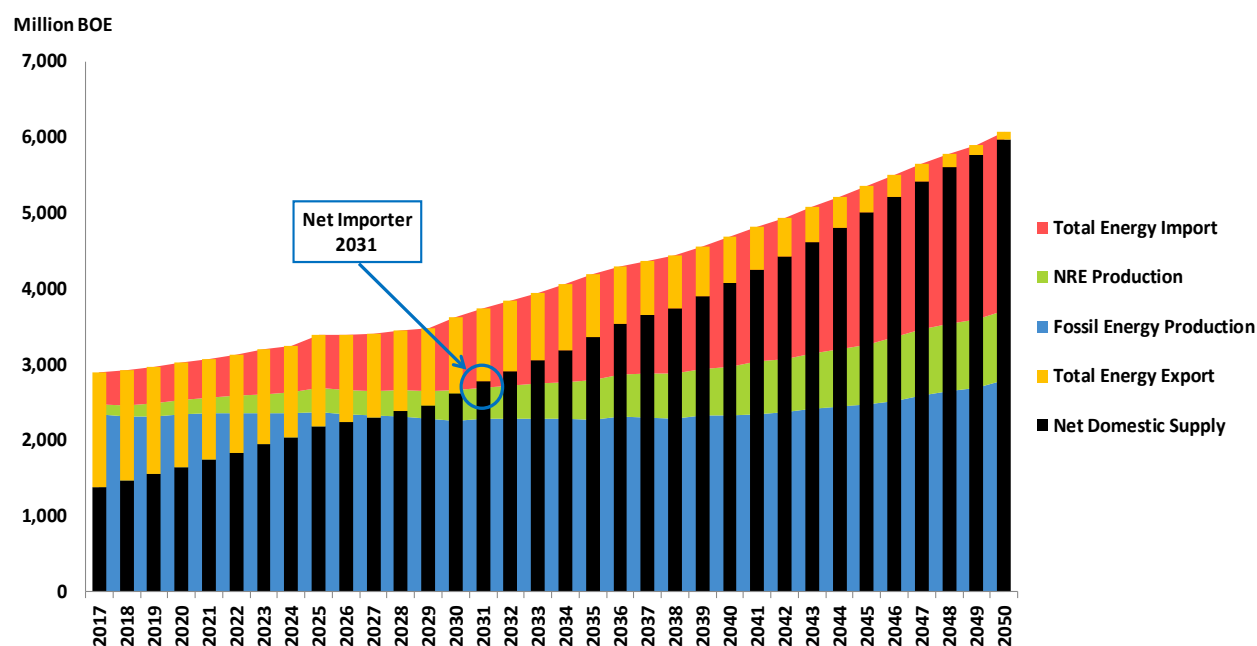
Pada tahun 2017 – 2029 produksi energi (fosil dan EBT) masih dapat memenuhi konsumsi dalam negeri bahkan masih dapat diekspor walaupun diperlukan juga impor. Namun pada tahun 2031 konsumsi energi domestik tidak dapat dipenuhi oleh produksi energi fosil dan EBT, sehingga Indonesia menjadi negara pengimpor energi. Kondisi tersebut menimbulkan kekhawatiran terkait ketahanan energi. Upaya eksplorasi cadangan migas baru, pengembangan EBT, serta konservasi energi yang lebih intensif diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut.

3.6.3 Primary Energy Balance

The overall of national energy condition is shown by a picture of energy production, import and export. Net energy supply for domestic demand is estimated to grow at an average rate of 4.5%, whereas fossil energy production grows at an average rate of only 0.5% per year and NRE production grows higher at an average rate of 6.2% per year. Energy import has the fastest growth, namely 5.3% per year, while energy export declines with an average of 8.2% per year.

In 2017 – 2029, total energy production (fossil energy and NRE) still can meet domestic demand and be exported even when import is also needed. However, in 2031, domestic energy consumption can no longer be fulfilled by fossil energy and NRE production. In other words, Indonesia will become an energy importing country. This condition raises concerns related to energy security. Efforts to explore oil and gas new reserves, development of NRE, and more intensive energy conservation are expected to help overcome these problems.

Gambar 3.17 Neraca energi primer
Figure 3.17 Primary energy balance





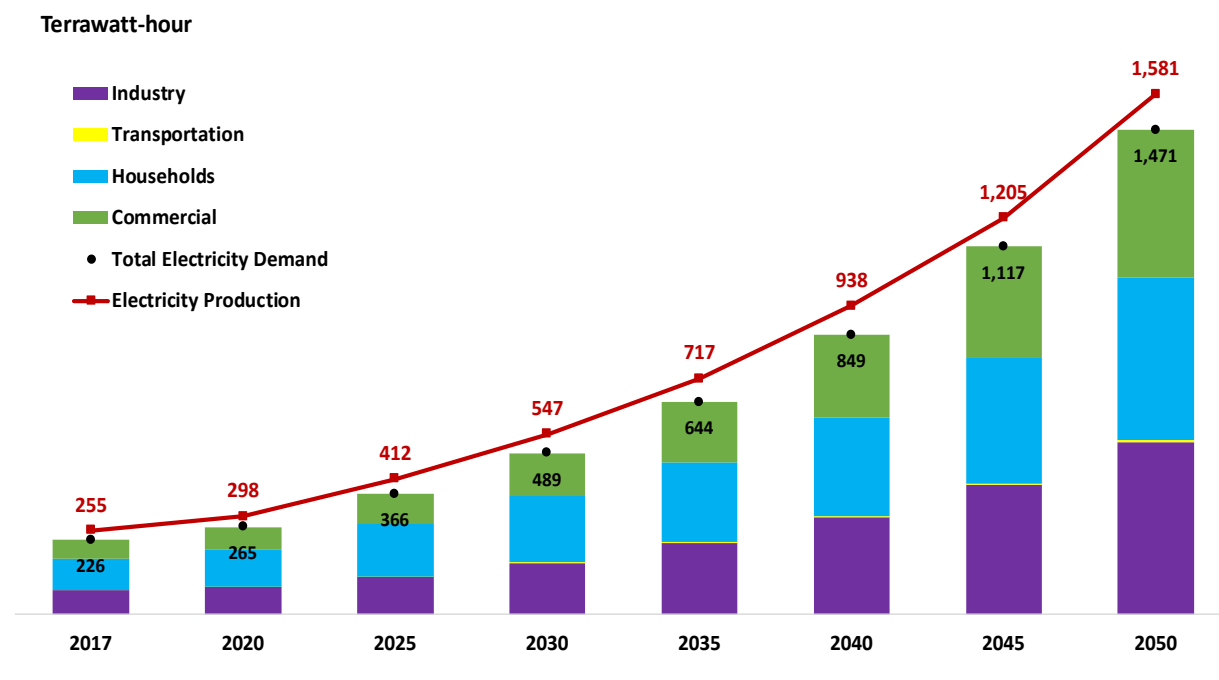
4 Ketenagalistrikan *Electricity*



4.1 Kebutuhan dan Produksi Listrik

Demand and Production of Electricity

Gambar 4.1 Total Kebutuhan dan produksi listrik per sektor
Figure 4.1 Total demand and production of electricity by sector



Sejalan dengan asumsi pertumbuhan ekonomi dan penduduk, serta peningkatan target rasio elektrifikasi menjadi 100% pada tahun 2025, kebutuhan listrik diproyeksikan meningkat lebih dari 6 kali lipat dari 226 TWh pada tahun 2017 menjadi 1.471 TWh pada tahun 2050. Sedangkan produksi listrik tumbuh rata-rata sebesar 6% per tahun dari 255 TWh menjadi 1.581 TWh. Selisih antara produksi dan kebutuhan listrik merupakan *losses* dan *own-use* selama transmisi dan distribusi, sedangkan pertumbuhan produksi listrik yang lebih rendah karena adanya perbaikan efisiensi teknologi penyaluran listrik ke konsumen.

In line with the assumption of economic and population growth, as well as an increase in the electrification ratio target to 100% by 2025, electricity demand is projected to increase more than 6 times from 226 TWh in 2017 to 1,471 TWh in 2050. Whereas the electricity production grows by an average of 6% annually from 255 TWh to 1,581 TWh. The difference between production and electricity demand is due to losses and own-use during transmission and distribution, while electricity growth is lower due to improvements in the efficiency of electricity distribution technology to consumers.

Peningkatan kebutuhan listrik menjadikan kebutuhan listrik per kapita mencapai 4.425 kWh/kapita pada tahun 2050, naik lebih dari 5 kali lipat dibanding 2017 (864 kWh/kapita). Kebutuhan listrik per kapita tersebut lebih rendah dari target KEN (PP No. 79/2014) karena adanya perbedaan asumsi makro dan tidak termasuk produksi listrik *autogeneration* atau *captive power* yang terjadi di sektor industri manufaktur dan industri energi.

Selama 33 tahun ke depan terjadi sedikit pergeseran dominansi kebutuhan listrik, dari sektor rumah tangga ke sektor industri. Hal ini terjadi karena ketersediaan teknologi peralatan listrik rumah tangga yang semakin efisien. Disamping itu, pemanfaatan listrik didorong untuk memenuhi keperluan produktif di sektor industri, seperti industri tekstil, kertas, pupuk, logam dasar besi, baja, dan lainnya.

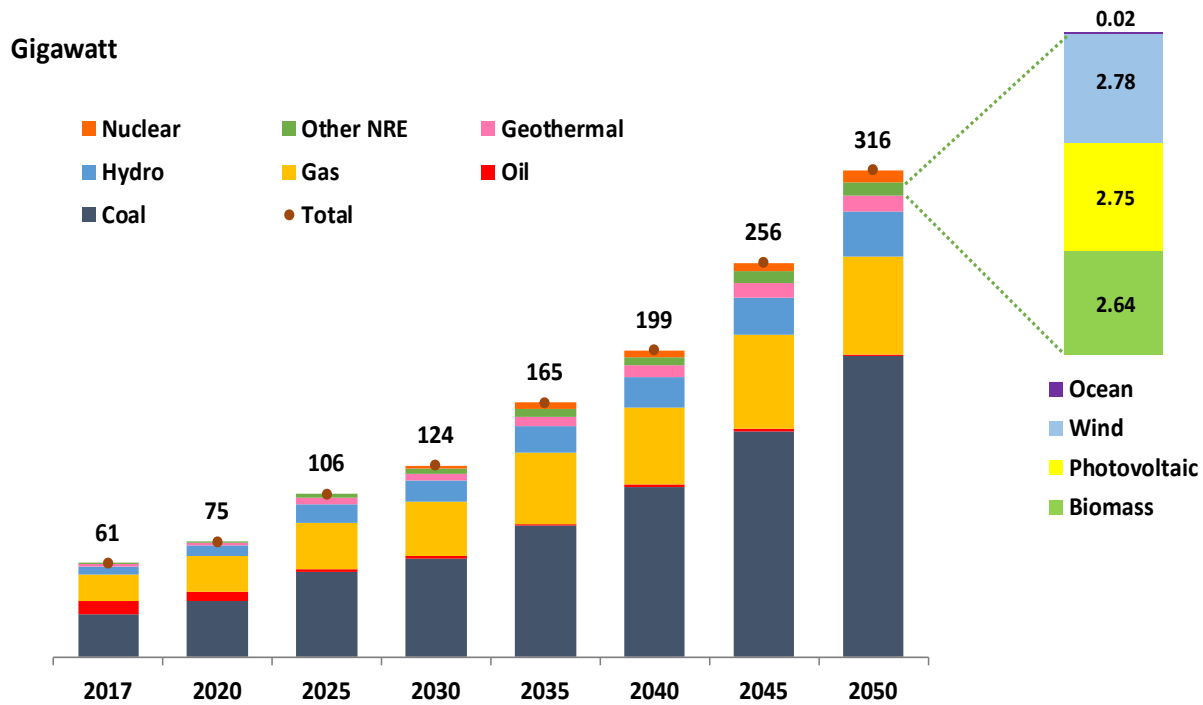
The increase in electricity demand leads electricity demand per capita to reach 4,425 kWh/capita in 2050, grows more than 5 times compared to 2017 (864 kWh/capita). The electricity per capita is lower than KEN target (Government Regulation No. 79/2014) due to differences in macro assumptions and does not include autogeneration or captive power production that occurs in the manufacturing and energy industries.

In the next 33 years, there will be a slight shift in the dominance of electricity demand, from household to industrial sector. This happens because of the availability of increasingly efficient household electrical appliances technology. In addition, electricity utilization is encouraged to meet productive demand in the industrial sector, such as the textile, paper, fertilizer, iron-based metal, steel, and other industries.

4.2 Kapasitas Pembangkit Listrik

Power Plant Capacity

Gambar 4.2 Kapasitas pembangkit listrik
Figure 4.2 Power plant capacity



Kapasitas pembangkit listrik nasional (PLN dan non PLN) pada tahun 2017 mencapai 61 GW, dengan pangsa terbesar PLTU batubara yang mencapai 46% (28 GW). Kapasitas pembangkit berbasis energi terbarukan, seperti PLTM, PLTA, PLTP, PLTS, dan PLTB adalah sebesar 7,4 GW atau sekitar 12%. Sisanya merupakan pembangkit berbahan bakar gas dan BBM.

Pemanfaatan PLTU batubara mulut tambang diprediksi mulai beroperasi tahun 2021 sebesar 0,84 GW, dan meningkat menjadi 26 GW tahun 2050. Khusus untuk PLTU batubara *ultra supercritical* diprediksi masuk ke sistem Jawa Bali tahun 2020, yaitu PLTU batubara Jawa Tengah (2 x 0,95 GW). Disusul kemudian oleh PLTU batubara Tanjung Jati B (2 x 1 GW) tahun 2021. Pada tahun 2025, pembangkit berbahan bakar batubara diperkirakan masih tetap mendominasi dengan pangsa mencapai 52% atau sekitar 55 GW. Peranan pembangkit EBT meningkat signifikan mencapai 19 GW (18%). Kecenderungan kenaikan kontribusi pembangkit EBT terus berlanjut hingga tahun

National power plant capacity (PLN and non-PLN) in 2017 reached 61 GW, with the largest share of coal-fired power plants by 46% (28 GW). Renewable energy-based power plant capacity, such as micro/mini-hydro pp, hydro pp, geothermal pp, solar pp, and wind pp was 7.4 GW or around 12%. The rest were gas and oil fuels-based power plants.

Mine mouth coal-fired pp is predicted to start operating in 2021 at 0.84 GW and will increase to 26 GW in 2050. Especially for ultra-supercritical coal-fired pp, it is predicted to enter the Java-Bali system in 2020, i.e. the Central Java coal-fired pp (2 x 0.95 GW). Followed later by Tanjung Jati B coal-fired pp (2 x 1 GW) in 2021. In 2025, coal-fired pp is estimated to still dominate with a 52% share or around 55 GW. The role of NRE pp will increase significantly to 19 GW (18%). The growth trend in NRE pp contribution will continue until 2050, and is expected to increase more than 7 times, from 7.4 GW (2017) to 55.5 GW (2050). Nuclear power plants as one of NRE pp is expected to be introduced in Java-Bali

2050, bahkan diperkirakan akan meningkat hingga lebih dari 7 kali, dari 7,4 GW (2017) menjadi 55,5 GW (2050). PLTN sebagai salah satu pembangkit EBT diperkirakan akan masuk dalam sistem ketenagalistrikan Jawa-Bali pada tahun 2030 sebesar 2 GW, dan bertambah menjadi 8 GW pada tahun 2050. Adapun peranan pembangkit batubara, gas, serta minyak masing-masing adalah sebesar 62% (193 GW), 20% (64 GW), dan 1% (1,6 GW).

Program 35.000 MW merupakan rencana pembangunan infrastruktur kelistrikan yang *multi years* dan telah dikukuhkan dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Pada saat program 35.000 MW diluncurkan, pertumbuhan ekonomi diharapkan mencapai rata-rata 6,8% per tahun. Namun, realisasi pertumbuhan ekonomi tidak sesuai dengan perkiraan awal. Pertumbuhan PDB pada tahun 2016, 2017, dan 2018 masing-masing hanya mencapai 5,02%, 5,07% dan 5,17%. Dengan demikian, terjadinya pelambatan pertumbuhan ekonomi akan berpengaruh pada pencapaian target program 35.000 MW.

