

ISBN 978-602-1328-05-7



OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2018

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2018

Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat
Sustainable Energy for Land Transportation

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

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

ISBN 978-602-1328-05-7

OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2018

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2018

Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat

Sustainable Energy for Land Transportation

Editor:

Yudiartono

Anindhita

Agus Sugiyono

Laode 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 FOR PROCESS AND ENERGY INDUSTRY***

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

OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2018

INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2018

Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat

Sustainable Energy for Land Transportation

ISBN 978-602-1328-05-7

© 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 and Energy Industry

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 : yudiartono@bppt.go.id

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Outlook energi Indonesia 2018 : energi
berkelanjutan untuk transportasi darat = Indonesia energy
outlook 2018 : sustainable energy for land transportation /
editor, Yudiartono ... [et al.]. -- Tangerang Selatan : Pusat
Pengkajian Industri Proses Dan Energi, 2018.
84 hlm. ; 297 cm.

Bibliografi : hlm. ...

ISBN 978-602-1328-05-7

1. Politik energi. 2. Pengangkutan darat. I. Yudiartono.

354.4

SAMBUTAN

Perekonomian Indonesia dalam 5 tahun terakhir ini terus membaik dan diikuti dengan pembangunan infrastruktur secara konsisten yang berfokus pada pemerataan antar wilayah. Pemerintah terus menjaga momentum perbaikan ekonomi dengan tetap mengedepankan pembangunan yang berkelanjutan. Infrastruktur transportasi termasuk salah satu yang mendapat perhatian pemerintah untuk dikembangkan. Pengembangan sistem transportasi mengarah pada pengembangan moda transportasi massal untuk perkotaan, pengembangan jaringan kereta api nasional, serta mempersiapkan integrasi antar moda dan integrasi ke bandara.

BPPT sebagai lembaga pemerintah yang melakukan pengkajian dan penerapan teknologi di Indonesia berkomitmen untuk mendorong terus kemajuan pembangunan nasional melalui inovasi teknologi. Salah satu bentuk kontribusi BPPT dalam mendukung program pemerintah adalah penerbitan buku Outlook Energi Indonesia. Penerbitan sudah secara rutin dilaksanakan dan tahun ini merupakan terbitan yang kesepuluh. Sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam pengembangan sistem transportasi, maka dalam buku Outlook Energi Indonesia 2018 ini mengambil tema khusus "Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat". Dengan pengembangan sistem transportasi berkelanjutan diharapkan mampu mendorong penggunaan moda transportasi yang ramah lingkungan guna menggerakkan ekonomi nasional namun tidak meninggalkan masalah di masa mendatang. Temuan dan rekomendasi dalam buku ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah dan masyarakat luas serta seluruh pemangku kepentingan yang terkait dengan pengelolaan dan pemanfaatan energi.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada tim penyusun dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu penyusunan buku ini. Saran dan kritik yang membangun dari para pembaca sangat dibutuhkan sebagai masukan untuk kesempurnaan pada penerbitan buku berikutnya.

Jakarta, Agustus 2018

**Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Kepala**



Dr. Ir. Unggul Priyanto, M.Sc.

FOREWORD

Indonesia's economy in the last 5 years continues to improve along with the consistent infrastructure development that focuses on equitable distribution. The Government maintains the momentum of economic improvement by continuing to promote sustainable development. Transportation infrastructure is one aspect that gets the Government's attention to progress further. The development of transportation system leads to the development of mass transportation modes for urban areas, the development of national rail networks, as well as modes integration and network integration to airports.

BPPT as a government agency that conducts assessment and application of technology in Indonesia is committed to push forward the advance of national development through technological innovation. One form of BPPT's contribution in supporting government programs is the publication of Outlook Energy Indonesia. BPPT's Outlook Energy Indonesia has been regularly published and this year is the tenth issue. In line with the Government policy in developing the transportation system, Outlook Energy Indonesia 2018 takes a special theme "Sustainable Energy for Land Transportation". The development of sustainable transportation system is expected to encourage the use of environmentally friendly modes of transport that drives the national economy but does not leave problem for the future. The findings and recommendations in this book are expected to be a reference for the Government and the wider community and all stakeholders related to energy management and utilization.

Finally, we would like to extend our gratitude and appreciation to the drafting team and all parties who have supported and assisted in the preparation of this book. Suggestions and constructive criticism from readers are welcome as input for improvement in the next publication.

Jakarta, August 2018

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



Dr. Ir. Unggul Priyanto, M.Sc.

PENGARAH / STEERING COMMITTEE

Kepala BPPT
Chairman of BPPT
Dr. Ir. Unggul Priyanto, 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)
Center of Assessment for Process and Energy Industry
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.

KOORDINATOR / COORDINATOR

Ketua Kelompok Perencanaan Energi / *Group Leader of Energy Planning*
Drs. Yudiartono, M.M.

TIM PENYUSUN / AUTHORS

Database dan Pemodelan : <i>Database and Modelling</i>	Anindhita, M.S.
Kebutuhan Energi : <i>Energy Demand</i>	Ir. Irawan Rahardjo, M.Eng.
Penyediaan Energi : <i>Energy Supply</i>	Ira Fitriana, S.Si, M.Sc. Ratna Etie Puspita Dewi, S.T., M.Sc. Ir. Erwin Siregar Dra. Nona Niode Drs. Yudiartono, M.M.
Ketenagalistrikan : <i>Electricity</i>	
Energi Berkelanjutan : <i>Sustainable Energy</i>	Ir. Agus Sugiyono, M.Eng. Ir. La Ode M.A. Wahid Prima Trie Wijaya, S.Kom., M.Kom. Ari Kabul Paminto, S.T. Nini Gustriani, S.E.
Grafik dan Layout : <i>Layout and Graphic</i>	

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: yudiartono@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.

- Ibu Ir. Setyorini Tri Hutami, Direktur Bahan Bakar Minyak, BPH Migas.
- Bapak Ir. Popik Montanasyah, M.T., Sekretaris Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan.
- Bapak Sigit Irfansyah, ATD., M.Sc. Direktur Perencanaan dan Pengembangan, Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek (BPTJ).
- Bapak Allan Tandiono, B.Eng., Project Director LRT Jakarta, PT Jakarta Propertindo (Jakpro).
- Bapak Dahlan, M.T., Operation and Maintenance Advisor, PT MRT Jakarta.
- Ibu Suci Putri Primadiyanti, S.T., M.T., Staf Pusat Teknologi Sistem dan Prasarana Transportasi, BPPT.

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

- *Mrs. Ir. Setyorini Tri Hutami, Director of Oil Fuel, Downstream Regulatory Agency for Oil and Gas.*
- *Mr. Ir. Popik Montanasyah, M.T., Secretary of the Directorate General of Railways, Ministry of Transportation.*
- *Mr. Sigit Irfansyah, ATD., M.Sc. Director of Planning and Development, Jabodetabek Transportation Management Agency (BPTJ).*
- *Mr. Allan Tandiono, B.Eng., Project Director LRT Jakarta, PT Jakarta Propertindo (Jakpro).*
- *Mr. Dahlan, M.T., Operation and Maintenance Advisor, PT MRT Jakarta.*
- *Mrs. Suci Putri Primadiyanti, S.T., M.T., Staff of Center of Technology for System and Infrastructure of Transportation, BPPT.*

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>	3
1.3 Model, Skenario, dan Kasus / <i>Model, Scenarios, and Cases</i>	5
1.3.1 Model Kebutuhan Energi / <i>Energy Demand Model</i>	5
1.3.2 Model Penyediaan Energi / <i>Energy Supply Model</i>	6
Bab 2 Kebutuhan Energi / <i>Energy Demand</i>	9
2.1 Kebutuhan Energi Per Jenis / <i>Energy Demand by Type</i>	10
2.2 Kebutuhan Energi Per Sektor / <i>Energy Demand by Sector</i>	12
2.3 Kasus Substitusi LPG ke Listrik di Sektor Rumah Tangga / <i>Case of LPG to Electricity Substitution in Household Sector</i>	14
Bab 3 Penyediaan Energi / <i>Energy Supply</i>	17
3.1 Potensi Sumber Daya Energi / <i>Energy Resource Potential</i>	18
3.1.1 Energi Fosil / <i>Fossil Energy</i>	18
3.1.2 Energi Baru dan Terbarukan / <i>New and Renewable Energy</i>	19
3.2 Minyak Bumi dan BBM / <i>Crude Oil and Oil Fuels</i>	21
3.2.1 Neraca Minyak Bumi / <i>Crude Oil Balance</i>	21
3.2.2 Neraca Bahan Bakar Minyak / <i>Oil Fuels Balance</i>	22
3.2.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Minyak / <i>Oil Fuels Utilization</i>	24
3.3 Gas Bumi, LNG dan LPG / <i>Natural Gas, LNG and LPG</i>	25
3.3.1 Gas Bumi dan LNG / <i>Natural Gas and LNG</i>	25
3.3.2 LPG	28
3.4 Batubara / <i>Coal</i>	30
3.4.1 Neraca Batubara / <i>Coal Balance</i>	30
3.4.2 Pemanfaatan Batubara / <i>Coal Utilization</i>	31
3.5 Energi Baru dan Terbarukan / <i>New and Renewable Energy</i>	32
3.6 Energi Primer / <i>Primary Energy</i>	34
3.6.1 Penyediaan Energi Primer / <i>Primary Energy Supply</i>	34
3.6.2 Rasio Impor Energi / <i>Energy Import Ratio</i>	36
3.6.3 Neraca Energi Primer / <i>Primary Energy Balance</i>	37
Bab 4 Ketenagalistrikan / <i>Electricity</i>	37
4.1 Total Produksi dan Kebutuhan Listrik Per Sektor / <i>Total Production and Demand of Electricity by Sector</i>	40
4.2 Kapasitas Pembangkit Listrik / <i>Power Plant Capacity</i>	41
4.3 Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit Listrik / <i>Power Plant Fuel Demand</i>	43
4.4 Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik / <i>Additional Capacity of Power Plant</i>	44

Bab 5 Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat / *Sustainable Energy for*

Land Transportation	45
5.1 Perubahan Teknologi / <i>Technology Advancement</i>	46
5.2 Permasalahan dan Kebijakan Energi untuk Transportasi Darat di Jabodetabek / <i>Problems and Policies of Energy for Land Transportation in Jabodetabek</i>	49
5.3 Kebutuhan Energi Transportasi Darat di Jabodetabek / <i>Land Transportation Energy Demand in Jabodetabek</i>	51
5.4 Perpindahan Moda Transportasi / <i>Transportation Modal Shift</i>	52
5.4.1 <i>Bus Rapid Transit</i>	53
5.4.2 <i>Mass Rapid Transit</i>	54
5.4.3 <i>Light Rail Transit</i>	56
5.4.4 Kereta Rel Listrik / <i>Commuter Line</i>	57
5.5 Substitusi Bahan Bakar Minyak / <i>Oil Fuels Substitution</i>	59
5.5.1 Pemanfaatan Energi Listrik / <i>Electricity Utilization</i>	59
5.5.2 Pemanfaatan Bahan Bakar Gas / <i>Gas Utilization</i>	60
5.5.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati / <i>Biofuels Utilization</i>	61
5.6 Peningkatan Efisiensi Energi Transportasi / <i>Improvement of Transportation Energy Efficiency</i>	62
5.6.1 Mobil Penumpang / <i>Passanger Car</i>	62
5.6.2 Sepeda Motor / <i>Motorcycle</i>	63
5.6.3 Bus dan Truk / <i>Bus and Truck</i>	64
5.6.4 Kereta Rel Listrik / <i>Commuter Line</i>	65
5.7 Penurunan Kebutuhan BBM dari Pemanfaatan Energi Berkelanjutan / <i>Decreasing of Oil Fuels Demand Through Sustainable Energy Utilization</i>	67
5.7.1 Kasus Perpindahan Moda Transportasi / <i>Case of Transportation Madal Shift</i>	67
5.7.2 Kasus Substitusi BBM / <i>Case of Oil Fuels Substitution</i>	68
5.7.3 Kasus Peningkatan Efisiensi Energi Transportasi / <i>Case of Improvement of Transportation Energy Efficiency</i>	69
5.7.4 Penghematan BBM Menurut Kasus / <i>Oil Fuels Saving by Case</i>	70
5.8 Emisi Gas Rumah Kaca / <i>Greenhouse Gas Emission</i>	72
5.8.1 Baseline Emisi GRK di Sektor Energi / <i>Baseline of GHG Emission in Energy Sector</i>	72
5.8.2 Potensi Mitigasi Emisi GRK untuk Transportasi Darat / <i>Potential of GHG Emission Mitigation for Land Transportation</i>	73
Bab 6 Penutup / <i>Closing</i>	78
Daftar Pustaka / <i>References</i>	82

1

Pendahuluan

Introduction

1.1 Latar Belakang

Background

Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi terbesar di kawasan Asia Tenggara dan urutan kelima di Asia Pasifik dalam konsumsi energi primer, setelah negara China, India, Jepang, dan Korea Selatan. Pertumbuhan PDB yang tinggi, mencapai rata-rata 6,04% per tahun selama periode 2017-2050, diperkirakan akan semakin mendorong peningkatan kebutuhan energi Indonesia di masa depan. Hal ini menyebabkan peran Indonesia dalam pasar energi dunia dan dalam upaya penurunan emisi rumah kaca global bertambah signifikan.

Konsumsi energi final (tanpa kayu bakar) Indonesia tahun 2016 masih didominasi oleh BBM sebesar 47%. Jika dilihat secara sektoral, maka sektor transportasi memiliki pangsa paling besar, yaitu sebesar 42%, lebih tinggi dari sektor industri dengan pangsa 36%. Konsumsi energi sektor transportasi hampir seluruhnya dipenuhi oleh BBM.

Di sisi lain, Indonesia telah menjadi negara net importir BBM sejak 2004. Sepertiga dari konsumsi BBM Indonesia di tahun 2016 dipenuhi oleh impor. Jika kebutuhan energi yang didominasi oleh BBM ini terus meningkat tanpa ada perubahan pola pemakaian energi, khususnya di sektor transportasi, maka keberlangsungan dan ketahanan energi Indonesia akan terganggu. Selain itu, komitmen penurunan emisi gas rumah kaca Indonesia yang tercantum dalam *First Nationally Determined Contribution*, yaitu sebesar 29% atau 314 juta ton CO₂e (*unconditional*) dan sebesar 41% atau 398 juta ton CO₂e (*conditional*) pada tahun 2030 juga bisa sulit tercapai.

Transportasi berkelanjutan merupakan solusi alternatif yang ditawarkan dalam Outlook Energi Indonesia (BPPT-OEI) 2018 untuk menjawab tantangan ini. Transportasi berkelanjutan diharapkan mampu mendorong penggunaan moda transportasi yang ramah lingkungan guna mengurangi kemacetan dan menggerakkan ekonomi nasional. Lebih lanjut, analisis transportasi berkelanjutan dalam BPPT-OEI 2018 difokuskan pada transportasi darat untuk wilayah Jabodetabek atas pertimbangan tingginya mobilitas serta konsumsi energi di subsektor ini.

Indonesia is the country with the largest energy consumption in Southeast Asia and fifth in Asia Pacific in primary energy consumption, placed after China, India, Japan and South Korea. High GDP growth, reaching an average of 6.04% per year for the 2017-2050 period, is expected to increase Indonesia's oil fuels demand in the future. This will escalate Indonesia's role both in the world energy market and in efforts to decrease global greenhouse emissions.

Final energy consumption (excluding firewood) of Indonesia in 2016 was still dominated by oil fuels by 47%. In sectoral, the transportation sector has the largest share of 42%, higher than the industrial sector with 36% share. Energy consumption in the transportation sector is almost entirely met with oil fuels.

*On the other hand, Indonesia has been a net importer of BBM since 2004. One third of Indonesia's oil fuel consumption in 2016 is supplied by imports. If the increase in this oil fuel-dominated demand is not followed by any changes in the pattern of energy consumption, especially in the transportation sector, the energy sustainability and security of Indonesia will be disrupted. In addition, Indonesia's greenhouse emission reduction commitments listed in First Nationally Determined Contribution of 29% or 314 million tonnes of CO₂e (*unconditional*) and 41% or 398 million tonnes of CO₂e (*conditional*) by 2030 can also be difficult to achieve.*

Sustainable transportation is an alternative solution offered in the Outlook Energy Indonesia (BPPT-OEI) 2018 to address this challenge. Sustainable transportation is expected to encourage the use of environmentally friendly modes of transportation that reduces road congestion and drive the national economy. Furthermore, the analysis in BPPT-OEI 2018 is focused on land transportation for Jabodetabek area due to the high mobility and energy consumption in this subsector.

1.2 Kebijakan Energi Saat Ini

Current Energy Policies

Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) diundangkan pada tanggal 13 Maret 2017. Secara garis besar, Perpres RUEN ini disusun oleh pemerintah sebagai landasan untuk penyusunan rencana-rencana teknis, seperti Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) oleh PLN, rencana penyusunan APBN/APBD, serta pedoman penyusunan rencana strategis oleh kementerian dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED) oleh pemerintah daerah.

Untuk mencapai kemandirian dan ketahanan energi nasional, seperti yang tercantum dalam peraturan induknya, Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Perpres RUEN menjabarkan prioritas pengembangan energi Indonesia yang meliputi beberapa hal, yaitu penggunaan energi terbarukan yang maksimal dengan memperhatikan tingkat keekonomian, meminimalkan penggunaan minyak bumi, pemanfaatan gas bumi dan energi baru secara optimal, serta menjadikan batubara sebagai andalan pasokan energi nasional.

Pemerintah menyadari bahwa Indonesia memiliki potensi sumber daya batubara yang cukup besar dan tetap memprioritaskan sumber energi primer ini sebagai pasokan energi nasional. Namun, dalam RUEN, batubara diupayakan untuk dapat digunakan sebagai pilihan terakhir untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri setelah memaksimalkan penggunaan energi terbarukan, meminimalkan penggunaan minyak bumi, dan mengoptimalkan pemanfaatan energi baru dan gas bumi. Secara garis besar, Pemerintah Indonesia mencanangkan untuk mengendalikan produksi batubara mulai tahun 2019 hingga sebesar 400 juta ton, kecuali jika kebutuhan domestik melebihi angka ini.

Untuk sektor transportasi, RUEN menyatakan bahwa pemerintah akan mengembangkan kendaraan bertenaga listrik/hybrid pada tahun 2025 sebesar 2.200 unit roda empat dan 2,1 juta unit roda dua. Pemerintah juga menetapkan target pembangunan SPBG sebanyak 2.888 unit dengan total kapasitas 1.291 MMCFD di tahun 2050. Pengembangan sistem angkutan massal terpadu seperti

Presidential Regulation No. 22 of 2017 concerning the General Plan of National Energy (RUEN) was enacted on March 13, 2017. Broadly speaking, the RUEN was prepared by the Government as the basis for technical plans such as the General Plan for the Provision of Electric Power (RUPTL) by PLN, drafting plan of State and Regional Revenue and Expenditure Budget plan (APBN/APBD), as well as guidelines for the drafting of strategic plans by the Ministry and Regional General Plan of Energy (RUED) by local governments.

To achieve independence and resilience of national energy as stated in its parent regulation, Government Regulation No. 79 of 2014 on National Energy Policy (KEN), RUEN describes the priorities of Indonesia's energy development which includes several things, namely the use of maximum renewable energy by taking into account the level of economy, minimizing the use of petroleum, optimization the utilization of natural gas and new energy and define coal as a mainstay of supply national energy.

The Government is aware that Indonesia has a considerable potential of coal resources and still prioritize this primary energy source for national energy supplies. However, in RUEN, coal is strived to be used as a last resort for the fulfillment of domestic demand after maximizing the use of renewable energy, minimizing the use of petroleum, and optimizing the utilization of new energy and natural gas. In general, the Government of Indonesia is aiming to control coal production from 2019 to 400 million tons, unless domestic demand exceeds this figure.

For the transportation sector, RUEN states that the Government will develop electric / hybrid vehicles in 2025 of 2,200 units of four wheels and 2.1 million units of two wheels. The Government also sets target for development of gas refueling station (SPBG) of 2,888 units with a total capacity of 1,291 MMCFD in 2050. The development of an integrated mass transit system such as Mass Rapid Transit

Mass Rapid Transit (MRT) dan Light Rail Transit (LRT) juga menjadi salah satu poin penting dalam RUEN untuk mencapai target pangsa transportasi umum sebesar 30% dari total moda di tahun 2025.

Sebagai bentuk tindak lanjut dari upaya diversifikasi penggunaan energi untuk sektor transportasi, Kementerian ESDM mengeluarkan Peraturan Menteri No. 25 Tahun 2017 tentang Percepatan Pemanfaatan Bahan Bakar Gas untuk Transportasi Jalan. Aturan ini mewajibkan setiap SPBU menyediakan satu dispenser gas. Kewajiban penyediaan dispenser gas di setiap SPBU tersebut, tidak hanya diberlakukan kepada SPBU dalam negeri, tetapi juga milik asing. Harga gas bumi dan harga bahan bakar gas (BBG) berupa CNG akan ditetapkan oleh Menteri ESDM sesuai alokasinya dan terintegrasi. Lebih lanjut, alokasi gas bumi untuk sektor industri dan rumah tangga dibatasi paling besar 30%.

Selain BBG, dalam RUEN disebutkan bahwa Pemerintah akan menyusun peta jalan penggunaan bahan bakar nabati (BBN) pada transportasi baik transportasi darat, laut, udara dan kereta api sampai 2050. Target campuran BBN yang tercantum dalam RUEN sama dengan Mandatori BBN yang sudah ditetapkan sebelumnya dalam Peraturan Menteri ESDM No. 12 tahun 2015.

Pengendalian emisi gas rumah kaca dari sektor energi juga dijabarkan cukup detail dalam RUEN. Indikator lingkungan hidup, khususnya emisi, merupakan salah satu dasar penyusunan proyeksi kebutuhan dan pasokan energi jangka panjang. Untuk itu, Kementerian ESDM ditugaskan untuk melaksanakan konservasi di sisi hilir, mewajibkan pemanfaatan teknologi batubara yang ramah lingkungan (*clean coal technology*) dan boiler efisiensi tinggi (*ultra-supercritical*) secara bertahap, melaksanakan pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan. Sementara itu, Kementerian LHK difokuskan untuk dapat melaksanakan pencatatan semua aksi mitigasi gas rumah kaca yang dilakukan oleh semua institusi penanggung jawab aksi mitigasi, dan memfasilitasi verifikator internal maupun eksternal.

(MRT) and Light Rail Transit (LRT) is also one of the important points in RUEN to achieve the target of public transportation share by 30% of total modes in 2025.

As a follow-up to the efforts energy diversification for the transportation sector, the Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) issued Ministerial Regulation no. 25 of 2017 on the Acceleration of Gas Fuel Utilization for Road Transportation. This rule requires each gas station to provide one gas dispenser. The obligation to supply gas dispensers at each gas station is not only applied to domestic gas stations, but also foreign ones. The price of natural gas and the price of gas fuel (BBG) in the form of CNG will be determined by the Minister of Energy and Mineral Resources according to its allocation and integrated. Furthermore, the allocation of natural gas for industrial and household sectors is limited to 30%.

In addition to the BBG, the RUEN mentioned that the Government would prepare a road map of the use of biofuels on the transportation of land, sea, air and rail transportation until 2050. The target of biofuels mixing in RUEN is consistent to the Biofuel Mandatory determined in Minister of Energy and Mineral Resources Regulation no. 12 of 2015.

The control of greenhouse gas emissions from the energy sector is also elaborated in detail in RUEN. Environmental indicators, especially emissions, are one of the foundations for the projection of long-term energy demand and supplies. To that end, the MEMR is assigned to carrying out conservation on the downstream side, requiring the use of clean coal technology and high efficiency (ultra-supercritical) boilers gradually, and carrying out the development of renewable energy power plants. Meanwhile, the Ministry of Environment and Forestry is focused on the documentation of all greenhouse gas mitigation actions carried out by all institutions responsible for mitigation actions, and facilitating internal and external verifiers.

1.3 Model, Skenario dan Kasus

Model, Scenarios, and Cases

1.3.1 Model Kebutuhan Energi

Model BPPT-MEDI (*Model of Energy Demand for Indonesia*) merupakan pengembangan dari model MAED (*Model for Analysis of Energy Demand*) dari IAEA. Model ini digunakan untuk melakukan proyeksi kebutuhan energi dalam BPPT-OEI 2018. Sektor kebutuhan dibagi dalam 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 2016 dan periode proyeksi adalah hingga 2050.
- Data konsumsi energi tahun dasar diperoleh dari *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2017*, Kementerian ESDM.
- Harga minyak bumi tahun 2018-2030 mengikuti proyeksi Bank Dunia sementara untuk tahun 2031-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan sebelumnya.
- Harga batubara tahun 2018-2030 mengikuti proyeksi batubara Australia dari Bank Dunia sementara untuk tahun 2031-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan sebelumnya.
- Harga LNG tahun 2018-2030 mengikuti proyeksi CIF Jepang dari Bank Dunia sementara untuk tahun 2031-2050 disesuaikan dengan tren pertumbuhan harga minyak bumi
- Pertumbuhan penduduk dan laju urbanisasi untuk periode 2016-2035 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 2018-2027 mengikuti Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero). Rasio elektrifikasi pulau Jawa diasumsikan akan mencapai 100% tahun 2021, sedangkan untuk wilayah lainnya diasumsikan mencapai 100% tahun 2025.