Selain faktor ekonomi, faktor teknis juga berpengaruh, seperti karakteristik tiap jenis proyek pembangkit listrik yang sangat berbeda. Pembangunan PLTU batubara kapasitas 1 GW, memakan waktu minimal 4 tahun, sedangkan PLTMG dapat selesai dalam 8 bulan. Dengan mempertimbangkan berbagai faktor tersebut, tambahan kapasitas pembangkit listrik selama periode 2015 - 2019 diperkirakan hanya sebesar 12 GW, jauh lebih rendah dibanding target awal sebesar 35 GW. Pengoperasian tambahan pembangkit listrik lebih besar dari 12 GW diperkirakan akan membuat sistem kelistrikan kelebihan daya, padahal PT PLN (Persero) harus membeli produksi listrik pembangkit listrik IPP agar tidak dikenakan pinalti. Hal ini membuat beberapa pembangkit PLN tidak akan beroperasi pada kapasitas penuh.

Saat ini, pembangkit listrik yang sudah COD (*Commercial Operation Date*) baru beroperasi sekitar 10% (3,6 GW). Dengan kondisi itu, pelaksanaan program 35.000 MW diperkirakan baru akan tercapai pada tahun 2025-2026.

system in 2030 by 2 GW and will increase to 8 GW by 2050. The role of coal, gas and oil pp is respectively 62% (193 GW), 20% (64 GW), and 1% (1.6 GW).

The 35,000 MW program is a multi-year electricity infrastructure development plan and has been confirmed in the 2015-2019 National Medium Term Development Plan (RPJMN) document. When the 35,000 MW program was launched, economic growth is expected to reach an average of 6.8% per year. However, the realization of economic growth is not in accordance with the initial estimation. GDP growth in 2016, 2017 and 2018 only reached 5.02%, 5.07%, and 5.17% respectively. Thus, the slowdown in economic growth will affect the achievement of the 35,000 MW program target.

In addition to economic factors, effect of technical factors such as difference characteristics of each type of power plant project also significant. The construction of a coal-fired pp with capacity of 1 GW takes at least 4 years, while gas engine pp can be completed in 8 months. Taking into account these various factors, additional power plant capacity during the period 2015 - 2019 is estimated at only 12 GW, far lower than the initial target of 35 GW. The additional operation of power plant with capacity greater than 12 GW will overcapacity the system whereas PT PLN (Persero) also must buy electricity production from the IPP power plant to avoid penalty. This will certainly make some PLN's power plants not operating at full capacity.

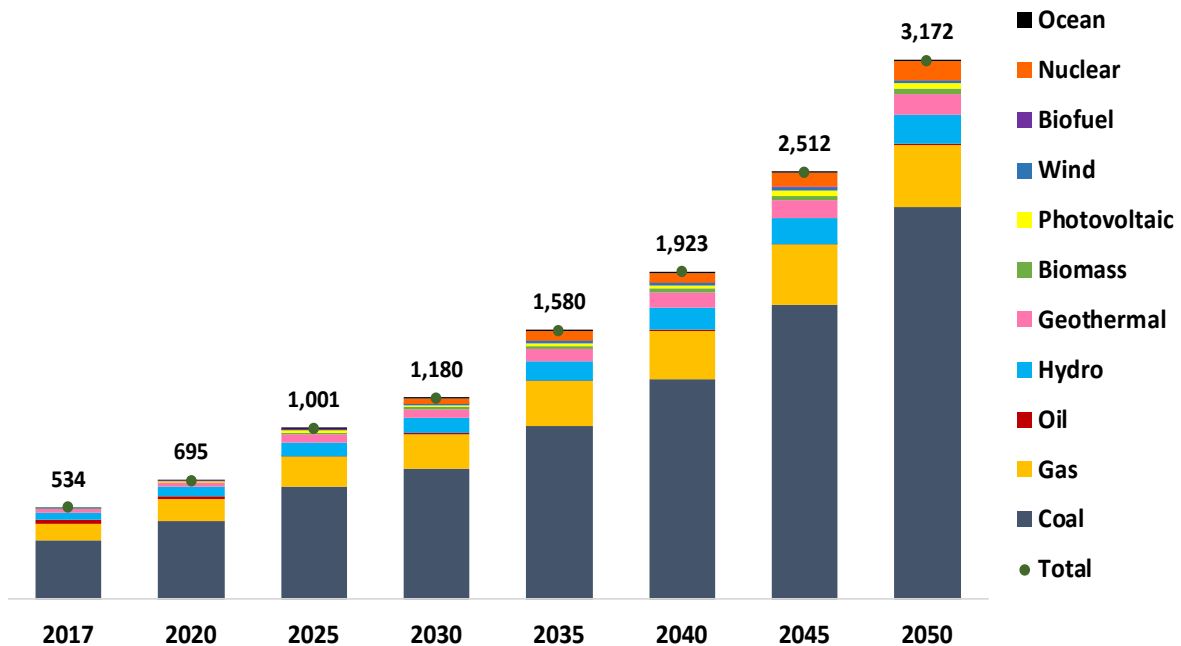
Currently, the power plant with COD (Commercial Operation Date) operates around 10% (3.6 GW). Under these conditions, implementation of the 35,000 MW program is expected to be achieved in 2025-2026.

4.3 Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit Listrik

Power Plant Fuel Demand

Gambar 4.3 Kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik
Figure 4.3 Power plant fuel demand

Million BOE



Pada tahun 2017, penggunaan batubara sebagai bahan bakar pembangkit masih dominan, yaitu sebesar 65% atau sekitar 83 juta ton (348 juta SBM). Untuk bahan bakar fosil lain, seperti gas dan minyak, masing-masing adalah 18% (93 juta SBM) dan 5% (24 juta SBM). Adapun sisanya sebesar 13% (68 juta SBM) diisi oleh bahan bakar yang berasal dari energi terbarukan, seperti panas bumi, air, matahari, angin, serta biomassa.

In 2017, the use of coal as fuel for power plants was still dominant, at 65% or around 83 million tonnes (348 million SBM). For other fossil fuels, such as gas and oil fuels, their share were 18% (87 million BOE) and 5% (25 million BOE) respectively. The remaining 16% (77 million BOE) was filled with renewable energy, such as geothermal, water, solar, wind and biomass.

Pada tahun 2050, peranan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih tetap dominan dengan pangsa sebanyak 73% atau 556 juta ton (2.308 juta SBM). Sisanya diisi oleh gas (12%) dan EBT (15%). Pada tahun 2050 tersebut, pembangkit berbahan bakar nuklir diperkirakan sudah beroperasi dengan pangsa lebih dari 3% (109 juta SBM) terhadap total EBT.

In 2050, the role of coal as fuel for power plant will still dominant with a share of 73% or around 556 million tonnes (2,308 million BOE). The rest is filled by gas (12%) and NRE (15%). By 2050, nuclear pp is expected to operate with a share of more than 3% (109 million BOE) of total NRE.

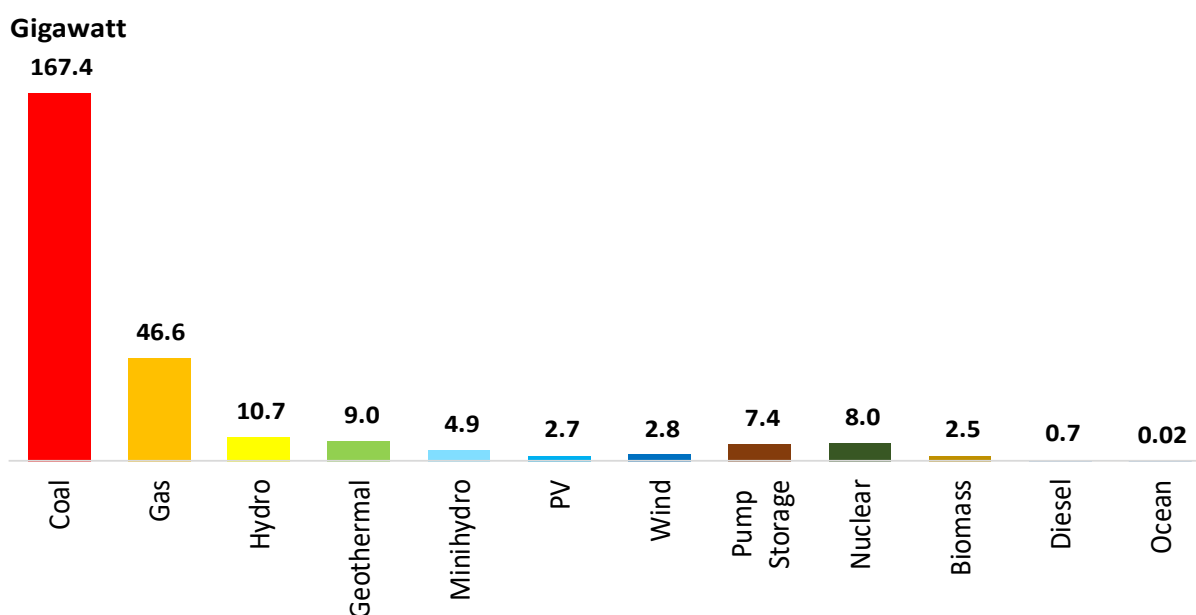
4.4 Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik

Additional Capacity of Power PLant

Tambahan kapasitas PLTU batubara selama rentang waktu 2018 - 2050 mencapai kisaran 64% (167 GW) terhadap total penambahan kapasitas pembangkit. Pembangkit berbahan bakar gas, baik PLTGU, PLTMG, maupun PLTG memerlukan tambahan kapasitas sebanyak 47 GW atau 18% dari total tambahan kapasitas. Selanjutnya, tambahan kapasitas pembangkit berbasis hidro, seperti PLTA, PLTM, dan *pump storage*, selama kurun waktu 32 tahun adalah sebesar 23 GW (9%), sedangkan untuk PLTP adalah mendekati 9 GW (3,4%). Untuk pembangkit EBT lainnya, seperti PLTS, PLTB, PLTBm, PLT kelautan, memerlukan tambahan sebanyak 8 GW (3%). Selain itu, PLTD masih dibutuhkan untuk menyediakan listrik, terutama di daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T), yang susah dijangkau. Pada beberapa wilayah yang sudah tersedia jaringan distribusi, keberadaan PLTD hanya sebagai *back-up* jika terjadi masalah pada pembangkit utama. Untuk itu, tambahan kapasitas pembangkit berbasis BBM sangat kecil, hanya sebesar 0,7 GW (0,3%). Adapun tambahan PLTN yang dimulai sejak tahun 2030 mencapai 8 GW pada tahun 2050 (3%).

Additional capacity of coal-fired pp needed during the 2018 - 2050 period will reach around 64% (167 GW) of total additional power plant capacity. Gas pp such as gas combined cycle pp, gas engine pp, and gas turbine pp require an additional capacity of 47 GW or 18% of the total additional capacity. Furthermore, additional capacity of hydro-based pp such as hydro pp, mini/hydro pp, and pump storage during the 32-year period are 23 GW (9%). Whereas geothermal pp is approaching 9 GW (3.4%). Other NRE pp, such as solar, wind, biomass, and ocean will require an additional capacity of 8 GW (3%). In addition, diesel pp is still needed to supply electricity, especially in frontier, outermost, and least developed regions, which are difficult to reach. The existence of diesel pp is also only a backup if there is a problem at the main power plant. So this additional oil fuel-based power plant capacity is very small, only 0.7 GW (0.3%). The additional nuclear power plants starting in 2030 will reach 8 GW by 2050 (3%).

Gambar 4.4 Tambahan kapasitas pembangkit listrik (2018-2050)
Figure 4.4 Additional capacity of power plant (2018-2050)





5 Dampak Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

*Impact of New and Renewable
Energy Utilization*



5.1 Neraca Perdagangan

Balance of Trade

Neraca perdagangan merupakan perbedaan antara nilai ekspor dan impor dari suatu negara yang menunjukkan kontribusi langsung dari aktivitas perdagangan bagi pendapatan nasional. Kondisi neraca perdagangan yang negatif (defisit) sering dianggap sebagai kondisi yang tidak menguntungkan karena bila terjadi terus menerus akan membuat industri dan produk dalam negeri tidak memiliki nilai tambah sehingga menyebabkan pertumbuhan ekonomi melambat. Agar neraca perdagangan positif (surplus), maka ekspor harus ditingkatkan atau impor harus dikurangi.

Selama periode 2000 – 2011, kinerja ekspor Indonesia sebenarnya menunjukkan tren yang meningkat, namun nilai impor juga ikut meningkat karena sebagian besar bahan baku dan bahan penolong dari industri berorientasi ekspor berasal dari impor. Hal ini memperburuk kondisi neraca perdagangan pada periode selanjutnya, yaitu saat ekspor mengalami penurunan akibat krisis global dan penurunan harga komoditas, maka neraca perdagangan Indonesia mengalami defisit.

Jika dilihat dari komoditasnya, Indonesia telah menjadi negara pengimpor minyak sejak tahun 2004. Kondisi neraca perdagangan migas tidak menunjukkan perbaikan dan terus mengalami defisit sejak tahun 2011 akibat impor energi yang lebih besar daripada ekspor. Volume impor minyak mentah dan BBM terus mengalami tren kenaikan seiring meningkatnya permintaan energi akibat pertumbuhan penduduk maupun jumlah kendaraan. Sementara impor LPG mengalami kenaikan yang signifikan sebagai akibat dari program konversi minyak tanah ke LPG.

Defisit di sektor migas merupakan penyumbang terbesar dari defisit transaksi berjalan. Selama periode tahun 2000 – 2011, defisit neraca perdagangan migas masih dapat diimbangi oleh surplus neraca perdagangan nonmigas. Namun hal yang patut diwaspadai adalah saat surplus neraca perdagangan nonmigas menurun, sedangkan defisit neraca perdagangan migas meningkat. Kondisi tersebut menyebabkan neraca perdagangan (total) menjadi defisit, seperti yang terjadi pada tahun 2012 – 2014 dan tahun 2018.

Trade balance is the difference between the value of exports and imports of a country which shows the direct contribution of trade activities to the national income. Negative balance of trade (deficits) are often regarded as unfavorable conditions because if they occur continuously, domestic industries and products will not have value added, causing economic growth to slow down. In order to have a positive balance of trade (surplus), exports must be increased or imports must be reduced.

During the period of 2000-2011, Indonesia's export performance actually showed an upward trend, but the value of imports also increased because most of the raw materials and supporting materials for export-oriented industries came from imports. This worsened the condition of the balance of trade in the next period when the exports experienced a decline due to the global crisis and falling commodity prices. The result was that Indonesia's trade balance experienced a deficit.

When viewed from the commodity, Indonesia has been an oil-importing country since 2004. The condition of the oil and gas trade balance has not shown any improvement and has continued to experience a deficit since 2011 due to energy imports that are greater than exports. The volume of imports of crude oil and fuel continues to experience an upward trend in line with rising energy demand due to population growth and the increasing number of vehicles. While LPG imports experienced a more significant increase as a result of kerosene to LPG conversion program.

The deficit in the oil and gas sector is the biggest contributor to the current account deficit. During the period 2000-2011, the oil and gas trade balance deficit could still be offset by the non-oil trade balance surplus. But the thing to watch out for is when the non-oil trade balance surplus decreases, while the oil and gas trade balance deficit increases. This condition causes the trade balance (total) to become deficit, as happened in 2012 - 2014 and 2018.