1.3.1 Energy Demand Model

BPPT-MEDI (Model of Energy Demand for Indonesia) is the development of MAED (Model for Analysis of Energy Demand) by IAEA. This model is used to forecast energy demand in BPPT-OEI 2018. The demand sectors are divided into five sectors, namely industry, household, transportation, commercial, and others. The assumptions used in the model are as follows:

- *The base year is 2016 and projection period is up to 2050.*
- *Energy consumption data for base year is obtained from Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2017, Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR).*
- *Crude oil price in 2018-2030 follows the projection of World Bank and for 2031-2050 it is adjusted to the previous growth trend.*
- *Coal price for 2018-2030 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 2018-2030 follows the projection of CIF Japan from World Bank, while for 2031-2050 it is adjusted to the trend of crude oil price growth.*
- *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.*
- *Electrification ratio and elasticity of electricity demand for period 2018-2027 follow the Power Supply Business Plan (RUPTL) PT. PLN (Persero). Electrification ratio of Java is assumed to reach 100% in 2021 while for other regions it is assumed to reach 100% by 2025.*

- 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

BPPT-OEI 2018 menggunakan Model MARKAL untuk menentukan alokasi penyediaan sumber daya energi dan teknologi secara optimal berdasarkan fungsi obyektif biaya minimum. Model MARKAL memerlukan berbagai asumsi dan acuan dalam melakukan optimisasi penyediaan energi. Asumsi-asumsi yang dimasukkan ke dalam model 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 2016. 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 2017-2025. Setelah tahun 2025, penambahan kilang diasumsikan berlangsung setiap lima tahun dengan kapasitas 300 ribu barel/hari.
- Pengembangan *shale gas* mempertimbangkan masukan dari FGD "Pemanfaatan Gas Konvensional untuk Memenuhi Kebutuhan Gas Nasional" tahun 2017.
- Pengembangan CBM berdasarkan data dari VICO Indonesia yang dipresentasikan dalam IndoGAS Conference 2015.
- Rencana pembangunan jaringan gas (Jargas) untuk rumah tangga mempertimbangkan Rencana Induk Infrastruktur Gas Bumi Nasional 2016-2030 dari Kementerian ESDM.
- Penyediaan biodiesel mengikuti mandatori biodiesel dalam Permen ESDM No. 12 tahun 2015.
- Pengoperasian pembangkit listrik *ultra-supercritical boiler* untuk PLTU batubara 1.000 MW di wilayah Jawa dan PLTU batubara mulut tambang di wilayah Sumatera dan Kalimantan sesuai dengan RUPTL 2018-2027.
- 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

BPPT-OEI 2018 uses MARKAL model to determine the optimal allocation of technology and energy resources based on least cost objective function. MARKAL model requires various assumptions in optimizing the energy supply. 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 2016. 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 development plan of Pertamina refinery 2017-2025. After 2025, the refineries addition is assumed to take place every five years with a capacity of 300 thousand barrels/day.*
- *Shale gas development considers input from FGD "Conventional Gas Utilization to Meet National Gas Demand" in 2017.*
- *Development of CBM is based on data from VICO Indonesia presented at IndoGAS Conference 2015.*
- *Natural gas network (Jargas) development plans for households consider the National Gas Infrastructure Master Plan 2016-2030 from the MEMR.*
- *Supply of biodiesel follows biodiesel mandatory in Regulation of MEMR No. 12 of 2015.*
- *Operation of ultra-supercritical boiler power plant for 1,000 MW coal-fired power plant in Java region and mine-mouth power plant in Sumatera and Kalimantan region are according to RUPTL 2018-2027.*
- *Energy conservation is considered through the efficient use of technology.*

Kasus / Cases

Kasus adalah satu set asumsi dalam model yang dampaknya dianalisis hanya terhadap bagian tertentu di sistem energi. Ruang lingkup dari kasus terbatas sehingga hasilnya dapat dianalisis dengan lebih cepat. Berikut adalah kasus-kasus yang dianalisis dalam BPPT-OEI 2018:

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 2018:

- Kasus Substitusi LPG ke Listrik di Sektor Rumah Tangga / *Case of LPG to Electricity Substitution in Household Sector*
- Kasus Peepindahan Moda Transportasi / *Case of Transportation Modal Shift*
- Kasus Substitusi BBM di Sektor Transportasi / *Case of Oil Fuel Substitution in Transportation Sector*
- Kasus Peningkatan Efisiensi Energi Transportasi / *Case of Improvement of Transportation Energy Efficiency*

Tabel 1.1 Asumsi ekonomi makro dan harga energi

Table 1.1 Assumptions on macroeconomic and energy prices

Keterangan / Note	Satuan / Unit	Tahun / Year			
		2016	2020	2025	2050
PDB / GDP	<i>Trillion Rupiah Constant 2010</i>	9,435	11,651	15,873	69,394
- Pertumbuhan / <i>Growth</i> (avg. 6.04%)	%/tahun %/year	5.01	5.70	6.80	5.08
Populasi / Population	<i>Juta Jiwa Million People</i>	258.58	271.07	284.83	328.52
- Pertumbuhan / <i>Growth</i> (avg. 0.71%)	%/tahun %/year	1.23	1.16	0.98	0.41
Harga Minyak / Crude Price*	<i>USD/barrel Current Price</i>	45.5	65.3	62.0	67.1
Harga Batubara / Coal Price**	<i>USD/tonne Current Price</i>	70.0	64.9	57.2	43.0
Harga LNG / LNG Price***	<i>USD/MMBTU Current Price</i>	7.3	9.1	9.1	8.7

Catatan / Note: *) Brent Price, **) Australian Coal, ***) CIF on Japan, R: pertumbuhan rata-rata / average growth

Sumber / Source: Diolah berdasarkan proyeksi Bank Dunia "Commodities Markets Outlook, 2018" /

Calculated based on the projections of World Bank "Commodities Markets Outlook, 2018"

Halaman kosong / *blank page*

2

Kebutuhan Energi

Energy Demand

2.1 Kebutuhan Energi per Jenis

Energy Demand by Type

Kebutuhan energi nasional hingga tahun 2050 terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 6,04% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun selama tahun 2016-2050 mengakibatkan laju pertumbuhan kebutuhan energi final sebesar 5,3% per tahun. Untuk itu, kebutuhan energi meningkat dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta SBM pada tahun 2050. Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan energi final terbesar adalah bahan bakar minyak (BBM) yakni sebesar 40,1%, diikuti oleh listrik (21,3%), gas (17,7%), batubara (11,0%), dan sisanya LPG, bahan bakar nabati (BBN) dan biomassa masing-masing di bawah 4%.

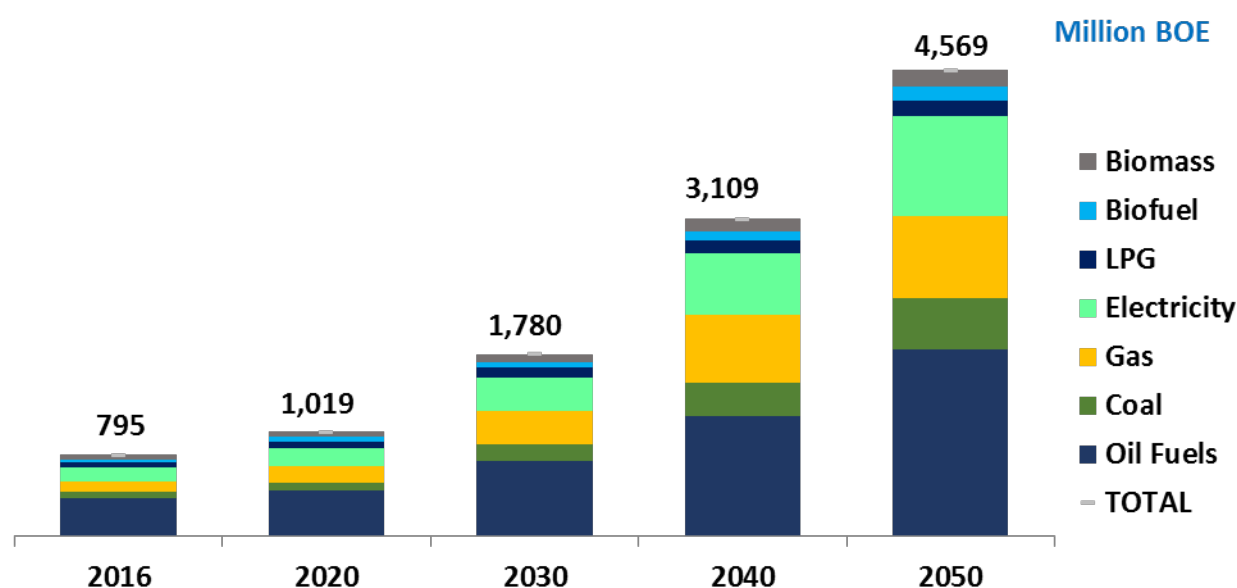
Selama tahun 2016-2050, BBM akan terus menjadi primadona energi final karena penggunaan teknologi saat ini yang masih berbasis BBM, terutama di sektor transportasi. Sektor-sektor pengguna lainnya juga tidak terlepas dari penggunaan BBM karena teknologinya cukup efisien dan harga BBM masih kompetitif dibanding dengan bahan bakar lainnya. Pangsa kebutuhan BBM pada tahun 2016 adalah sebesar 47,2% dan terus mendominasi

National energy demand until 2050 will continue to increase in accordance with economic growth, population, energy prices, and government policies. With an average GDP growth rate of 6.04% per year and population growth of 0.71% per year during 2016-2050 resulted in growth of final energy demand by 5.3% per year. Therefore, energy demand will increase from 795 million BOE in 2016 to 4.569 million BOE by 2050. By 2050, the largest share of final energy demand is oil fuels at 40.1%, followed by electricity (21, 3%), gas (17.7%), coal (11.0%), and the remaining are LPG, biofuels and biomass respectively below 4%.

During the year 2016-2050, oil fuels will continue to be the number one of final energy due to the use of current technology that is still based on oil fuels, 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 prices are still competitive compared to other type of fuels. The share of oil fuels demand in 2016 was 47.2% and continued to dominate although the share

Gambar 2.1 Kebutuhan energi final per jenis

Figure 2.1 Final energy demand by type



Catatan / Note: Biomassa non-komersial tidak diperhitungkan / Non-commercial biomass are not taken into account

meskipun pangsaanya sedikit menurun menjadi sebesar 40,1% pada tahun 2050.

Pemanfaatan listrik terus berkembang mengingat inovasi teknologi berbasis listrik tumbuh pesat dan digunakan hampir di semua sektor, terutama di sektor rumah tangga dan komersial. Kebutuhan listrik meningkat rata-rata sebesar 6,0% per tahun hingga tahun 2050 atau menjadi 7,4 kali lipat dari konsumsi tahun 2016.

Pada tahun 2050, kebutuhan gas diperkirakan akan naik lebih dari 7,9 kali lipat terhadap tahun 2016, atau meningkat rata-rata sebesar 6,3%. Kebijakan pengembangan jaringan distribusi gas untuk rumah tangga turut berperan dalam meningkatkan penggunaan gas untuk jangka panjang. Di sisi lain, kebutuhan batubara juga terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 6,3% per tahun. Hal ini terjadi karena perkembangan industri berbasis batubara yang cukup pesat dan pemakaian batubara untuk bahan bakar pembangkit listrik "beban dasar" juga terus meningkat.

Peranan BBN, LPG, dan biomassa tidak begitu besar dalam memenuhi kebutuhan energi final nasional. 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. LPG mayoritas dibutuhkan di sektor rumah tangga dan komersial yang pertumbuhannya terbatas karena terkait dengan pertumbuhan penduduk. Untuk jangka panjang diharapkan sebagian kebutuhan LPG dapat disubstitusi dengan listrik, sehingga dapat mengurangi impor LPG. Adapun pemanfaatan biomassa masih terbatas pada industri berbasis tertentu.

decreased slightly to 40.1% by 2050.

Utilization of electricity continues to grow due to the rapid growth of innovation in electricity-based technology and because it is used in almost all sectors, especially in household and commercial sectors. Electricity demand increases by an average of 6.0% per year until 2050 or to 7.4 times the consumption in 2016.

By 2050, gas demand is expected to rise by more than 7.9 times of 2016, or by an average increase of 6.3%. The policy of developing gas distribution networks for households has a role in increasing the use of gas for the long term. On the other hand, coal demand also continue to increase at an average growth rate of 6.3% per year. This is because the development of coal-based industry is quite rapid and the use of coal as fuel for "base load" power plants also continues to increase.

The role of biofuels, LPG, and biomass is not significant in meeting the national final energy demand. The utilization of biofuel being considered is 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. The majority of LPG is needed in the household and commercial sectors whose growth is limited because it is related to population growth. For the long term, there is a possibility that some of the LPG demand can be substituted with electricity which can lead to the a cut in LPG imports. The use of biomass is still limited to certain industries.

2.2 Kebutuhan Energi per Sektor

Energy Demand by Sector

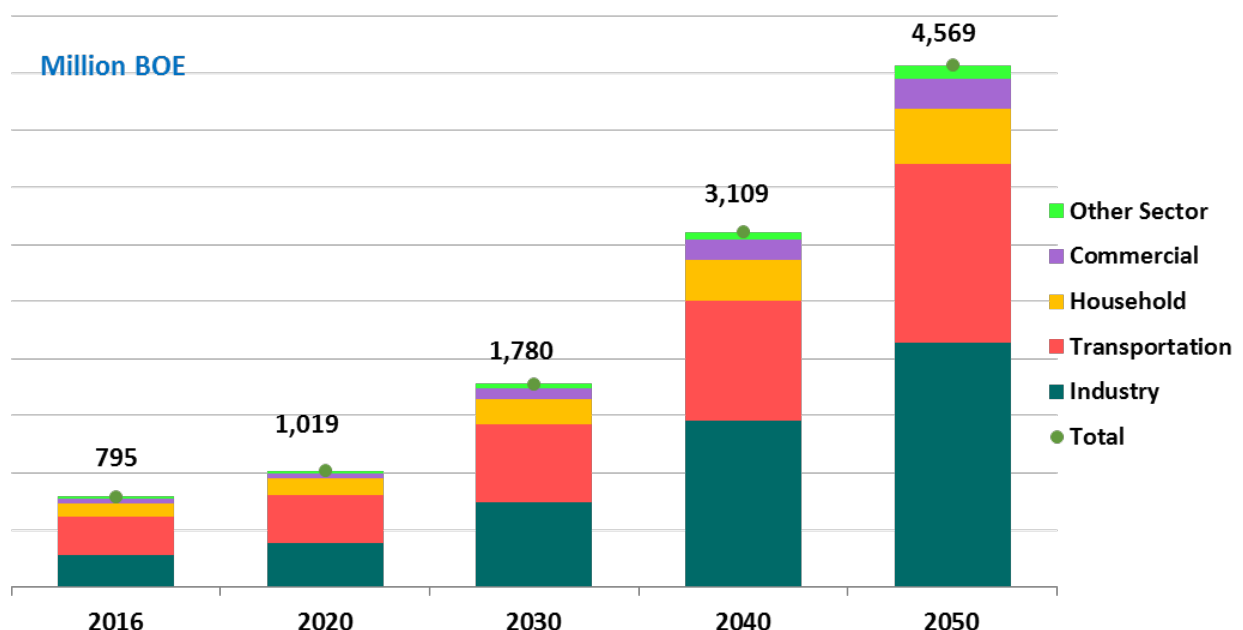
Kebutuhan energi final di sektor industri diperkirakan tetap dominan untuk jangka panjang dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 6,1% per tahun selama tahun 2016-2050. Sektor industri merupakan sektor produktif yang terus didorong perkembangannya agar dapat meningkatkan perekonomian nasional. Pangsa kebutuhan energi final sektor industri meningkat dari 35,5% pada tahun 2016 menjadi 46,8% pada tahun 2050.

Sektor transportasi merupakan sektor yang mendukung aktivitas semua sektor pengguna energi. Untuk itu, kebutuhan energi sektor transportasi bukan hanya dipengaruhi oleh penambahan penduduk dan tingkat kesejahteraan masyarakat, tetapi juga dipengaruhi oleh perkembangan sektor pertanian, konstruksi, komersial, dan sektor industri. Kebutuhan energi di sektor transportasi diproyeksikan mengalami pertumbuhan sedikit lebih rendah dari sektor industri, yaitu 4,6% per tahun dan akan membutuhkan energi 4,6 kali lipat pada tahun 2050 dibanding dengan tahun dasar 2016.

Final energy demand in industrial sector are expected to remain dominant for the long term with an average growth of 6.1% per year during 2016-2050. The industrial sector is a productive sector that continues to be encouraged its development in order to improve the national economy. The share of final energy demand for industrial sector will increase from 35.5% in 2016 to 46.8% by 2050.

The transportation sector is a sector that supports activities of all sectors of energy users. Therefore, the energy demand of transportation sector is not only influenced by population growth and the level of people's welfare, but also influenced by the development of agriculture, construction, commercial and industrial sectors. Energy demand in the transportation sector is projected to experience growth slightly lower than industrial sector, which is 4.6% per year and, in 2050, will require 4.6 times the energy of base year 2016.

Gambar 2.2 Kebutuhan energi final menurut sektor
Figure 2.2 Final energy demand by sector



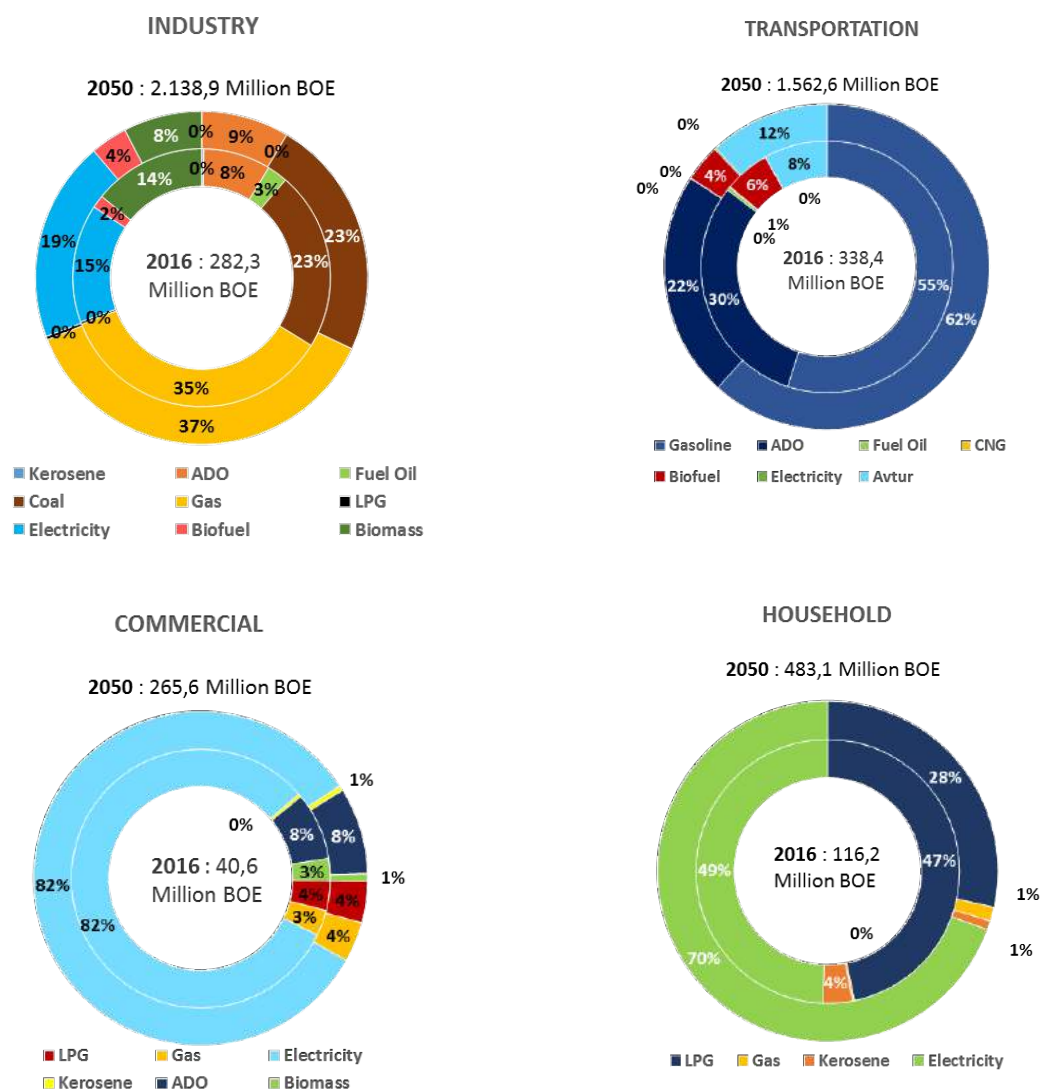
Jenis energi yang digunakan oleh setiap sektor sangat bervariasi. Sektor industri saat ini (2016) banyak menggunakan gas, batubara, dan listrik. Pada tahun 2050 diperkirakan kebutuhan ketiga jenis energi tersebut terus meningkat menggantikan BBM yang harganya lebih mahal. Energi yang digunakan di sektor transportasi hampir keseluruhannya menggunakan BBM. Kebutuhan bensin paling dominan selama kurun waktu 2016-2050. Indonesia sebagai negara kepulauan memerlukan sarana transportasi udara, sehingga pangsa kebutuhan avtur meningkat signifikan hingga tahun 2050.

Sektor komersial dan rumah tangga sebagian besar energinya dipenuhi oleh listrik. Untuk sektor komersial penggunaan energinya tidak banyak berubah, sedangkan untuk rumah tangga terdapat pengurangan pangsa kebutuhan LPG.

The type of energy used by each sector varies greatly. Currently (2016), industrial sector used a lot of gas, coal and electricity. In 2050, it is estimated that the demand for these three types of energy continues to increase, replacing the more expensive fuel. The energy used in the transportation sector almost entirely uses oil fuels. Demand of gasoline is the most dominant during the 2016-2050 period. Indonesia as an archipelago requires air transportation facilities so the share of avtur demand increases significantly until 2050.

The commercial and household sectors are mostly use electricity. For the commercial sector, the energy demand does not change much, while for households there is a reduction in the share of LPG demand.

Gambar 2.3 Pangsa konsumsi energi sektoral per jenis energi
Figure 2.3 Share of sectoral energy consumption by type of energy



2.3 Kasus Substitusi LPG ke Listrik di Sektor Rumah Tangga

Case of LPG to Electricity Substitution in Household Sector

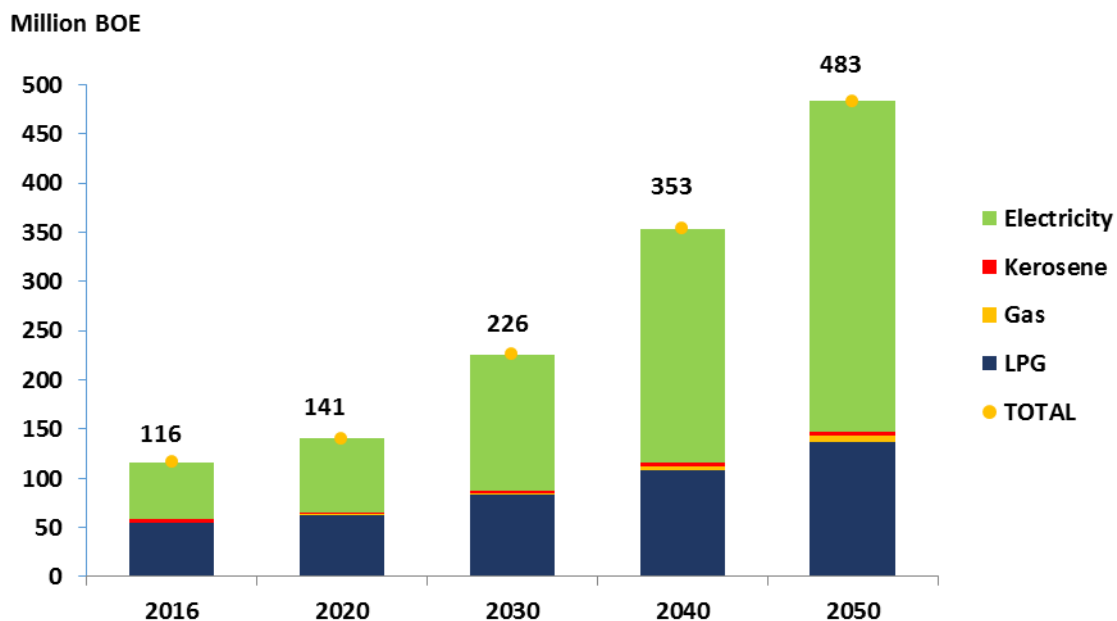
Kebutuhan energi sektor rumah tangga meningkat dari 116 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 483 juta SBM pada tahun 2050, dengan pangsa terbesar adalah listrik diikuti LPG. Kebutuhan LPG meningkat dari 54,3 juta SBM (6,37 juta ton) pada tahun 2016 menjadi 137,1 juta SBM (16,08 juta ton) pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata 2,8% per tahun. Namun, untuk memenuhi kebutuhan LPG diperlukan impor yang jumlahnya terus meningkat karena terbatasnya produksi LPG dalam negeri. Ketergantungan impor LPG yang semakin besar akan mengurangi ketahanan energi nasional, sehingga perlu dilakukan upaya substitusi LPG dengan listrik.

Listrik di sektor rumah tangga digunakan untuk keperluan penerangan, memasak, AC, kulkas, pompa, dan peralatan listrik lainnya. Dari survei yang dilakukan oleh JICA menunjukkan bahwa pangsa listrik untuk penggunaan lainnya (termasuk memasak) relatif terbatas dan dalam BPPT-OEI 2018 diasumsi sebesar 15% dari total kebutuhan listrik. Substitusi LPG dengan listrik hanya dapat dilakukan di rumah tangga golongan mampu (minimum 2.200 VA), karena harus menggunakan kompor listrik berdaya besar dan perlu investasi pembelian kompor yang cukup mahal.

The household sector's energy demand will increase from 116 million BOE in 2016 to 483 million BOE in 2050, with the largest share is electricity followed by LPG. LPG demand will increase from 54.3 million BOE (6.37 million tonnes) in 2016 to 137.1 million BOE (16.08 million tonnes) in 2050 or an average increase of 2.8% per year. However, to meet the demand, import is required whose numbers continue to increase due to the limited production of LPG in the country. The increasing dependence on LPG import will harm the national energy security, so it is necessary to substitute LPG with electricity.