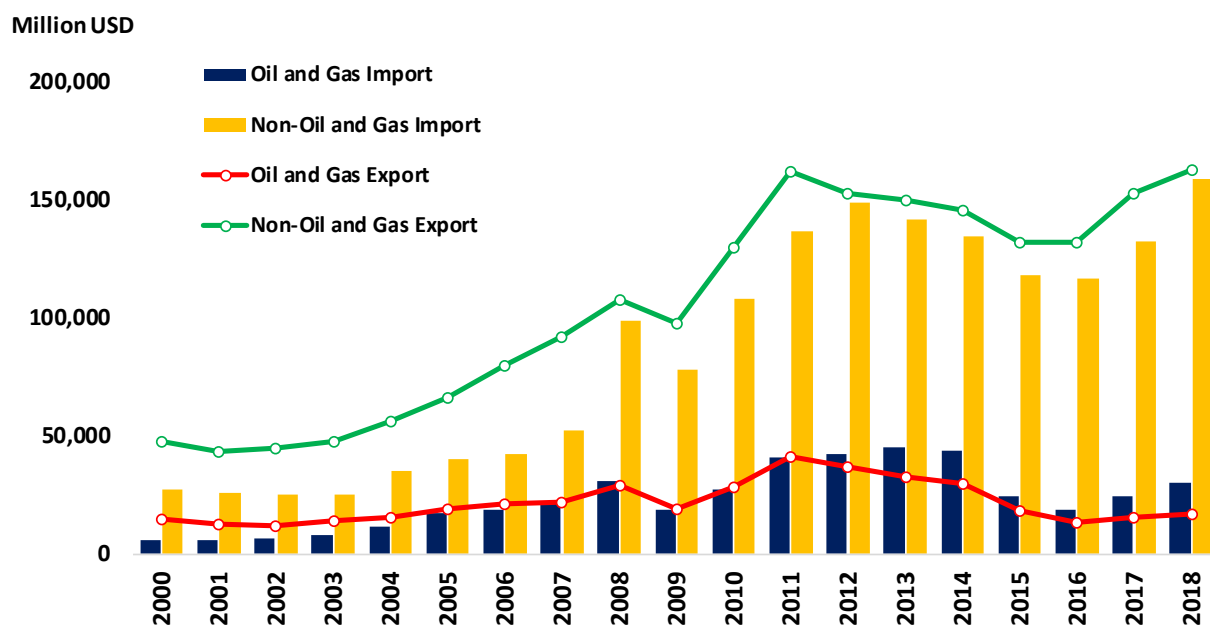
Untuk memperbaiki defisit neraca perdagangan migas yang telah lama terjadi, diperlukan upaya komprehensif dari sektor hulu hingga hilir. Dari sektor hulu, pemerintah perlu mendorong investasi di bidang eksplorasi migas agar produksi dan cadangan migas tidak mengalami penurunan terus menerus. Sementara di sektor hilir dapat dilakukan dengan melakukan diversifikasi energi, konservasi energi, hingga pencabutan subsidi energi, agar peningkatan konsumsi energi dapat ditekan. Upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi antara lain dilakukan dengan substitusi bahan bakar nabati, baik dengan pencampuran minyak solar dengan biodiesel maupun dengan memanfaatkan minyak sawit untuk diolah menjadi *green diesel*, *green gasoline*, maupun *green avtur*. Kendaraan berbasis listrik juga diharapkan dapat mengurangi konsumsi BBM.

Subsidi energi perlu dicabut, terutama untuk LPG, karena impor LPG terus mengalami kenaikan yang signifikan akibat produksi dalam negeri yang menurun. Penggunaan kompor listrik perlu didorong agar terjadi peralihan konsumsi LPG menjadi listrik. Selain itu, di sektor pembangkit listrik perlu didorong agar pemanfaatan EBT dapat dimaksimalkan. Seluruh upaya tersebut perlu dilakukan dengan maksimal untuk memperbaiki kondisi defisit neraca perdagangan migas di Indonesia.

To fix the deficit of oil and gas trade balance that has been going through for a long time, it requires comprehensive efforts from the upstream to downstream sectors. From the upstream sector, the government needs to encourage more oil and gas investment so that the oil production and reserve decline rate can be reduced. While in the downstream sector, energy diversification, energy conservation, and the removal of energy subsidies can be implemented so that the energy demand grows at a lower rate. Efforts to reduce dependence on oil, among others, are promoting biofuels. Biofuels is a fuel that is produced by mixing diesel oil with biodiesel or by processing crude palm oil (CPO) into green diesel, green gasoline, and green avtur. Deployment of electric vehicles are another effort to reduce petroleum product demand.

Energy subsidies need to be removed, especially for LPG, because LPG imports continue to rise due to the declining domestic LPG production. The use of electric stoves needs to be encouraged so that fuel switching between LPG and electricity occurs. In addition, the power generation sector needs to be encouraged to utilize NRE as much as possible. All of these efforts need to be done to improve the condition of the oil and gas trade balance deficit in Indonesia.

Gambar 5.1 Neraca perdagangan
Figure 5.1 Balance of trade



5.2 Pemanfaatan CPO untuk Bahan Bakar Nabati

Utilization of CPO for Biofuel

Pemerintah berupaya untuk mengurangi defisit neraca perdagangan melalui peningkatan produksi sawit untuk menghasilkan minyak kelapa sawit yang diproses lebih lanjut menjadi bahan bakar nabati (BBN). Indonesia adalah produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas perkebunan mencapai 14,3 juta hektar dan diperkirakan akan terus meningkat. Produksi minyak sawit mentah (CPO) mencapai 40,6 juta ton dan minyak inti sawit (PKO) mencapai 8,1 juta ton pada tahun 2018. Total ekspor CPO dan produk turunannya berdasarkan data BPS (2019) mencapai 29,3 juta ton dengan nilai ekspor mencapai USD 17,9 miliar.

Program pemanfaatan BBN yang sudah berjalan adalah kebijakan mandatori BBN untuk biodiesel. Istilah biodiesel digunakan untuk menyatakan campuran antara *fatty acid methyl ester* (FAME), dengan minyak solar. Sebagai contoh misalnya biodiesel B20 adalah campuran 20% FAME dalam 80% minyak solar berbasis fosil. FAME berasal dari proses transesterifikasi dari CPO dan methanol dibantu dengan katalis. Mulai 1 September 2018 mandatori BBN sudah mencapai B20 dan diperluas untuk semua sektor baik untuk *public service obligation* (PSO) maupun non-PSO. Opsi untuk meningkatkan pemanfaatan minyak kelapa sawit untuk BBN secara lebih agresif dapat dirangkum sebagai berikut.

5.2.1 Biodiesel B30

Pemerintah mempercepat realisasi *blending* biodiesel B30 pada akhir tahun 2019 dari rencana semula yang akan dimulai tahun 2020. Rencana ini mendapat dukungan dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (Aprobi). Pada pertengahan tahun 2019 ini dilakukan uji jalan penggunaan B30. Uji jalan ini dilaksanakan untuk meyakinkan pihak pengguna terkait dengan keamanan dan kinerja penggunaan campuran biodiesel B30. Sejauh ini, hasil pengujian menunjukkan bahwa mutu bahan bakar, pelumas, dan konsumsi bahan bakar kendaraan yang menggunakan B30 tidak berbeda signifikan dibandingkan kendaraan yang menggunakan B20.

The government is trying to reduce the trade balance deficit by increasing crude palm oil (CPO) production. The CPO is further processed into biofuel. Indonesia is the largest palm oil producer in the world with its plantation area reaching 14.3 million hectares and is expected to continue to rise. Production of CPO reached 40.6 million tonnes and palm kernel oil (PKO) reached 8.1 million tonnes in 2018. Total exports of CPO and its derivatives, according to BPS statistic (2019), reaches 29.3 million tonnes. This equals to a value of USD 17.9 billion.

The current policy on biofuel is a mandatory biodiesel utilization. The term biodiesel is used to express a mixture of fatty acid methyl esters (FAME), and diesel oil. For example, B20 biodiesel is a mixture of 20% FAME and 80% fossil-based diesel oil. FAME is produced by transesterification process of CPO and methanol assisted by a catalyst. By September 1, 2018 the mandatory biodiesel has to be already B20. The application of B20 was also expanded to all sectors, both for public service obligation (PSO) and non-PSO. Options to increase the use of CPO for biofuel more aggressively will be summarized below.

5.2.1 Biodiesel B30

The government accelerates the application of the B30 biodiesel by the end of 2019, one year ahead of the original schedule by 2020. This plan has the support of the Indonesian Biofuel Producers Association (APROBI). In the middle of 2019, a road test of B30 was conducted. This road test was carried out to convince the users about the safety and performance of the use of B30 biodiesel. So far, the test results show that the quality of fuel, lubricants, and fuel consumption of vehicles that use B30 are not significantly different from the vehicles using B20.

5.2.2 Pembangkit Listrik Berbahan Bakar CPO

Pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) dengan kecepatan tinggi dan pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG) berpotensi untuk menggunakan FAME (B100) tanpa dicampur dengan solar. PLTD dengan kecepatan menengah dapat menggunakan bahan bakar CPO secara langsung. PLN telah melakukan uji coba penggunaan CPO secara langsung untuk PLTD di Bangka Belitung. PLTD yang sudah terpasang perlu dimodifikasi untuk menyesuaikan spesifikasi bahan bakar dan kelayakan penggunaan CPO untuk PLTD ini masih dievaluasi. Saat ini juga sudah dipasarkan PLTD/PLTMG yang dirancang untuk menggunakan BBN, termasuk CPO. Pabrik MAN (Jerman) dan Wartsila (Finlandia) sudah memasarkan pembangkit listrik menggunakan BBN.

5.2.3 Green Fuel

Green fuel merupakan generasi kedua dari BBN yang mempunyai struktur molekul serupa dengan bahan bakar fosil tetapi mempunyai karakteristik yang lebih baik. Pengembangan *green fuel* dapat dilakukan melalui *co-processing* dalam kilang minyak konvensional atau melalui *stand-alone* dengan menggunakan *green refinery*. *Co-processing* memproses minyak nabati dan minyak bumi secara bersamaan menjadi *green hidrokarbon*. Hasil proses ini dapat berupa *green LPG*, *green avtur*, *green gasoline* dan *green diesel*. *Stand-alone* adalah proses yang secara langsung mengolah minyak nabati (misalnya CPO) di dalam *green refinery*.

Pertamina pada akhir tahun 2018 telah menguji coba *co-processing* untuk campuran minyak bumi dengan RBDPO (*refined, bleached and deodorized palm oil*) yang dapat menghasilkan *green gasoline* dan *green LPG* di fasilitas *fluid catalytic cracking* kilang Plaju yang berkapasitas 20,5 ribu BCD (*barrels per calendar day*). Campuran RBDPO yang telah diuji coba sampai dengan 7,5% dan diharapkan bisa ditingkatkan sampai 20%.

5.2.2 CPO Fueled Power Plant

High speed diesel power plant (PLTD) and gas engine power plant (PLTMG) have the potential to use B100, which means 100% FAME and no diesel oil. PLTDs with medium speed can use CPO directly. PLN has tested the use of CPO directly on PLTD in Bangka Belitung. As a result, PLTDs using B100 need to be modified to adjust its fuel specifications. Up to now the feasibility of PLTD using CPO is still being evaluated. The current PLTD/PLTMG in the market have been designed to be capable of using biofuel, including CPO. MAN factories (Germany) and Wartsila (Finland) have marketed power plants with capability of using biofuel.

5.2.3 Green Fuel

Green fuel is the second generation of biofuel that has a molecular structure similar to fossil fuels but has better characteristics. Green fuel production can be done through co-processing in conventional oil refineries or through stand-alone process in green refineries. The Co-processing method processes vegetable oil and petroleum together into green hydrocarbons. The results of this process can be green LPG, green avtur, green gasoline and green diesel. Stand-alone method is a process that directly processes vegetable oil (for example CPO) in a green refinery.

At the end of 2018, Pertamina was successful in demonstrating co-processing of crude oil and RBDPO (Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil) mixture to produce green gasoline and green LPG in the Fluid Catalytic Cracking Unit at Plaju oil refinery with a production capacity of 20.5 thousand BCD (barrels per calendar day). The RBDPO share in the mixture which had been tested was 7.5% and is expected to increase to 20%.

Pada awal tahun 2019, Pertamina juga telah sukses uji coba pembuatan *green diesel* secara *co-processing* di fasilitas *distillate hydrotreating* kilang Dumai yang berkapasitas 12.6 ribu BCD. Campuran RBDPO yang digunakan mencapai 12%. Sedangkan untuk *green avtur* dapat diproses secara *co-processing* dengan menggunakan campuran minyak inti sawit (PKO).

Teknologi *green refinery* untuk *green diesel* yang sudah beroperasi saat ini diantaranya adalah NExBTL, Ecofining, dan Hydroflex. Secara umum, teknologi ini akan menghasilkan *hydrotreated vegetable oil* (HVO) yang merupakan *green diesel*. NExBTL digunakan oleh Neste Oil Corporation (Finland) dan Ecofining dikembangkan oleh Universal Oil Products (UOP)-Eni (UK, Italy), sedangkan Hydroflex dikembangkan oleh Topsoe (Denmark). Total (Perancis) pada awal 2019 sudah memproduksi HVO dengan kapasitas 500 ribu ton per tahun dengan bahan baku dari *rapeseed* dan minyak kelapa sawit. Pertamina merencanakan pengembangan *green refinery* bekerja sama dengan Eni.

Green gasoline diproduksi dengan menggunakan teknologi *catalytic cracking* yang serupa dengan *fluid catalytic cracking* yang diterapkan di kilang minyak bumi. Teknologi ini belum ada yang beroperasi secara komersial. Pertamina dan ITB sedang melaksanakan penelitian pemanfaatan kelapa sawit untuk pembuatan *green gasoline* dan *green LPG* dengan menggunakan *green refinery*.

Potensi yang besar dalam pemanfaatan minyak kelapa sawit untuk bahan bakar adalah dengan *green refinery*. Pengembangan *green refinery* harus didukung dengan kontinuitas pasokan CPO serta tidak mengganggu pasokan sebagai pangan. *Green refinery* yang akan dibangun perlu dipertimbangkan berada di dekat pabrik CPO dan untuk *green diesel* harus ada fasilitas pasokan hidrogen. Kementerian Perindustrian mengusulkan penggunaan *industrial palm oil* (IPO) untuk mengganti CPO. IPO menggunakan proses yang lebih sederhana dari pada CPO, hanya proses penghilangan getah dan logam dan mempunyai keunggulan karena kandungan asam lemaknya lebih tinggi.

In early 2019, Pertamina also succeeded in trying to make green diesel through co-processing technology in the Hydrotreating Unit at Dumai refinery with a production capacity of 12.6 thousand BCD. The RBDPO content in the mixture reached 12%. Similarly, green avtur can also be produced by co-processing but using different mixture. Instead of RBDPO, the mixture uses palm kernel oil (PKO).

Green refinery technologies for green diesel that are currently in operation, among others are NExBTL, Ecofining, and Hydroflex. In general, these technologies will produce hydrotreated vegetable oil (HVO). HVO is actually green diesel. NExBTL is developed by Neste Oil Corporation (Finland). Ecofining is developed by Universal Oil Products (UOP)-Eni (UK, Italy), while Hydroflex is developed by Topsoe (Denmark). Total (France) in the beginning of 2019 already produced HVO with a capacity of 500 thousand tonnes per year with raw materials from rapeseed and crude palm oil. Pertamina has a plan to build a green refinery in collaboration with Eni.

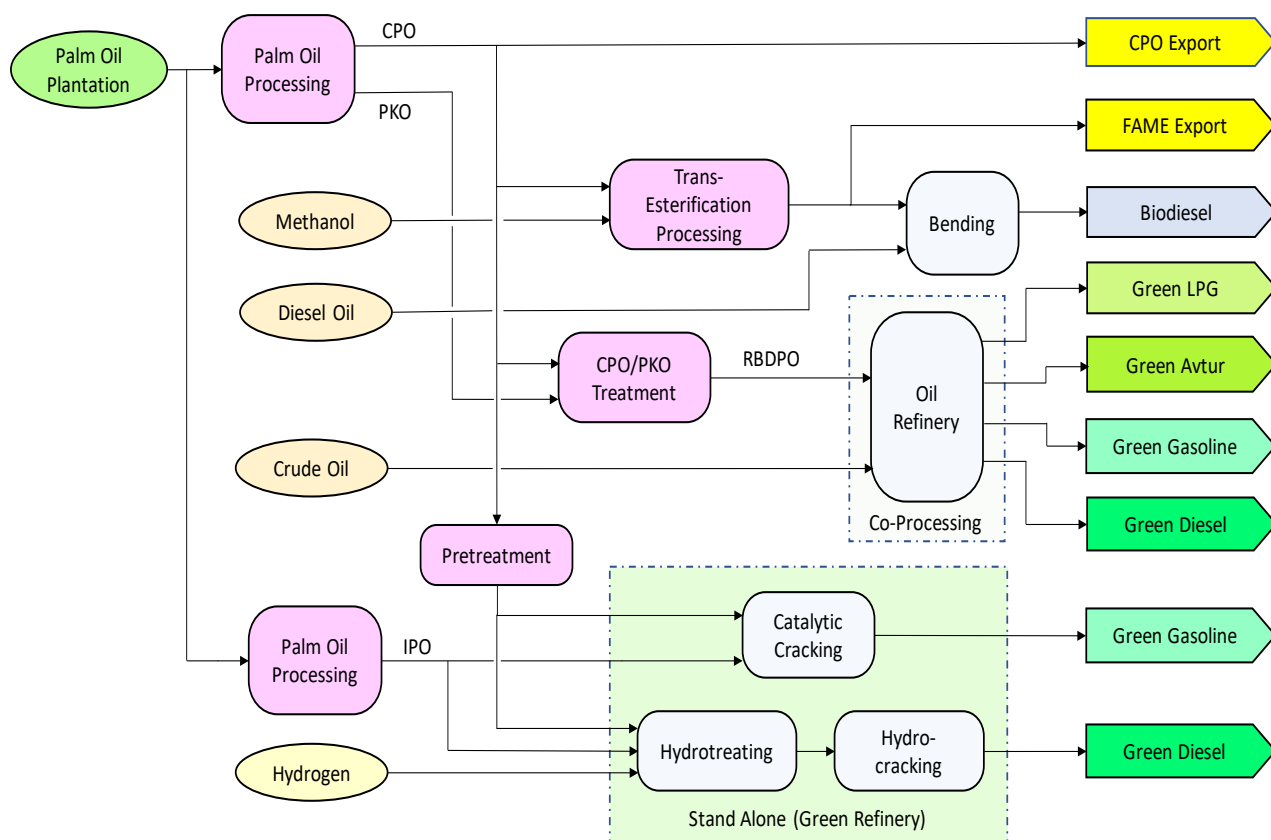
Green gasoline is produced using catalytic cracking technology which is similar to fluid catalytic cracking that is applied in petroleum refineries. This technology is not commercial yet. Pertamina and ITB are collaborating to do researchs on green gasoline and green LPG production from crude palm oil in green refineries.

Green refineries are the most potential application of palm oil as fuel. The development of green refineries must be supported by the continuity of CPO supply without causing problem to CPO as feedstock of food products. Green refineries should be built near CPO plants and have to be supported by hydrogen supply facilities. The Ministry of Industry proposes the use of industrial palm oil (IPO) to replace CPO. IPO uses a simpler process than CPO. The process only consists of removing sap and metals and has an advantage because of higher fatty acid content in its results.

Pemanfaatan CPO untuk konversi *green fuel* ini mempunyai peran dalam mengendalikan pasokan CPO ke pasar sehingga dapat mempengaruhi harga pasar. Pengembangan *green refinery* ini memerlukan *grand strategy* dari pemerintah karena terkait dengan keberadaan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPD PKS) yang dana operasionalnya berasal dari pungutan terhadap ekspor produk kelapa sawit. Pasar CPO perlu diatur dalam hal harga dan kuantitas yang digunakan baik untuk keperluan *green fuel* maupun pangan.

The use of CPO for green fuel production has a role in controlling the supply of CPO to the market. Another advantage is it can stabilize the market price of CPO. The development of the green refineries requires a grand strategy from the government because it is related to the existence of the Palm Oil Plantation Fund Management Agency (BPDPKS) whose operational funds come from levies on exports of palm oil products. The CPO market needs to be regulated in terms of price and quantity used both for green fuel and food.

Gambar 5.2 Skema produksi BBN berbasis minyak kelapa sawit
Figure 5.2 Palm oil based biofuel production scheme



5.3 Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Optimizing the Utilization of New and Renewable Energy

5.3.1 Pemanfaatan Bahan Bakar Berbasis Energi Baru Terbarukan

Minyak sawit dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar dalam bentuk biodiesel (FAME) maupun *green fuel*. Kebijakan pencampuran biodiesel dan minyak solar B30 sudah dipertimbangkan dalam skenario dasar, sedangkan pengembangan *green fuel* baru dipertimbangkan dalam kasus bahan bakar nabati berbasis CPO (kasus CPOB). Pengembangan *green fuel* tersebut dapat dilakukan melalui teknologi *co-processing* dalam kilang minyak konvensional maupun teknologi kilang *stand-alone*.

Menurut roadmap Pertamina (2019), *green gasoline* akan dikembangkan pada unit *catalytic cracker* (FCC/RFCC/RCC) di Kilang Plaju, Cilacap, Balongan, serta Balikpapan (setelah RDMP). Sementara itu, *green diesel* akan dikembangkan pada unit *hydrotreating* (DHDT/TDHT/GTO) di Kilang Dumai, Cilacap, dan Balongan, sedangkan *green avtur* berpotensi dikembangkan pada unit *hydrotreating* di Kilang Cilacap.

Minyak sawit atau minyak inti sawit yang digunakan dalam *co-processing* adalah jenis minyak yang telah diolah dan dibersihkan getah serta baunya atau dikenal dengan nama RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*) atau RBDPKO (*Refined Bleached Deodorized Palm Kernel Oil*). Pencampuran RBDPO atau RBDPKO dalam kilang minyak konvensional saat ini sekitar 7,5% dari input dan diperkirakan akan meningkat hingga 20% dari input. Dengan komposisi tersebut, diperkirakan total pemanfaatan minyak sawit melalui proses *co-processing* akan mencapai 3,8 juta kl pada tahun 2050.

Selain teknologi *co-processing*, minyak sawit dapat diolah menjadi bahan bakar dengan teknologi *stand-alone green refinery*. Saat ini teknologi yang ada di dunia mampu mengolah minyak nabati menjadi *hydrotreated vegetable oil* (HVO) yang memiliki komposisi yang sangat mirip dengan bahan bakar diesel. Teknologi ini juga menghasilkan *green gasoline* dan *green LPG* sebagai produk samping. Selain itu, bahan bakar untuk pesawat (*green avtur*) juga dapat diproduksi melalui *green refinery*. Pertamina telah bekerja sama dengan Eni dalam mengembangkan *green refinery* di Indonesia.

5.3.1 Utilization of New and Renewable Energy Based Fuel

Palm oil can be used as feedstock of biodiesel (FAME) and green fuel production. The policy on the use B30 has been included in the base scenario, while the development of green fuel is considered in the case of CPO-based biofuel (CPOB case). There are two types of technologies to produce green fuel. One is co-processing technology in conventional oil refineries and the other one is stand-alone refinery technology.

According to Pertamina's roadmap (2019), green gasoline will be developed in catalytic cracker units (FCC/RFCC/RCC) at Plaju, Cilacap, Balongan and Balikpapan (after RDMP) Refineries. Meanwhile, green diesel will be developed at the hydrotreating unit (DHDT/TDHT/GTO) at Dumai, Cilacap and Balongan Refineries. Cilacap Refinery has also potential for developing green avtur through its hydrotreating unit.

Palm oil or palm kernel oil used in the co-processing that has been processed and cleaned from its sap and smell are known as RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Oil) or RBDPKO (Refined Bleached Deodorized Palm Kernel Oil). The percentage of RBDPO or RBDPKO in the conventional oil refineries is currently around 7.5% of total input and is expected to increase to 20%. Based on these composition, the total demand of palm oil through the co-processing process is estimated to reach 3.83 million kl in 2050.

In addition to the co-processing technology, palm oil can be processed into fuel with stand-alone green refinery technology. This technology in the world is currently able to convert vegetable oil into hydrotreated vegetable oil (HVO) which has a similar composition to diesel fuel. This technology also produces green gasoline and green LPG as byproducts. In addition, fuel for aircraft (green avtur) can also be produced in green refineries. Pertamina has collaborated with Eni in developing a green refinery in Indonesia.

Kilang *stand-alone* yang akan dibangun memiliki kapasitas sebesar 20 MBSD (*thousand barrel steam per day*) dan diperkirakan mulai beroperasi pada tahun 2024. Diperkirakan hingga tahun 2050 kapasitas kilang *stand-alone* akan meningkat hingga 160 MBSD. Dengan kapasitas tersebut, total pemanfaatan minyak sawit dengan teknologi *stand-alone* diperkirakan akan mencapai 8,2 juta kl pada tahun 2050.

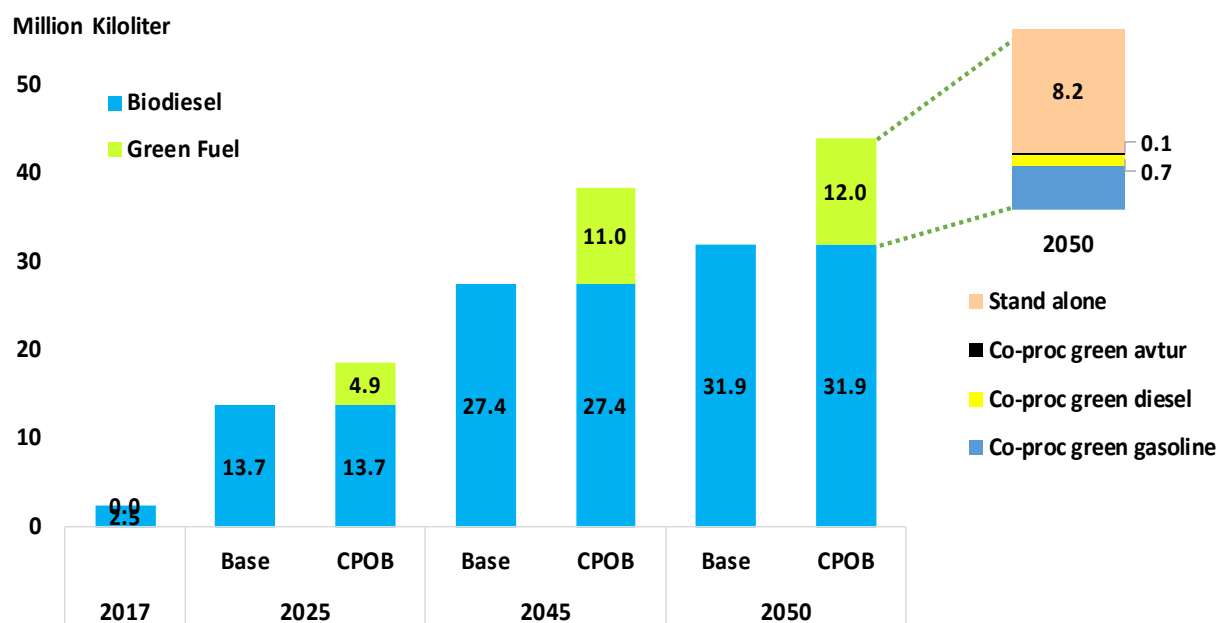
Pengembangan kilang ini menghadapi beberapa tantangan seperti biaya investasi yang tinggi dan waktu konstruksi yang relatif lama. Teknologi ini juga membutuhkan hidrogen (H_2) dalam jumlah besar. Di sisi lain, impor BBM terbesar saat ini dan di masa yang akan datang adalah jenis bahan bakar bensin, namun teknologi *stand-alone* yang sudah terbukti saat ini menghasilkan *green diesel* sebagai produk utamanya. Ke depan diharapkan terdapat teknologi *stand-alone* yang mampu mengolah minyak nabati menjadi *green gasoline* sebagai produk utamanya.

The stand-alone refinery which is going to be built has an installed capacity of 20 MBSD (thousand barrel steam per day) and is expected to start operating in 2024. It is estimated that by 2050 the capacity will increase to 160 MBSD. With those capacity, the total utilization of palm oil with stand-alone technology is expected to reach 8.2 million kl in 2050.

The development of stand alone refinery faces several challenges such as high investment costs and relatively long construction time. This technology also requires hydrogen (H_2) in large quantities. On the other hand, the biggest part oil import is gasoline, but the proven stand-alone technology currently produces green diesel as its main product. In the future, it is expected that there is a stand-alone technology capable of processing vegetable oil into green gasoline as its main product.

Gambar 5.3 Pemanfaatan minyak sawit untuk kasus bahan bakar nabati berbasis CPO

Figure 5.3 Palm oil utilization for case of CPO-based biofuel (CPOB case)



5.3.2 Peningkatan Pembangkit Listrik Berbasis Energi Baru Terbarukan

Peningkatan porsi EBT dalam membangun infrastruktur pembangkit listrik perlu terus didorong. Hal ini dilakukan agar terbentuk bauran energi berbasis EBT sekaligus mempersempit defisit migas. Pada tahun 2025 untuk skenario dasar, bauran EBT khusus ketenagalistrikan adalah sebesar 17%, dengan kapasitas total EBT 18,7 GW. Untuk mendorong pengembangan EBT, target kapasitas pembangkit listrik dari EBT, untuk kasus peningkatan EBT kelistrikan (kasus NREE), harus minimal 22 GW, agar mencapai target bauran EBT minimum 23% pada tahun 2025. Sedangkan pada tahun 2050, kapasitas total EBT harus mencapai 88,4 GW untuk target bauran EBT 31%, berbanding 55,6 GW (17%) pada skenario dasar.

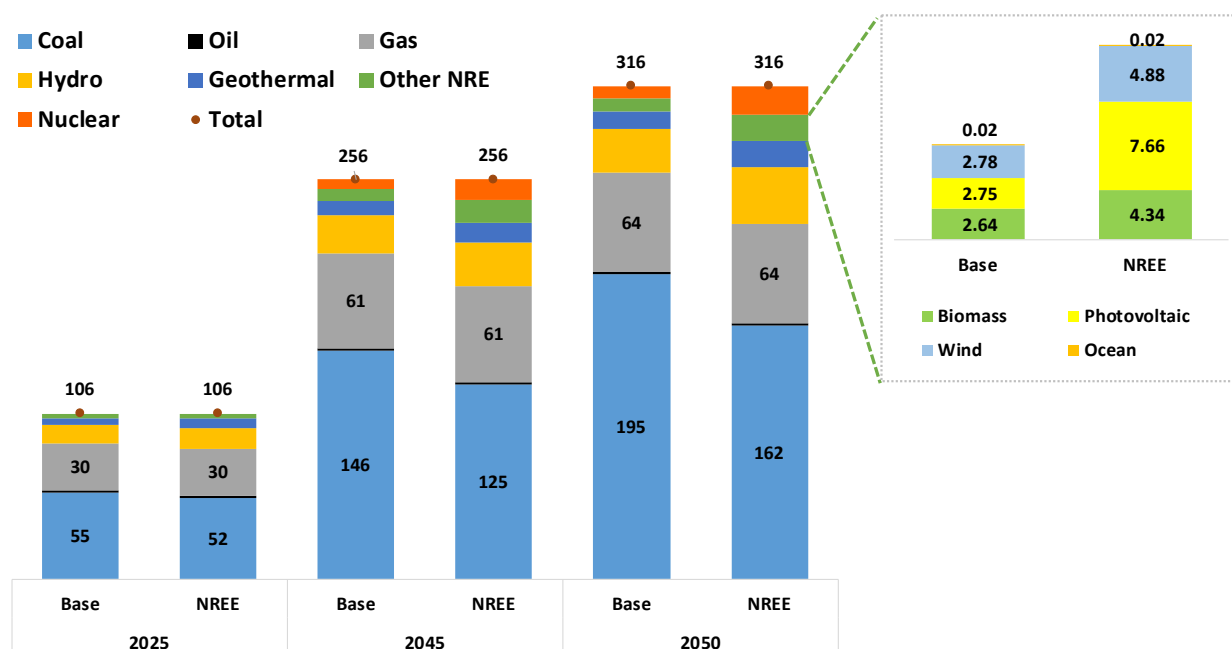
Pengembangan EBT juga menghadapi beberapa tantangan diantaranya adalah kebijakan biaya pokok penyediaan (BPP) tenaga listrik. BPP tenaga listrik di beberapa wilayah Indonesia yang sudah relatif rendah, sedangkan harga keekonomian pembangkit EBT umumnya di atas BPP. Selain itu, walaupun biaya teknologi EBT di dunia turun drastis dalam sepuluh tahun terakhir, biaya investasi energi terbarukan di Indonesia masih relatif tinggi. Hal ini disebabkan faktor risiko yang masih dinilai tinggi dan mempengaruhi *bankability project*, tingginya biaya pengadaan lahan, dan suku bunga domestik.

5.3.2 Increased New and Renewable Energy Based Power Plant

Increasing the share of NRE in developing electricity generation infrastructure needs to be encouraged. This is done in order to form an energy mix based on renewable energy while reducing the oil and gas deficit. In 2025 for the base scenario, the share of electricity generated by NRE power plants is 17% or equals to power capacity of 18.7 GW. To encourage the development of NRE, installed NRE power capacity in the case of increased NRE electricity (NREE case), must be at least 22 GW, in order to achieve the 23% NRE mix target by 2025. While in 2050, the total NRE capacity must reach 88.4 GW for the 31% NRE mix target, compared to 55.6 GW (17%) in the base scenario.