Electricity in household sector is used for lighting, cooking, air conditioning, refrigerators, pumps and other electrical equipment. Survey conducted by JICA shows that the share of electricity for other uses (including cooking) is relatively limited and, in BPPT-OEI 2018, it is assumed to be 15% of the total electricity demand. LPG substitution with electricity can only be done in capable households (minimum 2,200 VA), because they have to use high-power electric stoves and require expensive investment in purchasing the stoves. Based on PLN data, the number of PLN customers who are

Gambar 2.4 Konsumsi energi sektor rumah tangga per jenis energi
Figure 2.4 Household sector energy consumption by type of energy



Berdasarkan data PLN, jumlah pelanggan PLN yang masuk dalam golongan rumah tangga mampu adalah 11,8 juta atau 19,1% dari total pelanggan PLN yang berjumlah 61,7 juta. Dengan mempertimbangkan harga listrik sebesar Rp. 1.467 per kWh dan harga LPG 12 kg sebesar Rp. 155.000 per tabung, serta efisien kompor listrik sebesar 85% dan kompor LPG 45%, maka biaya pemakaian listrik untuk memasak dapat lebih murah dari pada biaya pemakaian LPG.

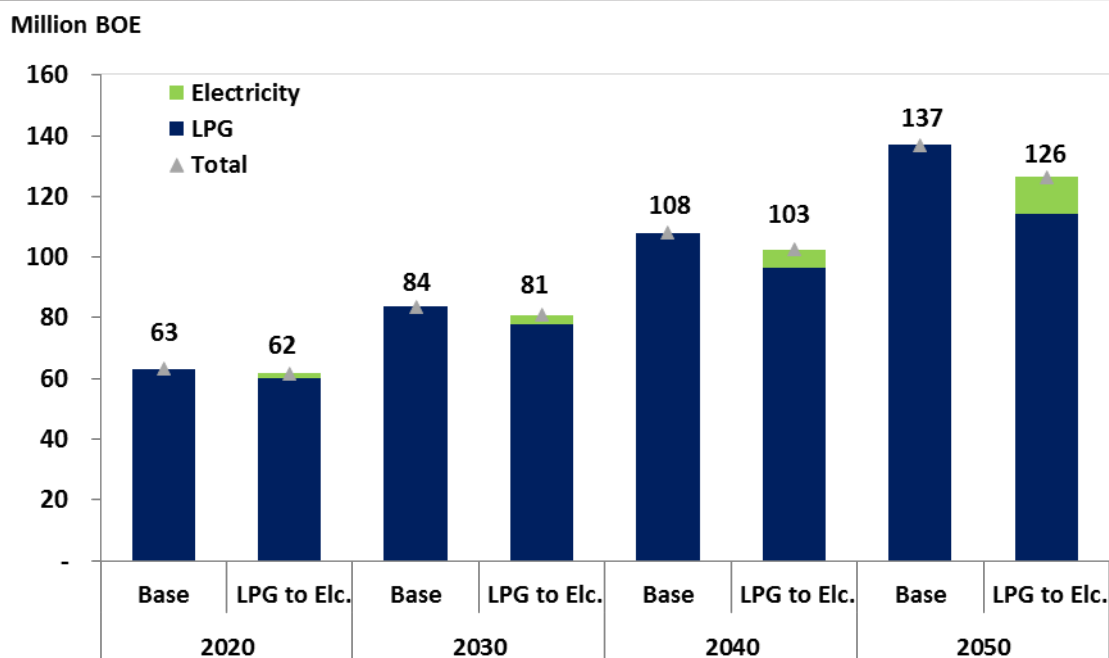
Pada tahun 2020, kebutuhan LPG untuk memasak sebesar 63,1 juta SBM, sedang potensi pengurangan LPG akibat substitusi dengan listrik adalah sebesar 2,97 juta SBM atau 4,7% terhadap total kebutuhan LPG di rumah tangga. Dengan memperhitungkan penggunaan listriknya, maka penurunan total kebutuhan energi untuk memasak sebesar 1,4 juta SBM atau 2,2%. Adapun potensi substitusi LPG dengan listrik pada tahun 2050 meningkat hingga mencapai 22,62 juta SBM atau 16,5% dengan penurunan kebutuhan energi sebesar 10,6 juta SBM atau 7,8%. Dengan kondisi tersebut, kebutuhan LPG untuk memasak akan menurun sebanyak 0,35 juta ton dan 2,65 juta ton pada tahun 2020 dan 2050, sedangkan kebutuhan listrik akan meningkat sebanyak 2,6 TWh dan 19,8 TWh pada tahun 2020 dan 2050. Substitusi LPG dengan listrik mengurangi kebutuhan energi sektor rumah tangga karena efisiensi kompor listrik lebih tinggi dibanding kompor LPG.

in category of capable households is 11.8 million or 19.1% of the total PLN customers, amounting to 61.7 million households. Taking into account the electricity price of Rp. 1,467 per kWh and the price of 12 kg LPG is Rp. 155,000 per tube, and 85% efficient electric stove and 45% LPG stove, the cost of using electricity for cooking can be cheaper than the cost of using LPG.

In 2020, LPG demand for cooking is 63.1 million BOE, while the potential for LPG reduction due to substitution with electricity is 2.97 million BOE or 4.7% of the total LPG demand in households. Taking into account the use of electricity, the total reduction in energy demand for cooking is 1.4 million BOE or 2.2%. The LPG reduction potential in 2050 will increase to reach 22.62 million BOE or 16.5% with a decrease in energy demand of 10.6 million BOE or 7.8%. Under these conditions, the demand for LPG for cooking will decrease by 0.35 million tonnes and 2.65 million tonnes in 2020 and 2050 respectively, while electricity demand will increase by 2.6 TWh and 19.8 TWh by 2020 and 2050 respectively. Substitution LPG with electricity will reduce household energy demand because the efficiency of electric stoves is higher than LPG stoves.

Gambar 2.5 Substitusi LPG dengan listrik untuk memasak di sektor rumah tangga

Figure 2.5 LPG to electricity substitution for cooking in household sector



Halaman kosong / *blank page*



Penyediaan Energi
Energy Supply

3.1 Potensi Sumber Daya Energi

Energy Resource Potential

3.1.1 Energi Fosil

Cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2016 adalah 7.251,11 MMSTB atau mengalami penurunan 0,74% terhadap tahun 2015. Serupa dengan minyak bumi, cadangan gas bumi juga mengalami penurunan terhadap tahun lalu sebesar 5,04%. Menurut data dari SKK Migas, cadangan minyak yang sudah diproduksi adalah sekitar 92,1% terhadap total cadangan, sedangkan cadangan gas bumi yang telah diproduksi adalah sebesar 34,5% terhadap total cadangan. Produksi minyak bumi saat ini sebesar 338 juta barel dan dengan mempertimbangkan cadangan terbukti minyak yang ada, maka diperkirakan cadangan terbukti minyak akan habis dalam kurun waktu 9 tahun lagi. Demikian juga dengan cadangan terbukti gas bumi dengan kondisi R/P saat ini diperkirakan gas bumi akan habis dalam kurun waktu 42 tahun.

3.1.1 Fossil Energy

Indonesia's oil reserves in 2016 were 7,251.11 MMSTB or decreased by 0.74% compared to 2015. Similar to oil, natural gas reserves also decreased against last year by 5.04%. According to data from Special Task Force for Upstream Oil and Gas Business Activities (SKK Migas), oil reserves that have been produced were about 92.1% of total reserves, while natural gas reserves that have been produced amounted to 34.5% of total reserves. Oil production currently stands at 338 million barrels and, with the existing proven reserves, oil reserves will be exhausted in the next 9 years. Likewise, the proven reserves of natural gas with the current R/P condition is estimated to be exhausted within 42 years.

Gambar 3.1 Sumber daya minyak dan gas bumi

Figure 3.1 Oil and gas resources



RESERVE	OPERATED		NOT YET OPERATED		TOTAL
	PROVEN	POTENTIAL	PROVEN	POTENTIAL	
1. Oil (MMSTB)	3,142.74	3,541.10	164.16	403.10	7,251.11
2. Gas (BSCF)	32,811.94	16,879.02	68,411.94	25,960.80	144,063.70
a. Associated	4,968.23	3,706.58	680.08	457.72	9,812.61
b. Non Associated	27,843.71	13,172.44	67,731.86	25,503.08	134,251.09

Sumber / Source: Laporan Tahunan SKK Migas (2016) / Annual Report of Special Task Force For Upstream Oil And Gas (2016)
Ditjen MIGAS 2016 / Directorate General Oil and Gas 2016

Produksi batubara untuk kebutuhan dalam negeri dan ekspor terus meningkat membuat cadangan batubara mengalami penurunan sebesar 11,8% terhadap tahun 2015. Dengan tingkat produksi batubara saat ini sekitar 417 juta ton, semua jenis cadangan batubara (lignit, sub-bituminus, bituminus) akan habis dalam kurun waktu 68 tahun. Penurunan cadangan energi fosil nasional menjadi salah satu faktor dilaksanakannya program diversifikasi bahan bakar.

Coal production for domestic demand and export continues to increase, making coal reserves decrease by 11.8% against 2015. With the current coal production levels of around 417 million tonnes, all types of coal reserves (lignite, sub-bituminous, bituminous) will run out within 68 years. The decline in national fossil energy reserves is one major factor in the importance of fuel diversification program implementation.

Tabel 3.1 Sumber daya batubara

Table 3.1 Coal resources

Province	Resources					Reserves
	Hypothetic	Inferred	Indicated	Measured	Total	
Banten	5.47	38.98	28.45	25.10	98.00	0.00
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	423.65	163.69	662.93	1,250.27	416.68
North Sumatera	0.00	7.00	1.84	25.75	34.59	0.00
Riau	3.86	209.85	587.82	689.28	1,490.81	608.88
West Sumatera	19.90	304.25	278.78	347.38	950.30	197.84
Bengkulu	0.00	117.33	171.74	126.48	415.54	79.12
Jambi	129.16	1,216.54	896.04	1,038.02	3,279.77	665.71
South Sumatera	3,290.98	10,859.38	14,826.24	12,020.27	40,996.88	11,066.98
Lampung	0.00	122.95	8.21	4.47	135.63	11.74
West Kalimantan	2.26	477.69	6.85	4.70	491.50	0.00
Central Kalimantan	22.54	11,299.92	3,805.64	2,849.22	17,977.32	2,001.33
South Kalimantan	0.00	4,739.10	4,402.79	5,893.65	15,035.53	5,270.25
East Kalimantan	909.95	13,680.45	13,049.18	15,401.10	43,040.68	7,194.94
North Kalimantan	25.79	795.83	595.37	1,041.20	2,458.19	943.70
West Sulawesi	8.13	15.13	0.78	0.16	24.20	0.00
South Sulawesi	5.16	48.81	128.90	53.09	235.96	0.12
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	4,532.80	44,394.72	38,952.32	40,182.80	128,062.63	28,457.29

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 energi yang beragam. Namun potensi EBT tersebut belum optimal dikembangkan karena berbagai kendala penerapannya, seperti biaya investasi yang tinggi, efisiensi teknologi yang relatif rendah, letak geografis, dan faktor sosial masyarakat sebagai pengguna energi. Pemerintah sudah mendorong pemanfaatan potensi energi terbarukan (ET) sebagai pembangkit listrik yang diatur dalam Permen ESDM No. 12 Tahun 2017 dan sebagai bahan bakar sesuai Permen ESDM No. 12 Tahun 2015.

3.1.2 New and Renewable Energy

The potential of new and renewable energy (NRE) in Indonesia is quite large with various types of energy. However, this potential has not been optimally developed due to various constraints in its application, such as high investment costs, relatively low technology efficiency, geographical location, and social factors of the community as energy users. The Government has encouraged the utilization of renewable energy (RE) in power generating sector as regulated in MEMR Regulation No. 12 of 2017 and as a fuel is in accordance to MEMR Regulation No. 12 of 2015.

Pemerintah juga sudah mendorong pemanfaatan energi baru (EB), seperti CBM dan gasifikasi batubara, tetapi terhambat oleh keekonomiannya. Pemanfaatan EB nuklir masih menjadi pilihan terakhir dengan mempertimbangkan keamanan pasokan energi nasional dalam skala besar. Adapun pemanfaatan shale gas belum berlangsung karena belum diketahuinya besaran cadangannya. Untuk itu, pemerintah perlu mendorong pemetaan potensi EBT secara rinci untuk mendukung pemanfaatan EBT secara maksimal.

The Government has also encouraged the use of new energy (NE), such as CBM and coal gasification, but hampered by its economy. Utilization of the NE nuclear is still considered as the last choice regarding the security of national energy supply on a large scale. The use of shale gas has not yet taken place because the amount of its reserve has not been known. To that end, the Government needs to encourage the detailed mapping of NRE potentials to support its maximum utilization.

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	1,438.5MW
2	Hidro/ Hydro	75,091 MW	45,379 MW (Sumber daya teridentifikasi / Identified resources)**	8,671 MW**
3	Mini-mikrohidro/ Mini-micro hydro		19.385 MW	2,600.76 KW*
4	Biomassa / Biomass	32,654 MWe*		1,626 MW (Off Grid)* 91.1 MW (On Grid)*
5	Energi surya/ Solar energy	4.80 kWh/m ² /day***		14,006.5 KW***
6	Energi angin/ Wind energy	970 MW**		1.96 MW***
7	Uranium/ Uranium	3,000 MW****		30 MW****
8	Shale gas	574 TSCF**** 93,36 TSCF *****		
9	Gas metana batubara / Coal bed methane	453 TSCF**** 84.29 TSCF *****		
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)**		
12	Pasang Surut Tide and tidal power	4,800 MW (Potensi Praktis / Practical Potential)**		

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

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

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

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

****) Renstra ESDM 2015– 2019

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

3.2 Minyak Bumi dan BBM

Crude Oil and Oil Fuels

3.2.1 Neraca Minyak Bumi

Produksi minyak bumi diperkirakan akan terus menurun sekitar 4,0% per tahun akibat sumur yang sudah tua dan sumber daya yang terletak di daerah frontier. Pada tahun 2016, produksi minyak bumi sebesar 338 juta barel dan menurun menjadi 85 juta barel pada tahun 2050. Ekspor minyak bumi pada tahun 2016 sebesar 128 juta barel yang diperkirakan terus menurun secara perlahan dan akan berakhir pada tahun 2035. Pemerintah telah menetapkan berbagai kebijakan dan program guna mendorong peningkatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi dalam rangka menambah cadangan minyak bumi nasional.