The development of NRE also faces several challenges including the policy on basic cost of generating electricity (BPP). BPP in some regions of Indonesia are relatively low, while the economic prices of generating NRE electricity are generally above the BPP. In addition to that, although the investment cost of NRE technology in the world has been going down dramatically in the last ten years, the investment costs of renewable energy in Indonesia are still relatively high. This is due to risk factors that are still considered high and affect the bankability of the project, the high cost of land acquisition, and domestic interest rates.

Gambar 5.4 Kasus peningkatan EBT kelistrikan
Figure 5.4 Case of increased NRE electricity (NREE case)



5.3.3 Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Skenario peningkatan EBT (skenario INRE) merupakan upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan bahan bakar dan pembangkit listrik berbasis EBT supaya peranan EBT dalam bauran energi primer akan semakin tinggi jika dibandingkan dengan skenario dasar. Pada tahun 2025 pangsa EBT diperkirakan sebesar 18% dan terus meningkat mencapai 23% pada tahun 2050. Namun demikian, porsi EBT tersebut belum mencapai target yang ditetapkan pemerintah dalam RUEN yaitu sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050.

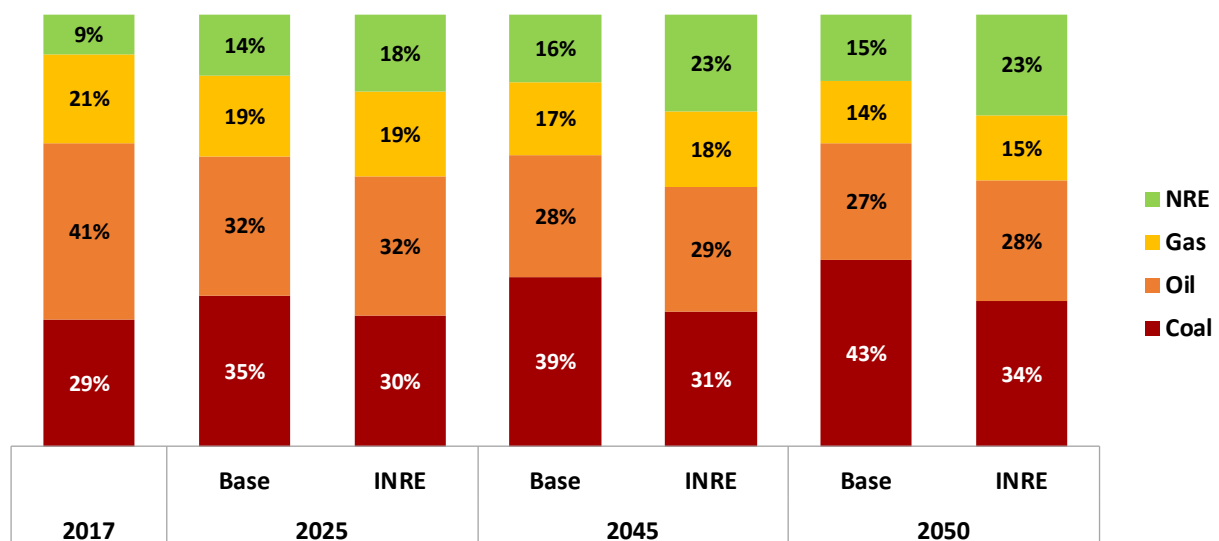
Pada skenario INRE ini, peningkatan pangsa EBT akan mensubstitusi penurunan pangsa batubara, yaitu pada sektor pembangkit listrik. Peningkatan pasokan EBT juga mensubstitusi sedikit pasokan minyak, namun secara pangsa pasokan minyak mengalami sedikit kenaikan. Karena sebagian besar energi yang disubstitusi merupakan batubara yang diperoleh dari domestik (bukan impor), maka peningkatan pemanfaatan EBT ini diperkirakan hanya sedikit mengurangi impor energi, yaitu impor minyak mentah dan produk BBM sekitar 75 juta SBM pada tahun 2050.

5.3.3 Optimizing the Utilization of New and Renewable Energy

Increased NRE scenario (INRE scenario) is an effort to optimize the use of NRE and NRE-based power generation so that the role of EBT in the primary energy mix will be higher when compared to the base scenario. In 2025 the share of NRE is estimated to be 18% and continues to increase reaching 23% in 2050. However, the NRE portion has not yet reached the target set by the government in the RUEN which are 23% in 2025 and 31% in 2050.

In the INRE scenario, an increasing share of NRE causes a decreasing share of coal in the power generation sector. An increase in NRE supply also substitutes a small amount of oil supply, but the share of oil supply still increases slightly. Because most of the energy substitution comes from domestic coal (not imported coal), the increase in the use of NRE is estimated to give a slightly impact on energy import reduction, particularly imports of crude oil and fuel products which have amount around 75 million BOE in 2050.

Gambar 5.5 Perbandingan bauran energi primer skenario dasar dan skenario peningkatan EBT
Figure 5.5 Comparison of primary energy mix between base scenario and increased NRE scenario



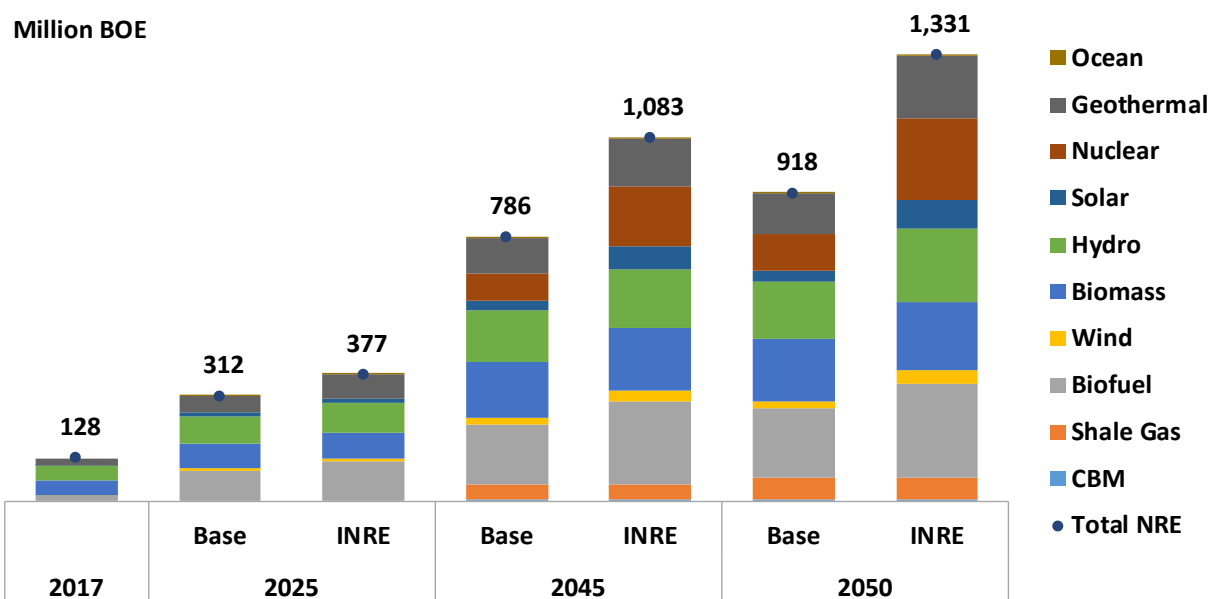
EBT mengalami pertumbuhan pasokan yang sangat pesat, rata-rata 7,4% per tahun pada skenario INRE, lebih tinggi daripada skenario dasar (6,2% per tahun). Pasokan EBT pada skenario INRE mencapai 1.331 juta SBM pada tahun 2050 atau sekitar 45% lebih tinggi dari skenario dasar. Pasokan EBT untuk sektor pembangkit pada skenario INRE lebih tinggi 34,6 juta SBM daripada skenario dasar pada tahun 2025. Kemudian pada tahun 2050 peningkatannya sebesar 338,2 juta SBM atau sekitar 41% lebih tinggi daripada skenario dasar. Jenis EBT di sektor pembangkit yang dapat ditingkatkan pemanfaatannya, paling besar adalah nuklir, kemudian diikuti oleh panas bumi, surya, hidro, angin, dan biomasa.

Sementara itu, peningkatan pemanfaatan bahan bakar berbasis EBT melalui pengembangan *green fuel* menyumbang porsi yang lebih kecil jika dibandingkan peningkatan pembangkit berbasis EBT. Diperkirakan pada tahun 2025 terjadi peningkatan pasokan bahan bakar nabati sebesar 30,5 juta SBM dan pada tahun 2050 terjadi peningkatan 75,5 juta SBM jika dibandingkan skenario dasar.

NRE supply experiences a very rapid growth, at average 7.4% per year in the INRE scenario, higher than the base scenario (6.2% per year). NRE supply in the INRE scenario reaches 1,331 million BOE in 2050 or about 45% higher than the base scenario. The NRE supply for power plant in the INRE scenario is 34.6 million BOE higher than the base scenario in 2025. In 2050 the increase is 338.2 million BOE or about 41% higher than the base scenario. The most potential NRE used as primary energy of power plants are nuclear, followed by geothermal, solar, hydro, wind, and biomass.

Meanwhile, an increase in the NRE-based fuel use in the development of green fuel contributes a smaller portion compared to an increase in NRE-based fuel use in the power sector. It is estimated that there will be an increase in the supply of biofuel by 30.5 million BOE in 2025 and an increase of 75.5 million BOE in 2050 if compared to the base scenario.

Gambar 5.6 Perbandingan penyediaan EBT skenario dasar dan skenario peningkatan EBT
Figure 5.6 Comparison of NRE supply between base scenario and increased NRE scenario



5.4 Dampak Ekonomi Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Economic Impact of New and Renewable Energy Utilization

Perhitungan dampak ekonomi saat ini masih dilakukan secara parsial untuk melihat dampak pemanfaatan BBN terhadap pengurangan defisit neraca perdagangan dan dampak pemanfaatan EBT untuk kelistrikan terhadap penciptaan tenaga kerja. Analisis dampak belum mempertimbangkan keterkaitan antar sektor secara keseluruhan karena keterbatasan data. Untuk penelitian selanjutnya perlu dipertimbangan penggunaan model *computable general equilibrium* (CGE) untuk menganalisis dampak ekonomi secara lebih komprehensif. Salah satu model CGE yang sudah digunakan untuk tujuan tersebut adalah Model ThreeME (*Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy Policy*).

5.4.1 Pengurangan Defisit Neraca Perdagangan dengan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati

Defisit neraca perdagangan migas mengalami peningkatan sebagai akibat dari meningkatnya impor migas, seperti yang terjadi pada beberapa tahun terakhir (2016 – 2018). Diperkirakan impor minyak bumi dan BBM akan terus meningkat hingga lebih dari empat kali lipat kondisi saat ini pada tahun 2050 (skenario dasar). Sementara itu, ekspor migas sulit untuk ditingkatkan karena produksi (dan cadangan) minyak dan gas bumi yang terus menurun sementara kebutuhan dalam negeri terus meningkat.

Di sisi lain, surplus perdagangan nonmigas mengalami penurunan. Salah satu penyebabnya adalah penurunan harga minyak sawit sebagai salah satu komoditi ekspor utama nonmigas. Penurunan harga tersebut disebabkan peningkatan suplai (produksi) yang tidak bisa diimbangi oleh peningkatan permintaan dari dalam negeri maupun ekspor karena adanya hambatan perdagangan. Diperkirakan kelebihan suplai minyak sawit akan semakin besar sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut, minyak sawit perlu ditingkatkan pemanfaatannya sebagai bahan bakar nabati. Selain kebijakan pencampuran biodiesel (B30), peningkatan pemanfaatan minyak sawit untuk bahan bakar dilakukan dengan pengembangan *green fuel*.

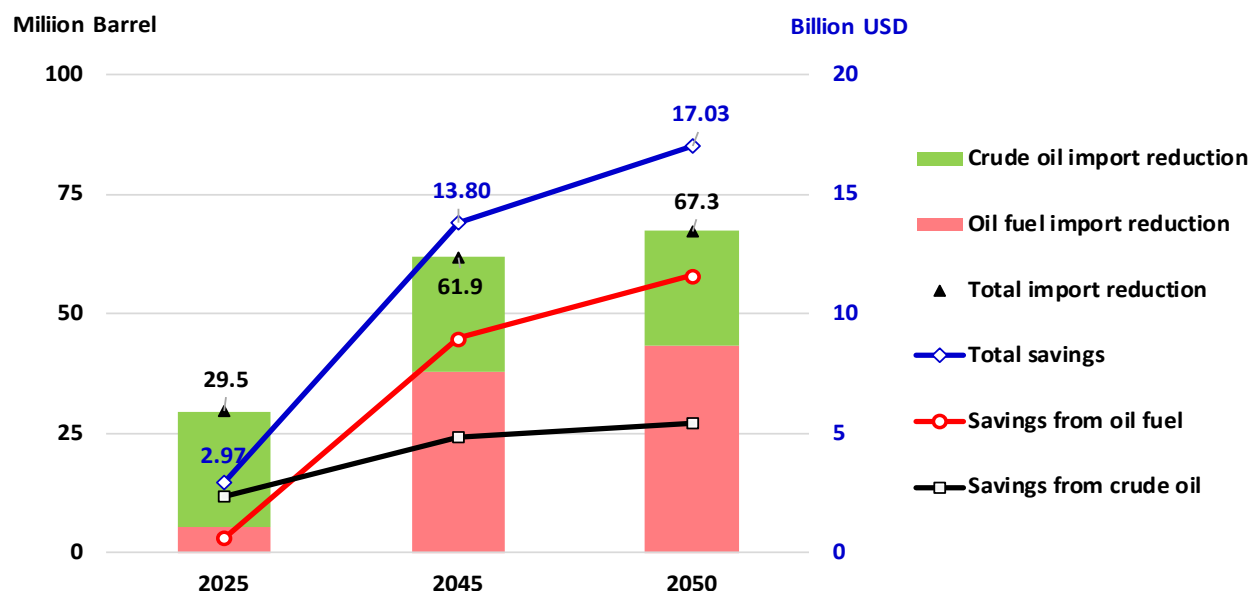
The calculation of the economic impact is still being done partially to see the impact of biofuel use on reducing the trade balance deficit and the impact of utilizing NRE for electricity on the creation of labor. Impact analysis has not considered fully inter-sectoral linkages due to data limitations. For further research, it is necessary to consider the use of a computable general equilibrium (CGE) model to analyze economic impacts more comprehensively. One of the CGE model that has been used for this purpose is the ThreeME Model (Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy Policy).

5.4.1 Reducing Trade Balance Deficits by Using Biofuels

The oil and gas trade balance deficit has increased as a result of increased oil and gas imports, as it has occurred in recent years (2016 - 2018). It is estimated that imports of crude oil and petroleum products will continue to increase to more than four times to the current condition in 2050 (base scenario). Meanwhile, oil and gas exports are difficult to increase because oil and gas production (and reserves) continue to decline while domestic demand continues to increase.

On the other hand, the non-oil and gas trade surplus experienced a decline. The reasons are the decline in the palm oil price and the palm oil is the main non-oil export commodities. The price decline was due to the oversupply (production) of palm oil which could not be offset by an increase in domestic demand and export due to trade barriers. It is predicted that the oversupply of palm oil will be even greater, so that to overcome these problems, palm oil needs to be processed into biofuel. In addition to the policy of biodiesel mixture (B30), developing green fuel is another way to increase the domestic use palm oil in order to avoid oversupply.

Gambar 5.7 Potensi penurunan impor minyak bumi dan BBM dan defisit neraca perdagangan migas
Figure 5.7 Potential reduction in crude oil and fuel imports and oil and gas trade balance deficits



Green fuel dapat mensubstitusi penggunaan minyak bumi dan BBM sehingga dapat menurunkan kebutuhan impor komoditi tersebut. Pemanfaatan minyak sawit melalui teknologi *co-processing* dapat mengurangi konsumsi (impor) minyak bumi untuk kilang, sedangkan melalui teknologi *stand-alone* dapat mengurangi kebutuhan (impor) BBM. Impor minyak bumi yang dapat dihemat diperkirakan mencapai 24,1 juta barel pada tahun 2050. Sementara itu penghematan impor BBM pada tahun 2025 sebesar 5,4 juta barel dan akan terus meningkat hingga 43,2 juta barel pada tahun 2050.