Impor minyak bumi diperkirakan akan meningkat sejalan dengan program *Refinery Development Master Plan* (RDMP) untuk merevitalisasi 5 kilang minyak eksisting (Cilacap, Balongan, Dumai, Balikpapan, dan Plaju) serta penambahan 4 (empat) kilang minyak baru dengan kapasitas masing-masing 300 MBCD. Pada tahun 2016, impor minyak bumi sebesar 148 juta barel dan akan meningkat menjadi 953

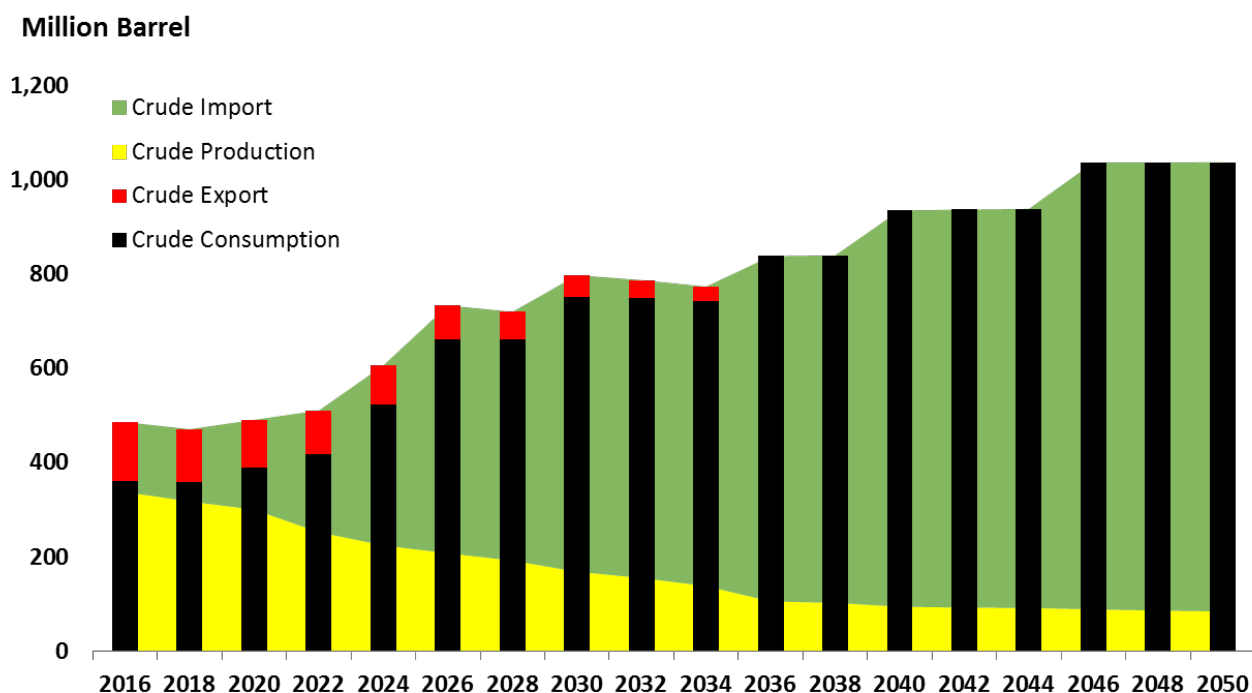
3.2.1 Crude Oil Balance

Crude oil production is expected to continue to decline by around 4.0% per year due to old wells and resources location in the frontier area. In 2016, petroleum production amounted to 338 million barrels and will decrease to 85 million barrels in 2050. Crude oil export in 2016 amounted to 128 million barrels and is expected to decline slowly until expire in 2035. The Government has set various policies and programs to encourage exploration and exploitation of oil in order to increase the national oil reserves.

Crude oil import is expected to increase in line with the Refinery Development Master Plan (RDMP) program to revitalize 5 existing oil refineries (Cilacap, Balongan, Dumai, Balikpapan and Plaju) as well as the addition of 4 (four) new oil refineries with each capacity of 300 MBCD. In 2016, crude oil import amounted to 148 million barrels and will increase by 6.4 times to 953 million barrels in 2050. The Government

Gambar 3.2 Neraca minyak bumi

Figure 3.2 Crude oil balance

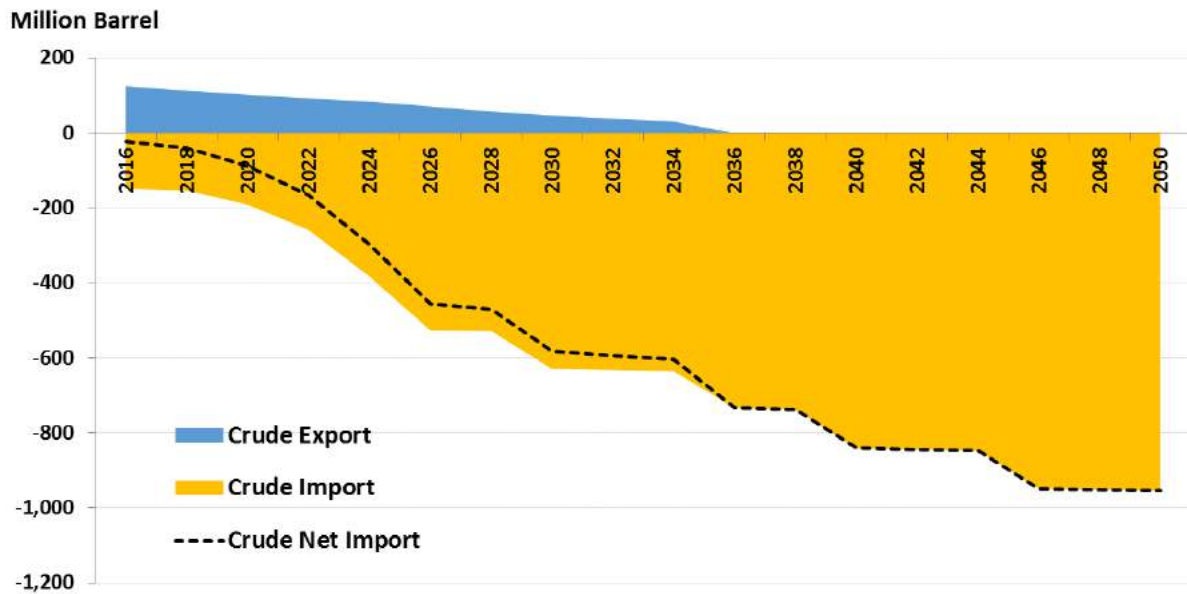


juta barel pada tahun 2050 atau meningkat 6,4 kali lipat. Pemerintah perlu memastikan keberlangsungan impor minyak bumi tersebut agar tidak mengganggu jenis dan spesifikasi produk BBM yang diharapkan.

needs to ensure the continuity of crude oil imports as not to interfere with the types and specifications of oil fuels products that are expected.

Gambar 3.3 Ekspor dan impor minyak bumi

Figure 3.3 Export and import of crude



3.2.2 Neraca Bahan Bakar Minyak

Indonesia telah menjadi negara net importir BBM sejak tahun 2004. Produksi BBM yang terbatas akibat kapasitas kilang minyak yang relatif konstan serta konsumsi BBM yang semakin meningkat menyebabkan impor BBM semakin besar dari tahun ke tahun.

Kebutuhan BBM (termasuk biodiesel) meningkat dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 4,7% per tahun. Pada tahun 2016, kebutuhan BBM mencapai 69,1 juta kl dan meningkat menjadi 326,6 juta kl pada tahun 2050. Kebutuhan BBM ini sebagian besar dipenuhi dari impor. Impor BBM pada tahun 2016 telah mencapai 22,9 juta kl dan meningkat dengan pertumbuhan 6,3% per tahun menjadi 182,3 juta kl tahun 2050. Ekspor BBM saat ini sangat kecil, yaitu hanya sebesar 128 ribu kl dan menjadi 1,17 juta kl pada tahun 2030 serta menurun menjadi 871 ribu kl pada tahun 2050.

Produksi BBM dari kilang minyak diperkirakan akan meningkat sebesar 3,4% per tahun selama kurun waktu 2016-2050 dari 46,6 juta kl menjadi 144,2 juta kl. Peningkatan produksi BBM karena adanya program

3.2.2 Oil Fuels Balance

Indonesia has been a net importer of oil fuels since 2004. Oil fuels production is limited due to the constant capacity of oil refineries so that the increasing consumption of oil fuels causes the import also increase from year to year.

Oil fuels (including biodiesel) demand increases with an average growth of 4.7% per year. In 2016 the demand reached 69.1 million kl and will increase to 326.6 million kl in 2050. This demand is mostly met by imports. Oil fuels import in 2016 reached 22.9 million kl and will increase by 6.3% per year to 182.3 million kl in 2050. Oil fuels export is currently very small, which is only 128 thousand kl and will become 1.17 million kl in 2030 and will decrease to 871 thousand kl in 2050.

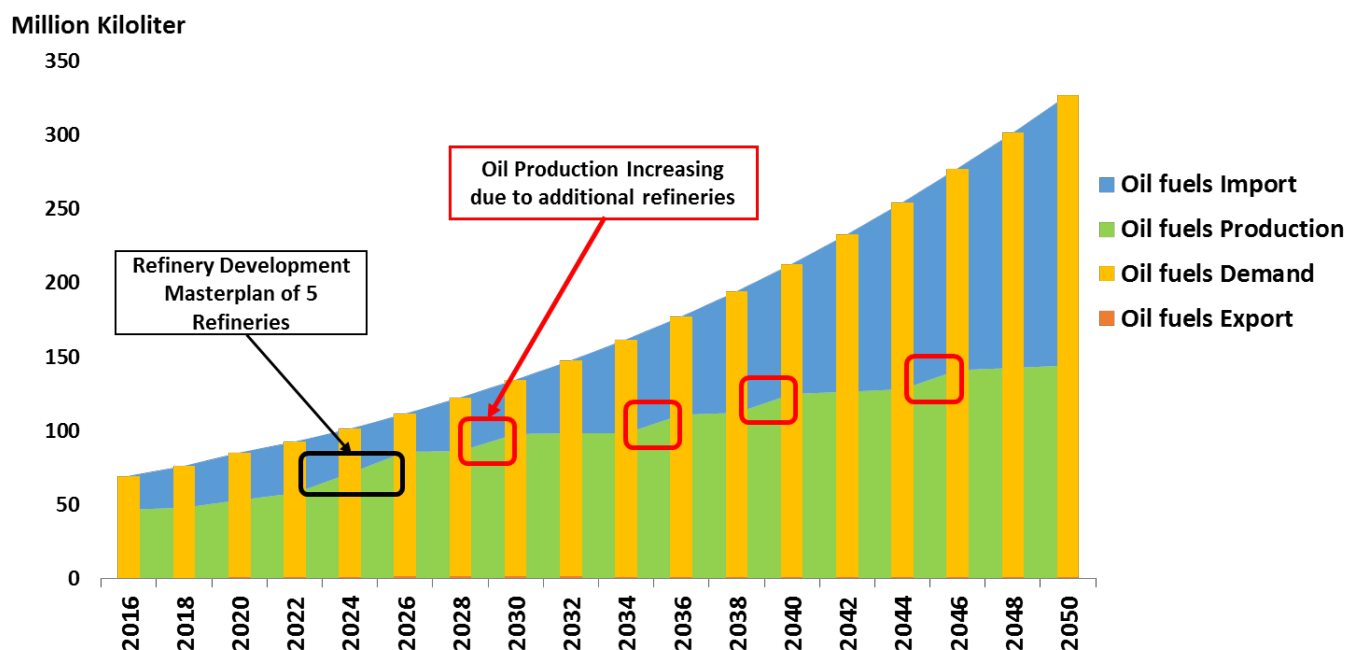
Oil fuels production from oil refineries is expected to increase by 3.4% per year during the 2016-2050 period from 46.6 million kl to 144.2 million kl. The increase is due to the RDMP program to revitalize 5 existing oil refineries and the addition

RDMP untuk merevitalisasi 5 kilang minyak eksisting serta penambahan 4 (empat) kilang minyak baru dengan kapasitas masing-masing 300 MBCD.

of 4 (four) new oil refineries with each capacity of 300 MBCD.