Dengan asumsi harga minyak dan nilai tukar yang digunakan pada OEI 2019 ini, maka potensi penghematan devisa yang diperoleh dari pengurangan impor minyak bumi sebesar 2,34 miliar USD (sekitar 34,32 triliun rupiah) pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 5,44 miliar USD (sekitar 115,74 triliun rupiah) pada tahun 2050. Selanjutnya pengurangan impor BBM akan berpotensi menghemat devisa sebesar 0,62 miliar USD (sekitar 9,15 triliun rupiah) pada tahun 2025 dan 11,6 miliar USD (sekitar 246,82 triliun rupiah) pada tahun 2050. Secara total, defisit neraca perdagangan migas berpotensi dapat dikurangi hingga 17,03 miliar USD (sekitar 362,56 triliun rupiah) pada tahun 2050 melalui pengembangan *green fuel* ini.

Green fuel can substitute the demand of crude oil and petroleum products so the need for imports of these commodities can be reduced. The use of palm oil through *co-processing* technology can reduce the demand (import) of crude oil for refineries, while through stand-alone technology can reduce the demand (import) of petroleum products. Saving on crude oil imports are estimated to be 24.1 million barrels in 2050. Meanwhile, saving on petroleum products imports in 2025 amounted to 5.4 million barrels and will continue to increase to 43.2 million barrels in 2050.

Assuming the price of oil and the exchange rate used in OEI 2019, the potential foreign exchange saving obtained from the reduction of crude oil imports by 2.34 billion USD (around 34.32 trillion rupiah) in 2025 and increased to 5.44 billion USD (around 115.74 trillion rupiah) in 2050. Furthermore, the reduction in fuel imports will potentially save foreign exchange by 0.62 billion USD (around 9.15 trillion rupiah) in 2025 and 11.6 billion USD (around 246.82 trillion rupiah) in 2050. In total, the oil and gas trade balance deficit has the potential to be reduced to 17.03 billion USD (around 362.56 trillion rupiah) in 2050 through the development of this *green fuel*.

Selain itu, dengan pengembangan *green fuel* diharapkan kelebihan suplai minyak sawit dapat terserap. Selanjutnya apabila pasokan minyak sawit tidak berlebihan maka harga minyak sawit tidak terus tertekan sehingga nilai ekspor sawit dapat terjaga. Kondisi ini akan memperbaiki neraca perdagangan nonmigas yang pada akhirnya dapat memperbaiki kondisi neraca perdagangan (total) Indonesia.

5.4.2 Penciptaan Lapangan Kerja dari Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan untuk Pembangkit Listrik

Data mengenai lapangan kerja per teknologi pembangkit listrik di Indonesia masih sangat kurang. Oleh karena itu untuk menghitung penciptaan lapangan kerja per jenis teknologi pembangkit listrik digunakan metodologi dari *Institute of Sustainable Future* dalam laporannya berjudul *Calculating Global Energy Sector Jobs: 2015 Methodology Update*. Metodologi ini terdiri atas serangkaian indikator yang dikembangkan oleh *Greenpeace International* dan *Institute of Sustainable Future, University of Technology Sydney* dengan mempertimbangkan karakteristik khusus dari berbagai negara, termasuk analisis penciptaan pekerjaan tetap (*fixed jobs*) dan pekerjaan variabel (*variable jobs*) per kapasitas pembangkit listrik untuk berbagai teknologi. Karena dalam studi tersebut Indonesia tidak disebut secara khusus, maka diterapkan nilai penyesuaian regional pada faktor pekerjaan untuk kategori non-OECD Asia.

Selama periode 2017 - 2050, pada skenario dasar diproyeksikan ada tambahan pembangkit listrik berbasis EBT dan berbasis fosil berturut-turut sebesar 48,2 GW dan 214,5 GW. Aktivitas pembangunan pembangkit listrik tersebut akan menciptakan lapangan kerja sebesar 650 ribu lapangan pekerjaan untuk pembangkit listrik EBT, sedangkan untuk pembangkit listrik fosil akan menciptakan sekitar 2 juta lapangan pekerjaan. Pada skenario peningkatan EBT, pengembangan EBT menjadi prioritas sehingga ada peningkatan kapasitas pembangkit listrik EBT menjadi 81 GW dan dapat menghasilkan 1,04 juta lapangan kerja, sedangkan tambahan pembangkit fosil berkurang menjadi 181,7 GW serta hanya menyerap 1,5 juta lapangan kerja.

With the development of green fuel, it is expected that the excess supply of palm oil can be utilized. Furthermore, if the supply of palm oil is moderate, the price of palm oil is not continuously under pressure so that the value of palm oil exports can be maintained. This condition will improve the non oil and gas trade balance, which in turn can improve the condition of Indonesia's (total) trade balance.

5.4.2 Job Creation from the Utilization of New and Renewable Energy for Power Plants

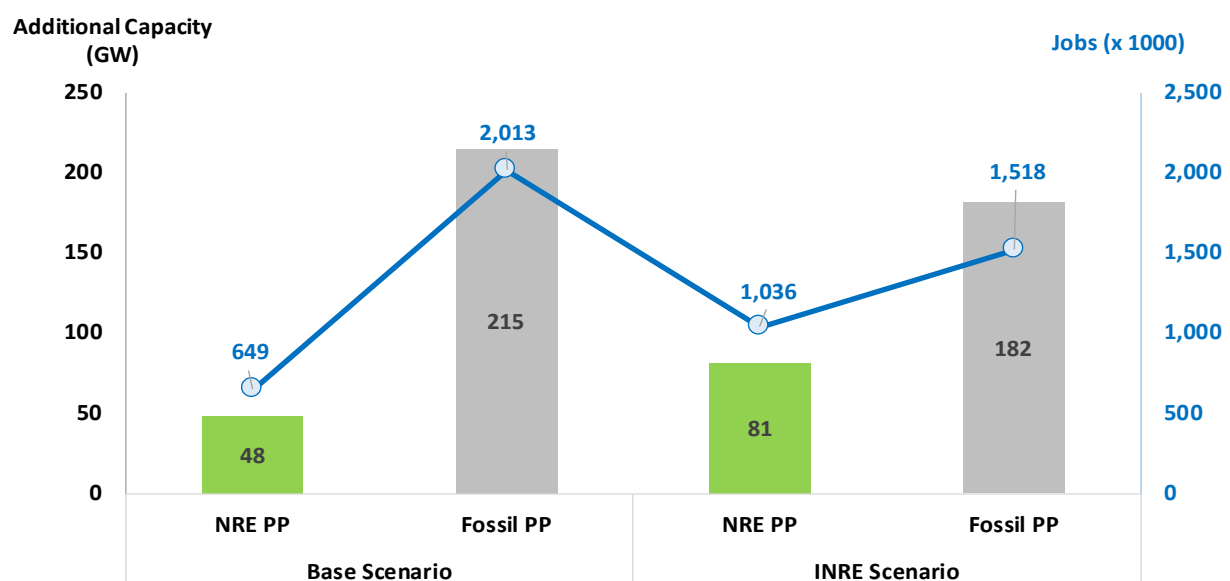
Data on employment by power plant technology in Indonesia is still not available. Therefore, to calculate the number of employment per type of power plant technology, we adopted the methodology used in a report titled Calculating Global Energy Sector Jobs: 2015 Methodology Update, published by the Institute of Sustainable Future. This methodology consists of a series of indicators developed by Greenpeace International and the Institute of Sustainable Future, University of Technology Sydney taking into account the special characteristics of various countries, including analysis of the creation of fixed jobs and variable jobs per power plant capacity for various technologies. Since Indonesia was not specifically mentioned in the study, a regional adjustment value was applied to the employment factor for the non-OECD Asia category.

During the period of 2017 - 2050, in the base scenario it is projected that there will be an additional 48.2 GW and 214.5 GW of NRE-based and fossil-based power plants respectively. The power plant construction activities will create 650 thousand jobs for the NRE power plant, while for fossil power plants will create around 2 million jobs. In the scenario of increasing NRE, NRE development becomes a priority so that there is an increase in NRE power plants capacity to 81 GW and can generate 1.04 million jobs, while additional fossil plants are reduced to 181.7 GW and only provide 1.5 million jobs.

Dari sisi penciptaan lapangan kerja, dengan adanya peningkatan pembangunan pembangkit listrik EBT, diprediksi akan ada tambahan hampir 400 ribu lapangan kerja. Namun disisi lain, karena pembangunan pembangkit listrik fosil berkurang, maka akan ada kontraksi mendekati 500 ribu lapangan kerja. Sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat penciptaan sebesar 12 lapangan kerja setiap tambahan 1 MW pembangkit listrik EBT. Sebaliknya akan ada kontraksi sebesar 15 lapangan kerja setiap penurunan 1 MW pembangkit listrik fosil.

With an increase in the construction of NRE power plants, it is predicted that there will be an additional 400 thousand job creation. On the other hand, because the construction of fossil power plants gets lower, there will be a close to 500 thousand job contraction. So it can be said that there is a creation of 12 jobs per additional 1 MW of NRE power plant. Conversely there will be a contraction of 15 jobs per 1 MW reduction in fossil fuel power plants.

Gambar 5.8 Tambahan kapasitas pembangkit listrik dan penciptaan lapangan kerja
Figure 5.8 Additional power generation capacity and job creation



5.5 Emisi Gas Rumah Kaca

Greenhouse Gas Emission

Gas rumah kaca (GRK) adalah gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Emisi GRK adalah lepasnya GRK ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Emisi GRK akibat aktivitas manusia dapat dikelompokkan ke dalam 4 sektor penghasil, yaitu energi, produk industri dan penggunaan produk (IPPU), pertanian kehutanan dan perubahan lahan (AFOLU), serta limbah. Semakin banyak emisi GRK yang terjadi akan semakin tebal lapisan emisi GRK di atmosfer yang berdampak terhadap semakin tingginya intensitas perubahan iklim.

Emisi GRK dari sektor energi adalah emisi GRK yang timbul akibat pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa, serta emisi fugitif akibat penambangan, pengolahan, dan pengangkutan bahan bakar fosil. Jenis emisi GRK yang ditimbulkan dari pembakaran bahan bakar adalah CO₂, CH₄, dan N₂O, sedangkan emisi fugitif berupa CH₄ dan CO₂.

Seperti diketahui bahwa energi fosil dan biomassa mengandung karbon, yang kalau dibakar akan mengikat oksigen membentuk CO₂. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa banyaknya emisi CO₂ terkait dengan seberapa besar kandungan karbon dari setiap bahan bakar. Namun, khusus untuk pembakaran biomassa, emisi CO₂ dianggap nol karena diasumsi akan diserap kembali oleh tanaman, atau disebut dengan *carbon neutral*. Adapun emisi CH₄ dan N₂O sangat erat kaitannya dengan sempurna tidaknya pembakaran bahan bakar. Semakin sempurna pembakaran akan semakin kecil emisi CH₄ dan N₂O yang dihasilkan, demikian pula sebaliknya.

Emisi CO₂ dihitung dengan menggunakan data spesifik Indonesia (Tier-2), sedangkan emisi CH₄ dan N₂O menggunakan default IPPC-2006 (Tier-1). Dengan pendekatan ini, maka dapat diketahui seberapa besar emisi GRK yang ditimbulkan oleh sektor energi sesuai dengan skenario dalam penyediaan energi nasional, yaitu skenario dasar dan skenario peningkatan EBT (skenario INRE).

Seperti diketahui bahwa Indonesia sudah berkomitmen dalam Pertemuan COP-21 di Paris pada tahun 2015 untuk menurunkan emisi GRK sebanyak 29% terhadap *business as*

Greenhouse gases (GHGs) are gases contained in the atmosphere, both natural and anthropogenic, which absorb and re-emit infrared radiation. GHG emissions are the release of GHGs into the atmosphere in a certain area within a certain period of time. GHG emissions due to human activities can be grouped into 4 producing sectors, namely energy, industrial products and product uses (IPPU), forestry agriculture and land change (AFOLU), and waste. The more GHG emissions that occur the thicker the layer of GHG emissions in the atmosphere which impacts on the higher intensity of climate change.

GHG emissions from energy sector are GHG emissions arising from the burning of fossil fuels and biomass, as well as fugitive emissions due to mining, processing and transporting fossil fuels. The types of GHG emissions arising from fuel combustion are CO₂, CH₄, and N₂O, while the fugitive emissions are CH₄ and CO₂.

As it is known that fossil energy and biomass contain carbon, which if burned will bind oxygen to form CO₂. Thus, it can be said that the amount of CO₂ emissions is related to how much carbon content of each fuel. However, specifically for biomass burning, CO₂ emissions are considered "nul" because it is assumed to be reabsorbed by plants, or called carbon neutral. The CH₄ and N₂O emissions are closely related to whether or not the fuel combustion is perfect. The more perfect combustion, the smaller the GHG emissions produced, and vice versa.

CO₂ emissions are calculated using Indonesia specific data (Tier-2), while CH₄ and N₂O emissions use default IPPC-2006 (Tier-1). With this approach, it can be seen how much GHG emissions caused by the energy sector in accordance with the scenario in the supply of national energy, namely the base scenario and the scenario of increased NRE (INRE scenario).

As it is known that Indonesia has committed in the COP-21 Meeting in Paris in 2015 to reduce GHG emissions by 29% against business as usual (BaU) in 2030, namely for the

usual (BaU) tahun 2030, yaitu untuk sektor energi mencapai sebesar 314 juta ton CO₂e dengan usaha sendiri atau mencapai 398 juta ton CO₂e dengan bantuan internasional. Potensi mitigasi emisi GRK yang disajikan dalam buku ini sedikit berbeda dengan target NDC karena *baseline* dalam buku ini disusun dengan tahun dasar 2017, sedangkan target NDC disusun dengan tahun dasar 2010.

Selain analisis tentang besaran emisi GRK masing-masing penghasil emisi GRK di sektor energi, juga akan dianalisis potensi pembangunan rendah karbon untuk kedua skenario tersebut (dasar dan INRE). Dengan demikian akan diperoleh gambaran menyeluruh potensi pembangunan rendah karbon yang dapat terjadi atas skenario dasar dan INRE. Evaluasi terhadap seberapa besar potensi penurunan emisi GRK terhadap peningkatan ekonomi nasional menjadi suatu analisis yang penting untuk disajikan.

5.5.1 Baseline Emisi GRK di Sektor Energi

Dengan pola kebutuhan dan penyediaan energi untuk skenario dasar akan menghasilkan emisi GRK sebanyak 2.490 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Emisi GRK yang terjadi pada tahun 2050 tersebut tidak termasuk emisi CO₂ dari pemanfaatan biodiesel dan biomassa di industri, tetapi termasuk emisi GRK akibat penggunaan gas bumi sebagai bahan baku industri pupuk (IPPU).

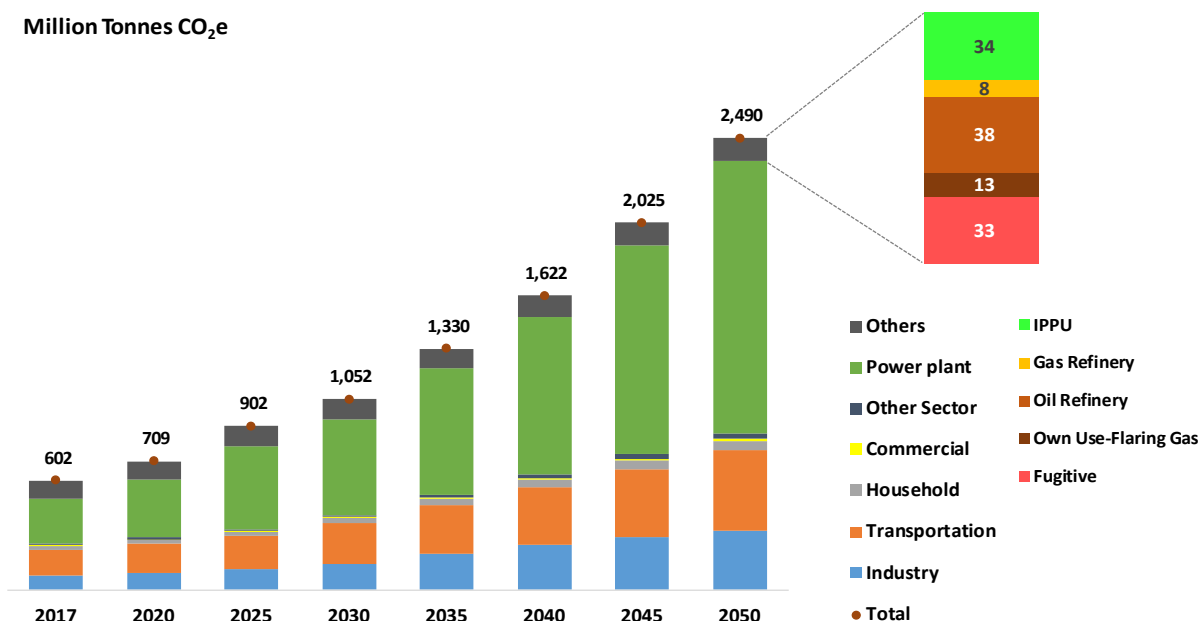
energy sector to reach 314 million tonnes CO₂e on its own efforts or reach 398 million tonnes CO₂e with international assistance. The potential for GHG emissions mitigation presented in this book is slightly different from the NDC target because the baseline in these book is compiled in 2017, while the NDC target is compiled in 2010.

In addition to an analysis of the amount of GHG emissions for each GHG emitter in energy sector, a low carbon development potential will also be analyzed for both scenarios (base and INRE). Thus a comprehensive picture of the low carbon development potential that can occur in the base and INRE scenarios will be obtained. Evaluation of how big the potential for reducing GHG emissions to increase the national economy becomes an important analysis to be presented.

5.5.1 Baseline of GHG Emission in Energy Sector

With the pattern of demand and supply of energy for the base scenario will produce GHG emissions of 2,490 million tonnes CO₂e in 2050. GHG emissions that occur in 2050 are not included CO₂ emissions from the use of biodiesel and biomass in the industry, but include GHG emissions due to the use of natural gas as feed stock for fertilizer industry (IPPU).

Gambar 5.9 Proyeksi emisi GRK per sektor
Figure 5.9 GHG emission projection by sector



Bila yang diperhitungkan hanya sektor energi berdasarkan 4 aktivitas penghasil emisi GRK, maka emisi dari penggunaan gas bumi sebagai bahan baku industri pupuk harus dikeluarkan dari sektor energi. Emisi GRK dari sektor IPPU jumlahnya meningkat bertahap dari 8 juta ton CO₂e pada tahun 2017 dan meningkat menjadi 34 juta ton CO₂e pada tahun 2050.

Sektor pembangkit listrik merupakan penyumbang emisi GRK terbesar karena kebutuhan listrik yang meningkat lebih pesat dari pada jenis energi final lainnya dan penggunaan bahan bakar batubara masih dominan dibanding dengan penggunaan energi fosil lainnya. Hal ini disebabkan karena batubara masih menjadi bahan bakar utama untuk memenuhi kebutuhan beban dasar dan batubara juga digunakan sebagai bahan bakar utama pada industri semen, industri tekstil, dan beberapa jenis industri lainnya.

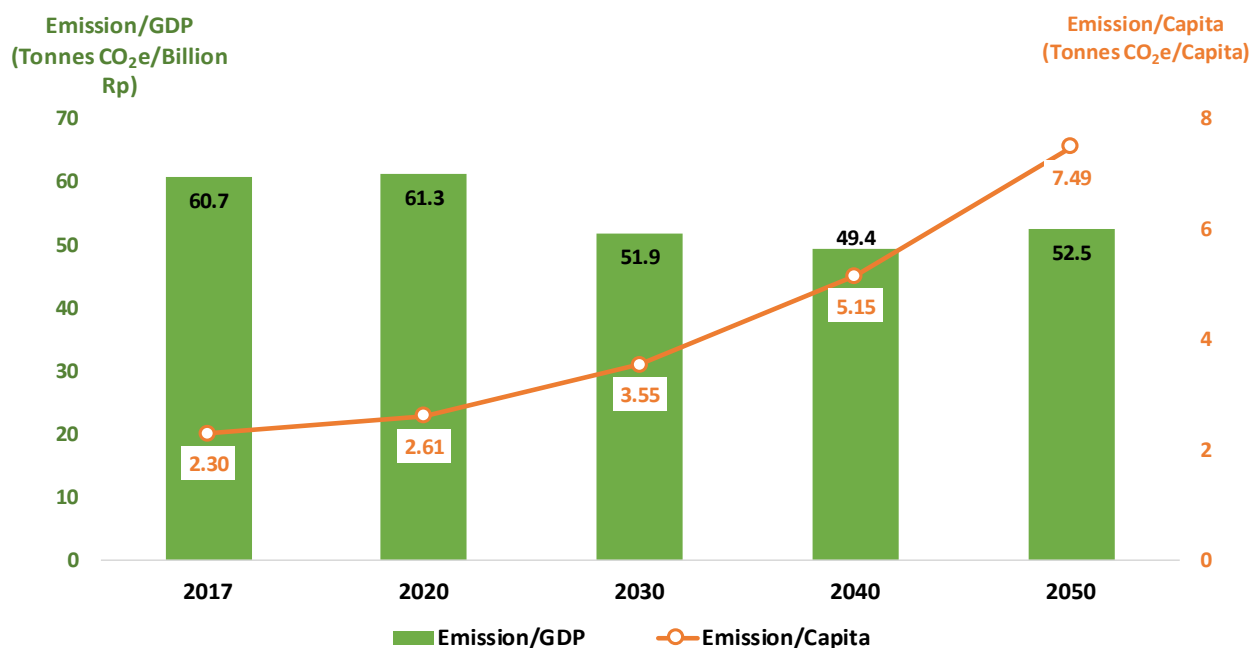
Peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan pada skenario dasar belum mampu menurunkan emisi GRK per kapita nasional, bahkan cenderung meningkat dari 2,30 ton CO₂e/kapita pada tahun 2017 menjadi 7,49 ton CO₂e/kapita pada tahun 2050. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi energi nasional masih rendah karena meskipun bauran energi baru terbarukan pada tahun 2050 sudah mencapai 15,9% terhadap total bauran energi nasional, namun belum mampu mendorong penurunan emisi GRK per kapita.

If only the energy sector is calculated based on 4 activities producing GHG emission, then emissions from the use of natural gas as feed stock for the fertilizer industry must be removed from the energy sector. GHG emissions from IPPU sector increased gradually from 8 million tonnes CO₂e in 2017 and increased to 34 million tonnes CO₂e in 2050.

The power generation sector is the largest contributor to GHG emissions because electricity demand is increasing more rapidly than other types of final energy and coal usage are still dominant compared to the use of other types of fossil fuels. This is because coal is still the main fuel for meeting base load demand and coal is also used as the main fuel in the cement industry, the textile industry, and several other types of industries.

The increase in new and renewable energy utilization in the base scenario has not been able to reduce national GHG emissions per capita, it even tends to increase from 2.30 tonnes CO₂e/capita in 2017 to 7.49 tonnes CO₂e/capita in 2050. This shows that national energy consumption is still low because even though the new and renewable energy mix in 2050 has reached 15.9% of the total national energy mix, it has not been able to drive a reduction in GHG emissions per capita.

Gambar 5.10 Emisi GRK per GDP dan per kapita
Figure 5.10 GHG Emission per GDP and per Capita



Di sisi lain, peningkatan bauran energi terbarukan mampu memenuhi kriteria pembangunan nasional yang rendah karbon, yaitu suatu rencana pembangunan (dalam hal ini pembangunan sektor energi) yang berkontribusi terhadap penurunan emisi CO₂e terhadap total GDP nasional. Intensitas emisi CO₂e per GDP mengalami tren penurunan dari 60,7 ton CO₂e/miliar Rupiah menjadi 52,5 ton CO₂e/miliar Rupiah pada tahun 2050. Sebagaimana diamanatkan dalam Rancangan RPJMN tahun 2020-2024, setiap sektor pembangunan harus menunjukkan pembangunan rendah karbon. Jadi kriteria yang digunakan bukan lagi mitigasi emisi GRK tetapi sudah beralih menjadi pembangunan nasional rendah karbon.

5.5.2 Potensi Mitigasi Emisi GRK dengan Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

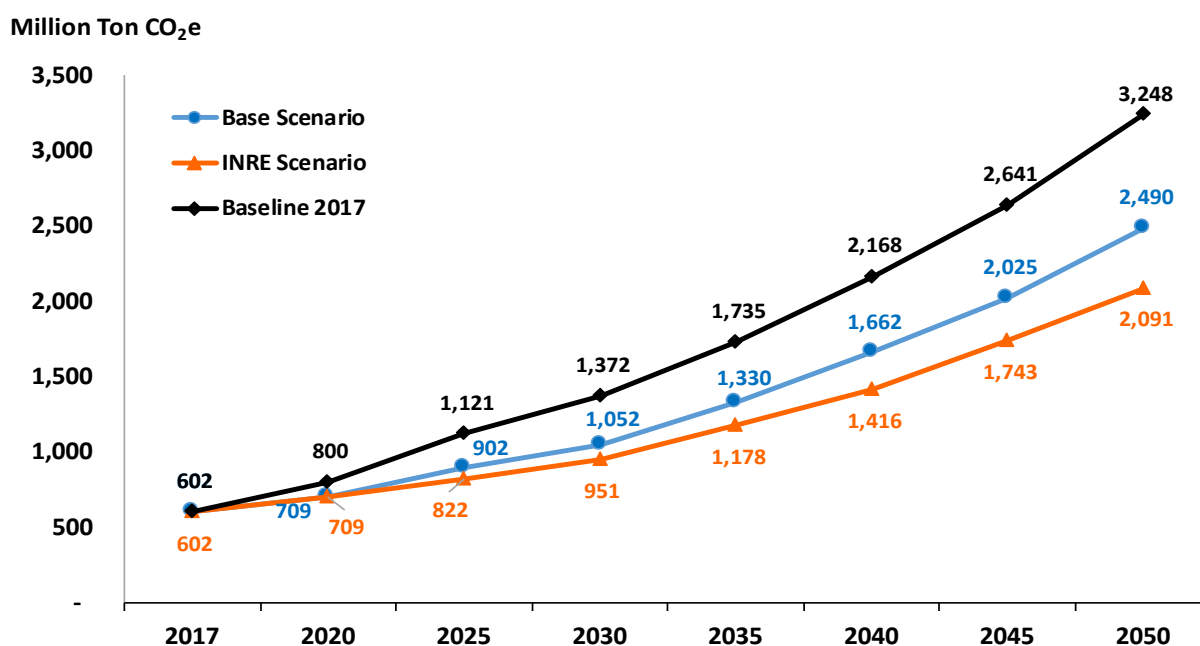
Peningkatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan tentu akan mendorong potensi mitigasi emisi GRK. Emisi GRK untuk skenario peningkatan EBT pada tahun 2050 mencapai 2.091 juta ton CO₂e, sedangkan untuk *baseline* tahun 2017 mencapai 3.248 juta ton CO₂e. Potensi mitigasi untuk skenario peningkatan EBT terhadap skenario dasar mencapai 399 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Jika dibandingkan dengan *baseline* tahun 2017 maka potensi mitigasi untuk skenario peningkatan EBT mencapai 1.157 juta ton CO₂e pada tahun 2050.

On the other hand, an increase in the renewable energy mix is able to meet the national low carbon development criteria, namely a development plan (in this case the energy sector development) which contributes to the reduction of CO₂e emissions to total national GDP. The intensity of CO₂e emissions per GDP has decreased from 60.7 tonnes CO₂e/billion Rupiah to 52.5 tonnes CO₂e/billion Rupiah in 2050. As mandated in the Draft of National Medium Term Development Plan (RPJMN) 2020-2024, each development sector must demonstrate a low carbon development. So, the criteria used are no longer GHG emission mitigation but have turned into low carbon national development.

5.5.2 Potential of GHG Emission Mitigation from Optimizing New and Renewable Energy Utilization

Increasing the use of new and renewable energy will certainly encourage the potential for mitigating GHG emissions. GHG emissions for the increased NRE scenario in 2050 reached 2,091 million tonnes CO₂e, while for the 2017 baseline it reached 3,248 million tonnes CO₂e. The mitigation potential for the increased NRE scenario against the base scenario reaches 399 million tonnes CO₂e in 2050. When compared to the 2017 baseline, the mitigation potential for the increased NRE scenario reaches 1,157 million tonnes CO₂e in 2050.

Gambar 5.11 Potensi mitigasi GRK terhadap baseline 2017
Figure 5.11 GHG mitigation potential against the 2017 baseline



6 Penutup *Closing*



Pemerintah berkomitmen dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% dari kondisi *business as usual* pada tahun 2030. Pengembangan energi baru terbarukan (EBT) dan penggunaan energi yang efisien merupakan opsi yang potensial untuk mengurangi emisi GRK. Sejalan dengan kebijakan tersebut, pemerintah sudah sejak tahun 2017 mengawali program ke arah transisi energi menuju ke pembangunan rendah karbon. Transformasi digital dalam kegiatan masyarakat sehari-hari dapat membantu pelaksanaan program tersebut. Dengan mempertimbangkan berbagai kebijakan tersebut, BPPT menerbitkan Buku Outlook Energi Indonesia 2019 dengan topik bahasan "Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional".

Kebutuhan dan penyediaan energi untuk jangka panjang diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan dinamika perekonomian dan penduduk. Dalam kurun waktu 2017-2050 pertumbuhan PDB diasumsikan tumbuh rata-rata sebesar 4,86% per tahun, sedangkan penduduk tumbuh rata-rata sebesar 0.73% per tahun. Kebutuhan energi final diperkirakan meningkat dari 843 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 3.438 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 4,4% per tahun. Kebutuhan energi di sektor industri diperkirakan terus mendominasi kebutuhan energi final dalam kurun waktu 2017-2050. Pada tahun 2050, kebutuhan energi final per jenis masih didominasi oleh BBM dengan pangsa yang mencapai 36,3%.

Berbagai jenis energi primer diproduksi untuk memenuhi kebutuhan energi. Penyediaan energi primer diperkirakan tumbuh rata-rata sebesar 4,5% per tahun atau meningkat dari 1.387 juta SBM pada tahun 2017 menjadi 5.974 juta SBM pada tahun 2050. Ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) terutama di sektor transportasi masih tinggi, karena teknologi transportasi berbasis listrik dan gas masih belum mampu menggeser dominasi teknologi transportasi berbasis BBM. Kondisi ini semakin menambah ketergantungan impor energi karena pemenuhan kebutuhan BBM sebagian besar diperoleh dari impor, baik dalam bentuk impor minyak mentah maupun impor BBM.

The government has committed in the Nationally Determined Contribution (NDC) to cut greenhouse gas (GHG) emissions by 29% under business as usual scenario in 2030. The development of new and renewable energy (NRE) and energy efficiency measures are potential options for reducing GHG emissions. In accordance to this policy, the government has started a program towards the energy transition to low carbon development since 2017. Digital transformation in daily community activities can help the implementation of the program. Taking into account these policies, BPPT launched the Indonesia Energy Outlook Book 2019 with the topic "The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy".

Long term energy demand and supply is expected to continue to rise in line with the dynamics of economy and population. In the period of 2017-2050 the GDP is assumed to grow at an average of 4.86% per year, while the population grows an average of 0.73% per year. Final energy demand is expected to increase from 843 million BOE in 2017 to 3,438 million BOE in 2050 or increase by an average of 4.4% per year. Energy demand in the industrial sector is expected to continue to dominate the final energy demand in the period of 2017-2050. In 2050, the final energy demand per type is still dominated by petroleum products with a share of 36.3%.

Various types of primary energy are produced to meet energy demand. Primary energy supply is estimated to grow at an average of 4.5% per year or increase from 1,387 million BOE in 2017 to 5,974 million BOE in 2050. Dependence on the use of oil especially in the transportation sector is still high, due to electricity and gas based transportation technology are still unable to shift the dominance of oil fuel-based transportation technology. This condition makes the dependence of energy imports higher because oil demand is fulfilled mostly from imports, both in the form of crude oil imports and petroleum product imports.

Pengembangan energi di masa depan masih menghadapi banyak kendala. Pembangunan dan perluasan 4 kilang minyak atau disebut *Refinery Development Master Plan* (RDMP) serta pembangunan 5 unit kilang minyak baru untuk jangka panjang masih belum dapat mencukupi kebutuhan BBM nasional. Selama kurun waktu 2017 - 2050 impor bensin masih paling dominan dibandingkan dengan BBM lain. Impor gas bumi tidak bisa dihindari dan diperkirakan mulai tahun 2020 sebesar 17,5 BSCF dan meningkat menjadi 3.327 BSCF pada tahun 2050. Impor gas dalam bentuk LNG memerlukan dukungan infrastruktur berupa *Floating Storage Regasification Unit* (FSRU). Indonesia akan menjadi net importir gas bumi pada tahun 2028, dan menjadi net importir energi pada tahun 2031. NRE mengalami pertumbuhan pasokan yang paling cepat, sebesar 6,2% per tahun. Namun demikian, peran EBT hingga tahun 2050 hanya berkisar 15,4% dari total pasokan energi primer.