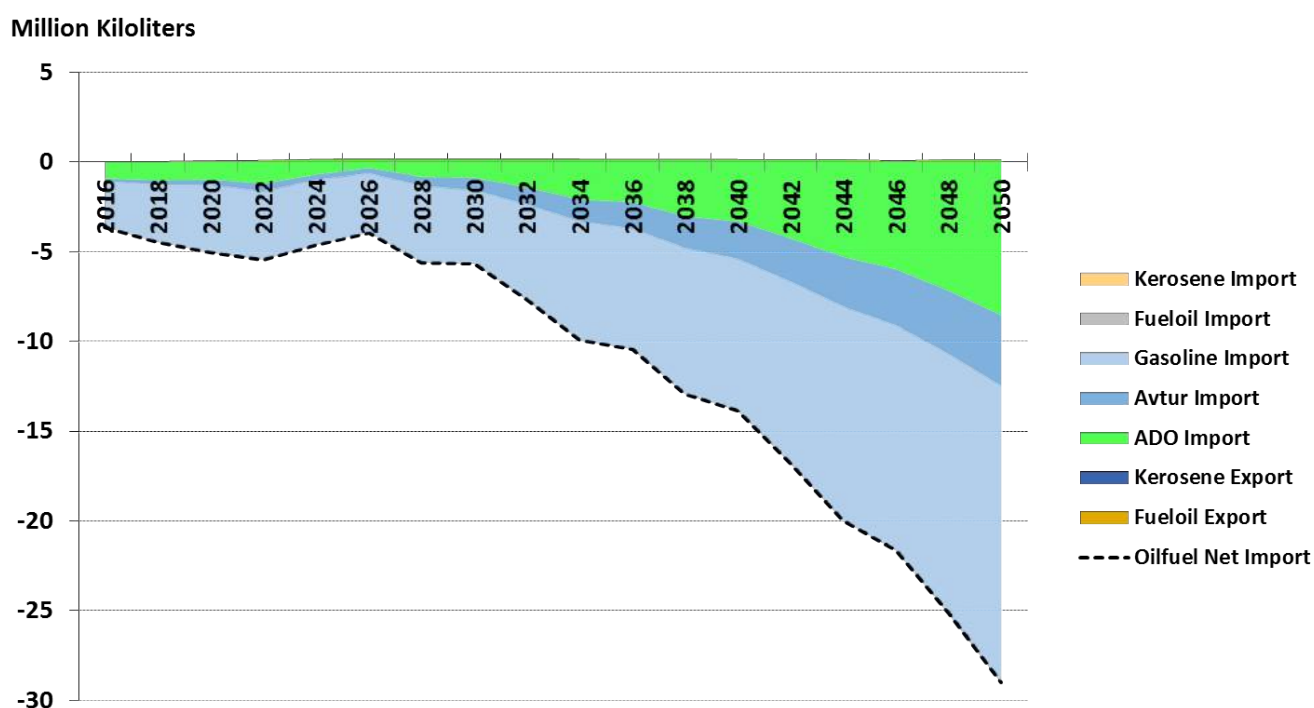
Gambar 3.4 Neraca BBM

Figure 3.4 Oil Fuels Balance



Gambar 3.5 Ekspor dan impor BBM

Figure 3.5 Export and import of oil fuels



Saat ini, impor BBM yang paling besar adalah bensin sebesar 68,6%, diikuti oleh minyak solar (25,3%), avtur (4,4%), minyak bakar (1,1%), dan sisanya minyak tanah. Pada tahun 2050, pangsa impor tidak banyak berubah, kecuali pangsa impor avtur yang meningkat pesat. Impor BBM ini meningkat dari 3,64 juta kl pada tahun 2016 menjadi 29,14 juta kl pada tahun 2050 atau meningkat lebih dari 8 kali lipat dalam waktu 34 tahun. Meskipun ada penambahan produk BBM dari kegiatan RDMP dan penambahan 4 kilang minyak baru, tetapi tidak mencukupi kebutuhan BBM nasional, sehingga masih diperlukan BBM impor dalam jumlah yang banyak.

3.2.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Minyak

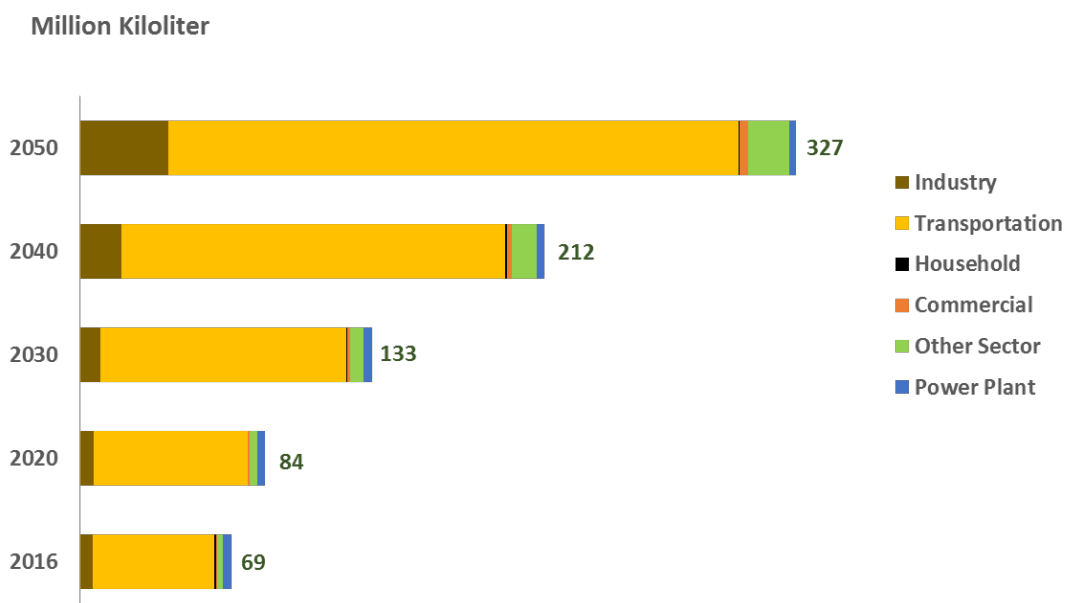
Pada tahun 2016, BBM sebagian besar dikonsumsi sektor transportasi (80,7%), diikuti sektor industri (8,1%), pembangkit listrik (5,5%), lainnya (3,9%), rumah tangga (1,0%), dan komersial (0,8%). Pada tahun 2050, pangsa ini sedikit berubah untuk sektor industri meningkat menjadi 12,3%, sedangkan untuk transportasi menurun menjadi 79,6%, meskipun masih tetap yang terbesar. Sektor transportasi relatif lebih sulit untuk beralih dari penggunaan BBM ke penggunaan bahan bakar lain karena teknologi saat ini sebagian besar 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 bahan bakar nabati (BBN) khususnya biodiesel untuk kendaraan bermotor, penggunaan gas untuk transportasi massal berbasis bus, serta penggunaan listrik untuk transportasi massal berbasis kereta rel listrik (KRL).

Currently, the largest share of oil fuels import is gasoline by 68.6%, followed by diesel oil (25.3%), avtur (4.4%), fuel oil (1.1%), and the rest is kerosene. In 2050, the share of import did not change much, except for avtur that increased rapidly. Oil fuels import will increase from 3.64 million kl in 2016 to 29.14 million kl in 2050 or more than eight times in 34 years. Even though there will be additional oil fuels products from RDMP activities and the 4 new oil refineries, it will not be able to meet the national oil fuels demand. Thus, large quantities of imported oil fuels is still needed.

3.2.3 Oil Fuels Utilization

In 2016, oil fuel is mostly consumed by transportation sector (80.7%), followed by industrial sector (8.1%), power plant (5.5%), others (3.9%), households (1.0%) and commercial (0.8%). In 2050, the share for industrial sector increases to 12.3%, while transportation decreases to 79.6%, although it is still the largest. Transportation sector is relatively difficult to switch from the use of oil fuels to other type of fuels because the current technology is still largely oil fuels-based, especially for motor vehicles. Gasoline and diesel oil are the dominant oil fuels used in transportation sector. Oil fuels substitution efforts will continue to be carried out, including: the use of biofuels, especially biodiesel for motor vehicles, the use of gas for bus mass transportation, as well as the use of electricity for mass transportation such as electric train.

Gambar 3.6 Pemanfaatan BBM
Figure 3.6 Oil fuels utilization



3.3 Gas Bumi dan LPG

Natural Gas and LPG

3.3.1 Gas Bumi dan LNG

Berdasarkan data Kementerian ESDM tahun 2016, total cadangan gas bumi Indonesia sebesar 144,06 TSCF, terdiri dari cadangan terbukti sebesar 101,22 TSCF dan cadangan potensial 42,84 TSCF. Lapangan gas Blok Masela (16,73 TSCF), Blok East Natuna (49,87 TSCF), dan IDD di Selat Makassar (2,66 TSCF) diharapkan dapat menjadi penopang produksi gas bumi nasional di masa depan.

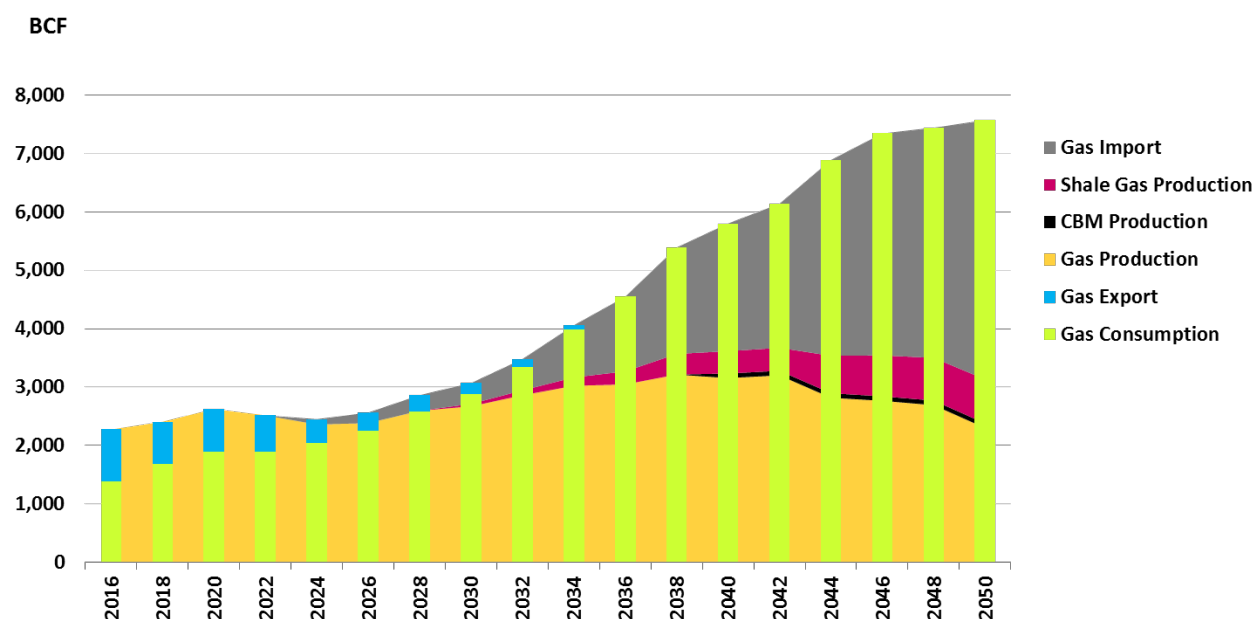
Proyeksi gas bumi ini mempertimbangkan 90% cadangan terbukti dan 50% cadangan potensial. Dalam jangka pendek diperkirakan produksi gas bumi tidak mengalami penurunan yang berarti dengan adanya tambahan pasokan dari lapangan Jangkrik, Tangguh Train 3, Blok A Aceh, serta Jambaran Tiung Biru. Selanjutnya, dalam jangka panjang, lapangan gas utama, yaitu blok Masela, IDD, dan East Natuna diharapkan dapat berproduksi sesuai rencana mulai tahun 2027. Pada tahun 2050 diperkirakan produksi gas bumi sekitar 2,3 TCF.

3.3.1 Natural Gas and LNG

Based on data from MEMR in 2016, Indonesia's total natural gas reserves amounted to 144.06 TSCF, consisting of proven reserves of 101.22 TSCF and a potential reserve of 42.84 TSCF. The Masela Block gas field (16.73 TSCF), East Natuna Block (49.87 TSCF), and IDD in the Makassar Strait (2.66 TSCF) are expected to be the mainstay of national gas production in the future.

This natural gas projection considers 90% of proven reserves and 50% of potential reserves. In short term, it is estimated that natural gas production will not experience a significant decline with an additional supply from the Jangkrik field, Tangguh Train 3, Block A Aceh, and Jambaran Tiung Biru. Furthermore, in the long run, the main gas fields, namely Masela, IDD and East Natuna blocks are expected to be able to produce starting in 2027. By 2050, it is estimated that natural gas production will reach 2.3 TCF.