Pemerintah terus berupaya untuk mengoptimalkan penggunaan EBT. Dalam mengoptimalkan penggunaan EBT, dianalisis melalui tiga kasus, yaitu: peningkatan mobil listrik, bahan bakar nabati (BBN) berbasis CPO, dan peningkatan EBT kelistrikan. Peningkatan penggunaan mobil listrik merupakan salah satu opsi untuk mengurangi penggunaan BBM untuk kendaraan bermotor. Mobil listrik diasumsikan mulai digunakan tahun 2025 dengan pangsa sebesar 1% dari total penjualan kendaraan baru dan meningkat menjadi 50% pada tahun 2050. Jumlah mobil listrik akan menjadi 20 ribu unit (2025) dan meningkat menjadi 36,5 juta unit (2050). Kendaraan listrik akan menurunkan penggunaan BBM untuk mobil penumpang dari 498 juta SBM menjadi 385 juta SBM atau menurun sebesar 22,7% pada tahun 2050.

Substitusi BBM dengan menggunakan BBN berbasis CPO dilakukan dalam rangka mengurangi defisit neraca perdagangan. BBN yang akan dikembangkan dapat berupa biodiesel B30 maupun *green fuel*. Pengembangan *green fuel* dapat dilakukan melalui teknologi *co-processing* dalam kilang minyak konvensional dan teknologi kilang *stand-alone*. Total pemanfaatan minyak sawit melalui *co-processing* diperkirakan akan mencapai 3,8 juta kl pada

Energy development in the future still faces many challenges. The construction and expansion of four oil refineries under the Refinery Development Master Plan (RDMP) program as well as the construction of 5 new oil refineries in the long term are still not sufficient to meet national oil fuel demand. During the period of 2017 - 2050 imported gasoline is still the most dominant compared to other petroleum products. Natural gas import is unavoidable and is estimated to start in 2020 with amount of 17.5 BSCF and increase to 3,327 BSCF in 2050. Import of gas in the form of LNG requires infrastructure support in the form of Floating Storage Regasification Unit (FSRU). Indonesia will become a net importer of natural gas in 2028, and a net importer of energy in 2031. NRE experiences the fastest supply growth, at 6.2% per year. However, the role of EBT until 2050 is only around 15.4% of the total primary energy supply.

The government continues to optimize the use of NRE. The optimization of NRE usage is analyzed through three cases, namely: increased electric cars, CPO-based biofuel, and an increased NRE electricity. Increasing the use of electric cars is one option to reduce the petroleum product demand for motor vehicles. Electric cars are assumed to be put into use in 2025 with a share of 1% of total new vehicle sales and increase to 50% in 2050. The number of electric cars will be 20 thousand units (2025) and increase to 36.5 million units (2050). Electric vehicles will reduce petroleum products demand for passenger cars from 498 million SBM to 385 million SBM, down by 22.7% in 2050.

Oil substitution using CPO-based biofuel is done in order to reduce the trade balance deficit. The biofuel that will be developed can be in the form of B30 biodiesel or green fuel. Green fuel development can be done through co-processing technology in conventional oil refineries and stand-alone refinery technology. Total utilization of palm oil through co-processing is expected to reach 3.8 million kl in 2050. Stand-alone refineries will be commercially in operations in 2024

tahun 2050. Kilang *stand-alone* akan mulai beroperasi pada tahun 2024 dengan kapasitas sebesar 20 MBSD (*thousand barrel steam per day*) dan meningkat menjadi 160 MBSD pada tahun 2050. Dengan kapasitas tersebut, total pemanfaatan minyak sawit diperkirakan akan mencapai 8,2 juta kl pada tahun 2050.

Peningkatan pembangkit listrik berbasis EBT dengan target sebesar 23% dari total pembangkit pada tahun 2025 dan menjadi 31% pada tahun 2050 memerlukan tambahan kapasitas yang cukup besar. Pada tahun 2025 kapasitas pembangkit EBT harus minimal sebesar 22 GW, dan menjadi 88,4 GW pada tahun 2050. Pengembangan EBT masih menghadapi banyak kendala diantaranya adalah kebijakan biaya pokok penyediaan (BPP) tenaga listrik.

Dengan mengoptimalkan penggunaan BBN, impor minyak bumi yang dapat dihemat diperkirakan mencapai 24,1 juta barel pada tahun 2050, sedangkan impor BBM yang dapat dihemat pada tahun 2025 sebesar 5,4 juta barel dan meningkat hingga 43,2 juta barel pada tahun 2050. Potensi penghematan devisa yang diperoleh dari pengurangan impor minyak bumi sebesar 2,34 miliar USD (2025) dan meningkat menjadi 5,44 miliar USD (2050). Pengurangan impor BBM akan berpotensi menghemat devisa sebesar 0,62 miliar USD (2025) dan 11,6 miliar USD (2050).

Analisis dampak ekonomi belum mempertimbangkan keterkaitan antar sektor secara keseluruhan. Untuk penelitian selanjutnya perlu dipertimbangan penggunaan model *computable general equilibrium* (CGE) yang salah satunya adalah Model ThreeME.

with a capacity of 20 MBSD (thousand barrel steam per day) and increase to 160 MBSD in 2050. With this capacity, total demand of palm oil is expected to reach 8.2 million kl by 2050.

Increasing NRE-based power plants with a target of 23% of the total power plants in 2025 and to 31% in 2050 requires substantial additional capacity. In 2025 NRE power plants capacity must be at least 22 GW, and become 88.4 GW by 2050. NRE development still faces many challenges including the policy of basic cost of generating electricity (BPP).

By optimizing the use of biofuel, imports of crude oil that can be saved are estimated to reach 24.1 million barrels in 2050, while imports of petroleum products that can be saved in 2025 are 5.4 million barrels and increase to 43.2 million barrels in 2050. Potential foreign exchange saving is obtained from the reduction of crude oil imports by 2.34 billion USD (2025) and increased to 5.44 billion USD (2050). Reducing petroleum product imports will potentially save foreign exchange by 0.62 billion USD (2025) and 11.6 billion USD (2050).

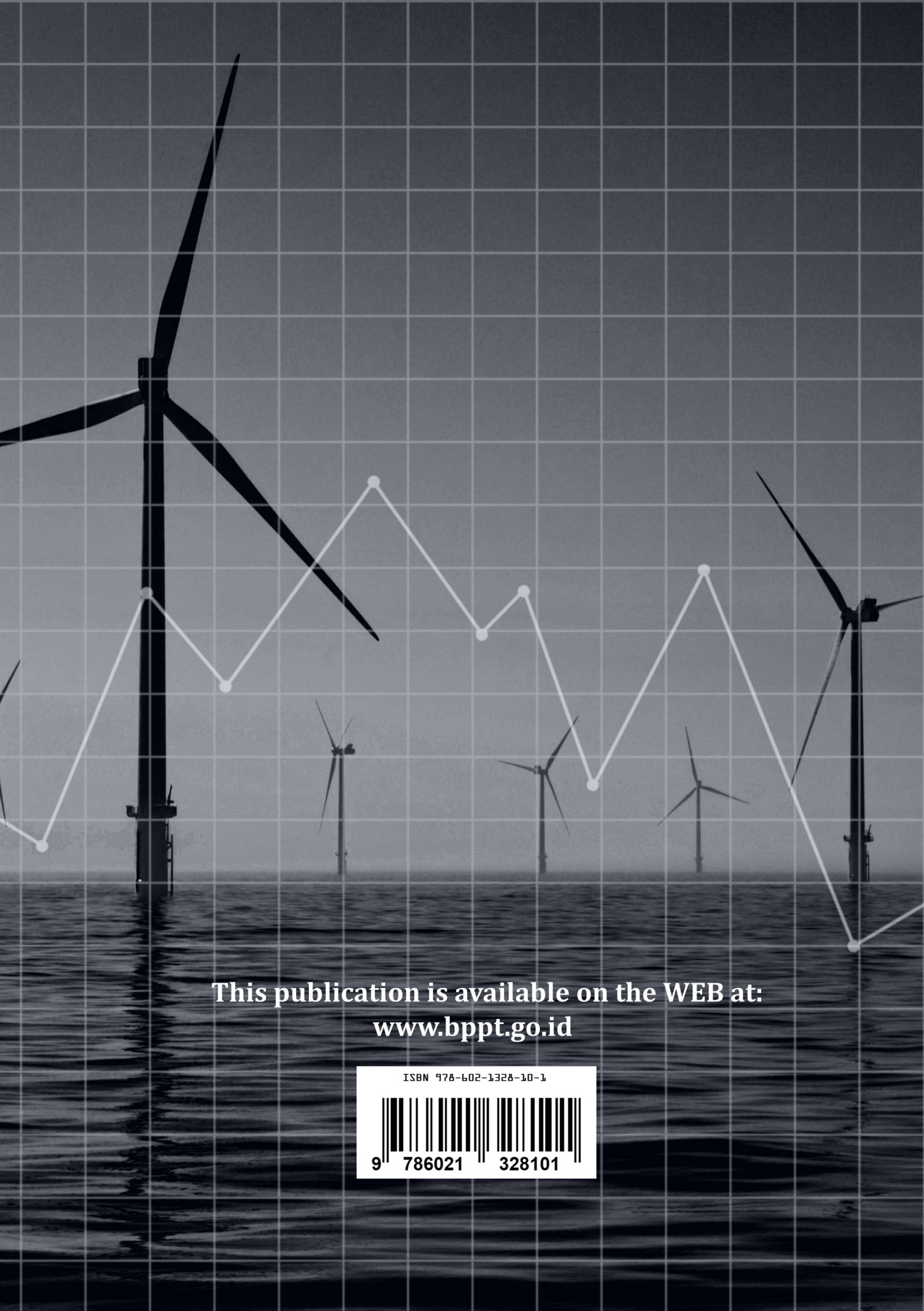
The analysis of economic impacts has not taken into account the fully interrelations between sectors. For further research, it is necessary to consider the use of a computable general equilibrium (CGE) model, one of which is the ThreeME Model.

DAFTAR PUSTAKA

REFERENCES

- APERC (2019) *APEC Energy Demand and Supply Outlook, 7th Edition 2019*, Vol. II, Asia Pacific Energy Research Centre, Tokyo.
- Bappenas (2017) *Visi Indonesia 2045*, Dipresentasikan pada Orasi Ilmiah Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Bappenas (2019) *Pembangunan Rendah Karbon: Perubahan Paradigma Menuju Ekonomi Hijau di Indonesia*, Ringkasan bagi Pembuat Kebijakan, Jakarta.
- Biofuels News (2019) *First biofuel produced at Total's La Mède biorefinery in France*, biofuels-news.com, access 09/13/2019.
- Bisnis (2019) *Kendaraan Listrik Jadi Tantangan Pelaku Industri Komponen*, bisnis.com, diakses 03 September 2019.
- BP (2019) *BP Energy Outlook: 2019 edition*, BP Plc.
- BP (2019a) *Statistical Review of World Energy 2019: 68th Edition*, BP Plc.
- BPS (2019) *Indonesia Statistics 2019*, Central Bureau of Statistics.
- BPS (2019a) *Jumlah Kendaraan Bermotor*, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Brosch, T., Sander, D. and Patel, M.K. (2016) *Understanding the Human Factor of the Energy Transition: Mechanisms Underlying Energy-Relevant Decisions and Behaviors*, Frontiers, Lausanne.
- CNN (2019) *Tanpa Penanganan Indonesia Bisa Punya Gunung Limbah Baterai*, cnnindonesia.com, diakses 03 September 2019.
- DGEC (2018) *Tree Crop Estate Statistics of Indonesia 2016-2018: Palm Oil*, Directorate General of Estate Crops, Ministry of Agriculture.
- Ditjen Migas (2018) *Neraca Gas Bumi Indonesia 2018-2027*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2019) *Laporan Kinerja Tahun Anggaran 2018*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- DNV (2019) *Digitalization and the future of energy*, DNV GL, Arnhem.
- Ernst & Young (2018) *Shale Gas and Coal Bed Methane – Potential Sources of Sustained Energy in the Future*, Ernst & Young, access 07/20/2018.
- GAPKI (2014) *Industri Minyak Sawit Indonesia Menuju 100 Tahun NKRI*, Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia.
- Greena (2017) *New players join the HVO game*, www.greena.com, access 09/13/2019.
- Honeywell UOP (2019) *Ecofining™ Process*, www.uop.com, access 04/11/2019.
- IEA (2018) *Digitalization and Energy*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2018a) *Global EV Outlook 2018 - Towards Cross-Model Electrification*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2019) *Global EV Outlook 2019 - Scaling-up the transition to electric mobility*, International Energy Agency, Paris.
- IESR (2019) *A Roadmap for Indonesia's Power Sector: How Renewable Energy Can Power Java-Bali and Sumatra*, Institute for Essential Services Reform, Jakarta.
- IIASA (2018) *A Low Energy Demand Scenario for meeting the 1.5°C Target and Sustainable Development Goals without Negative Emissions Technologies*, International Institute for Applied Systems Analysis.
- IISD (2019) *Beyond Fossil Fuels: Indonesia's fiscal transition*, International Institute for Sustainable Development.
- IRENA (2016) *Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2019), *Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition)*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Katadata (2019) *Finalisasi Perpres, Pemerintah Akan Sediakan Kuota Impor Mobil Listrik*, katadata.co.id, diakses 03 September 2019.
- Kemenperin (2019) *Pemetaan Kebijakan Pendukung Pengembangan Industri dan Pemenuhan Bahan Baku IVO (Industrial Vegetable Oil) Industri Greenfuel*, Direktorat Jenderal Industri Agro, Kementerian Perindustrian.
- KESDM (2017) *Buku Informasi Bioenergi*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

- Kirari, J.K., Adel, M., Andria, V. and Lakaseru, B.O. (2018) *Supporting Indonesia's Renewable Energy Development in Remote and Rural Areas through Innovative Funding*, UNDP.
- KLHK (2017) *Strategi Implementasi NDC (Nationally Determined Contribution)*, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- McKinsey (2019) *Global Energy Perspective 2019 (Reference Case)*, Summary, McKinsey Solutions Sprl.
- MEMR (2018) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2018*, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- Ministry of Agriculture (2019) *Kesiapan Biofuel Berbasis CPO Tahun 2019-2045*, Presented at FGD on Biofuel Roadmap, MEMR, Bogor.
- Neste Oil (2019) *NExBTL® Renewable Diesel: Singapore Plant*, Neste Oil Singapore.
- Newell, R.G., Raimi, D. and Aldana, G. (2019) *Global Energy Outlook 2019: The Next Generation of Energy*, Resources for the Future.
- Pertamina (2019) *Implementasi Program Green Fuels di Pertamina (Co-processing & Stand Alone)*, Presented at Palm Oil Workshop, BPPT, Jakarta.
- PLN (2019) *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2019-2028*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- Pushevs (2019) *Electric Car Range Efficiency NEDC (New European Driving Cycle)*, pushevs.com, diakses 09 April 2019.
- PwC (2016) *Global Industry 4.0 Survey: Building the digital enterprise*, PricewaterhouseCoopers.
- Reynes, F., Malliet, P. and Marizi, N. (2017) *Assessing Low Carbon Resilient Growth in Indonesia: an application of the ThreeMe model*, Final Report, Bappenas - AFD.
- Rutovitz, J., Dominish, E. and Downes, J. (2015) *Calculating global energy sector jobs: 2015 methodology*, Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney.
- Schneider (2019) *Global Digital Transformation Benefits Report*, Schneider Electric.
- Soerawidjaja, T.H. (2013) *Posisi Strategis Minyak-Lemak Nabati di dalam Panorama Teknologi BBN Cair dan Ketahanan Energi Nasional*, FGD MEMR, Jakarta.
- Soerawidjaja, T.H. (2013a) *Rapid Assessment of the Indonesian Biofuels Industry and Policies*, Ministry of Finance Indonesia.
- Soo-Young No (2014) *Application of hydrotreated vegetable oil from triglyceride based biomass to CI engines – A review*, Fuel 115, p. 88–96.
- Topsoe (2019) *HydroFlex™ technology*, www.topsoe.com, access 04/11/2019.
- Unido (2017) *Accelerating clean energy through Industry 4.0: Manufacturing the next revolution*, United Nations Industrial Development Organization, Vienna.



**This publication is available on the WEB at:
www.bppt.go.id**

ISBN 978-602-1328-10-1



9 786021 328101