Gambar 3.7 Neraca gas
Figure 3.7 Gas balance



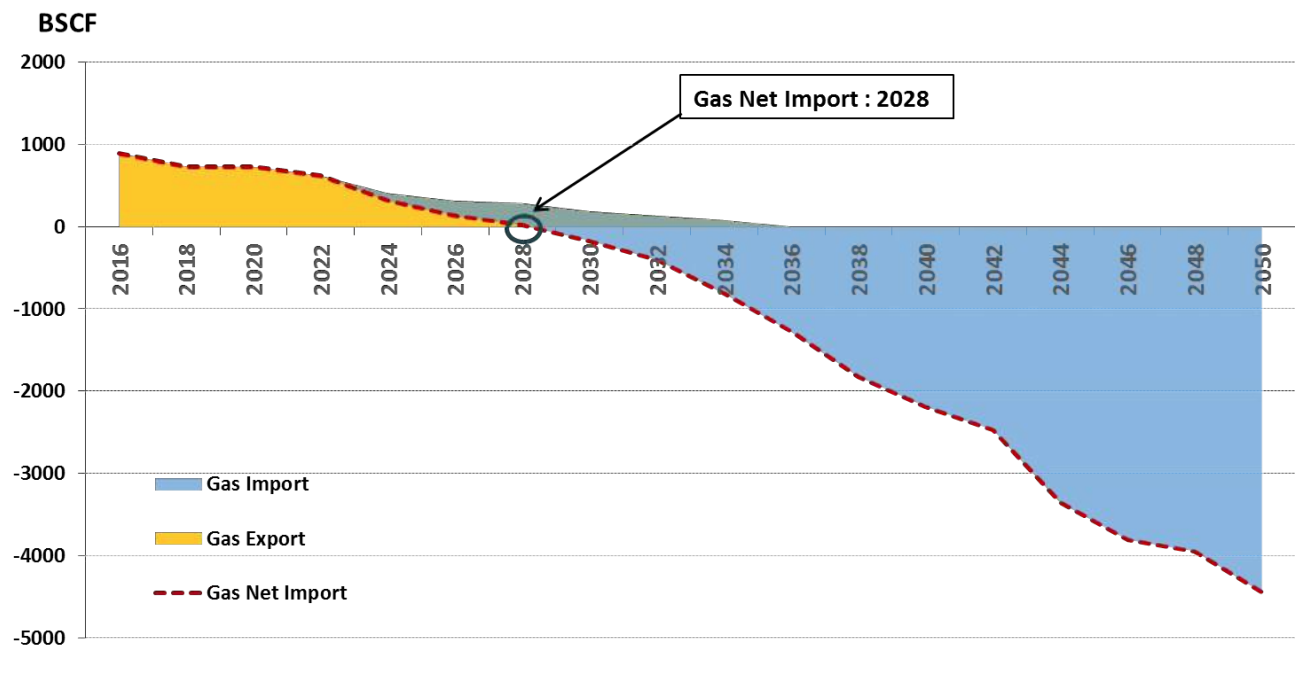
Berbeda dengan tahun 2000-an, saat ini penyediaan gas bumi untuk pasar domestik lebih besar dibandingkan untuk ekspor. Ekspor gas bumi diperkirakan terus menurun hingga berhenti pada tahun 2035, sehingga seluruh produksi gas bumi dapat digunakan untuk kebutuhan domestik. Namun demikian, produksi gas bumi belum mampu memenuhi kebutuhan gas nasional di masa mendatang. Untuk mengatasi kekurangan dalam penyediaan gas, perlu mempertimbangkan gas non konvensional dan mengimpor gas dalam bentuk LNG.

Gas metana batubara (CBM) merupakan salah satu sumber gas non-konvensional. Namun pengembangannya menghadapi banyak kendala teknis maupun finansial sehingga diperkirakan produksi CBM tidak akan besar. Sementara itu, *shale gas* memiliki prospektivitas lebih baik dibanding CBM, tetapi dalam pengembangannya diperlukan eksplorasi dan eksploitasi secara masif terutama di cekungan produktif untuk menekan biaya operasi. Produksi *shale gas* diperkirakan dimulai tahun 2030 dan akan meningkat hingga 754 BCF pada tahun 2050.

In contrast to the 2000s, the current supply of natural gas for domestic market is greater than for export. Natural gas export is expected to continue to decline until the end of 2035 so that all natural gas production can be used for domestic demand. However, natural gas production will not be able to meet national gas demand in the future. To overcome the shortage in gas supply, it is necessary to consider non-conventional gas and import gas in form of LNG.

Coal bed methane (CBM) is one source of unconventional gas. Its development faces many technical and financial constraints so that it is estimated that CBM production will not reach a significant amount. Meanwhile, shale gas has better prospect than CBM but, in its development, it needs massive exploration and exploitation especially in productive basins in order to reduce operating costs. Shale gas production is expected to start in 2030 and will increase to 754 BCF by 2050.

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



Selanjutnya, untuk memenuhi kebutuhan gas bumi diperlukan impor gas mulai tahun 2023 dan net importir gas diperkirakan terjadi pada tahun 2028. Pada tahun 2050 diperkirakan impor gas bumi akan mencapai 4.441 BCF. Impor yang terus meningkat menimbulkan konsekuensi perlunya dukungan infrastruktur terutama *Floating Storage Regasification Unit (FSRU)*.

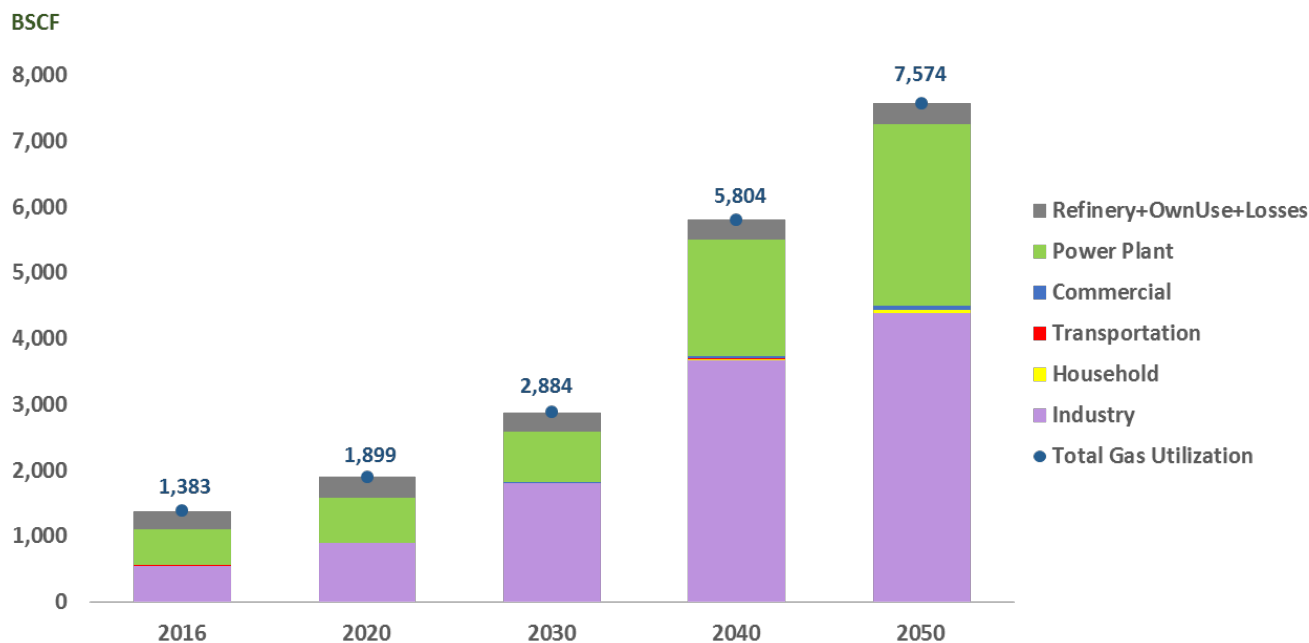
Penyediaan gas bumi domestik sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi final dan pembangkit listrik. Sisanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan kilang minyak dan LPG, *own use*, dan *losses*. Sektor industri merupakan sektor pemanfaat gas bumi terbanyak mencakup 90% terhadap kebutuhan gas bumi sebagai energi final, sisanya untuk sektor komersial, rumah tangga, dan transportasi. Penggunaan gas bumi di industri sebagian besar diperlukan sebagai bahan bakar dan sisanya untuk bahan baku industri pupuk.

Furthermore, to meet the natural gas demand, import are needed starting in 2023 and net gas import is estimated to occur in 2028. By 2050, it is estimated that natural gas import will reach 4,441 BCF. The increased import has consequences in an adequate infrastructure support especially the Floating Storage Regasification Unit (FSRU).

Domestic gas supply is mostly used to meet final energy demand and electricity generation. The rest is used to meet the demand of oil refineries and LPG, own use, and losses. The industrial sector is the largest natural gas user sector covering 90% of the demand for natural gas as final energy, the rest are for the commercial, household and transportation sectors. Natural gas in the industry is mostly used as fuel and the rest is for feedstock of fertilizer industry.

Gambar 3.9 Pemanfaatan gas

Figure 3.9 Gas utilization



Kebutuhan gas bumi sebagai energi final selama kurun waktu 2016-2050 diperkirakan tumbuh rata-rata 6,3% per tahun hingga mencapai hampir 8 kali lipat pada tahun 2050. Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah yang mendorong pemanfaatan gas bumi khususnya untuk sektor produktif karena dinilai lebih efisien. Sementara itu, pemanfaatan gas bumi untuk sektor konsumtif (rumah tangga dan transportasi) juga terus didorong, namun porsinya masih sangat kecil karena kendala ketersediaan infrastruktur.

Pemanfaatan gas bumi untuk kegiatan transformasi energi didominasi oleh sektor pembangkit listrik. Gas bumi digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik beban dasar atau menengah maupun beban puncak. Kebutuhan gas bumi untuk pembangkit listrik diperkirakan terus meningkat dengan pertumbuhan 4,9% per tahun karena banyaknya Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) dalam program listrik 35.000 MW.

3.3.2 LPG

Sebagian besar penyediaan LPG tahun 2016 digunakan untuk memenuhi kebutuhan sektor rumah tangga (lebih dari 95%), sedangkan sisanya untuk sektor industri dan komersial. Pada tahun 2050 diperkirakan konsumsi LPG akan tetap didominasi oleh sektor rumah tangga dengan porsi yang lebih rendah (sekitar 89%), sedangkan sektor industri dan komersial masing-masing sebesar 4% dan 7%. Kebutuhan LPG diperkirakan akan meningkat hingga 2,7 kali lipat pada tahun 2050 atau 18,1 juta ton. Hanya sekitar sepertiga dari kebutuhan LPG tersebut yang mampu dipenuhi dari produksi dalam negeri, sehingga pasokan LPG impor tidak dapat dihindari.

Saat ini, lebih dari separuh LPG yang diproduksi di Indonesia diperoleh dari kilang gas, sedangkan sisanya dari kilang minyak. Produksi LPG dari kilang minyak terkait dengan kapasitas kilang minyak yang ada, sehingga peningkatan produksi LPG akan seiring dengan peningkatan kapasitas kilang minyak di masa mendatang.

Sementara itu, LPG yang dihasilkan dari kilang gas terkait erat dengan jumlah gas bumi yang diproduksi dari lapangan gas. Produksi LPG dari kilang gas mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir dan diperkirakan terus menurun di masa mendatang. Kekhawatiran tersebut timbul sebagai akibat dari penurunan produksi bahan baku LPG, yaitu propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) dari lapangan gas di dalam negeri karena kandungan gas bumi umumnya metana (CH_4).

Natural gas demand as a final energy during the 2016-2050 periods is estimated to grow at an average of 6.3% per year to nearly eight times by 2050. This is in line with the Government policy that encourages the use of natural gas, especially for productive sectors as it is assessed to be more efficient. Meanwhile, the use of natural gas for consumptive sector (household and transportation) also continues to be encouraged, but the portion is still very small due to constraints on the infrastructure availability.

The use of natural gas for energy transformation activities is dominated by power generation sector. Natural gas is used as fuel for base or medium load power plants as well as peak load power plants. Natural gas demand for electricity generation is estimated to continue to increase with a growth of 4.9% per year due to the large number of Gas Power Plants (PLTG) and Steam Gas Power Plants (PLTGU) in the 35,000 MW electricity program.

3.3.2 LPG

Most of the LPG supply in 2016 was used to meet the household sector demand (more than 95%), while the rest is for industrial and commercial sectors. In 2050, it is estimated that LPG consumption will remain dominated by the household sector with a lower portion (around 89%), while the industrial and commercial sectors are 4% and 7% respectively. LPG demand is expected to increase by 2.7 times in 2050 or to reach 18.1 million tonnes. Only about one third of the LPG demand is able to be met from domestic production so import of LPG cannot be avoided.

At present, more than half of LPG produced in Indonesia is obtained from gas refineries, while the rest is from oil refineries. LPG production from oil refineries is connected to the capacity of existing oil refineries, so increasing LPG production will be in line with the increase in oil refinery capacity in the future.

Meanwhile, LPG produced from gas refineries is closely related to the amount of natural gas produced from the gas field. LPG production from gas refineries has decreased in recent years and is expected to continue to decline in the future. This concern arises as a result of a decrease in the production of LPG raw materials, namely propane (C_3H_8) and butane (C_4H_{10}) from the domestic gas field as the natural gas content is generally methane (CH_4).

Apabila produksi LPG dalam negeri tidak mampu mengimbangi peningkatan kebutuhan LPG di masa mendatang, maka rasio impor diperkirakan akan terus meningkat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu mengurangi ketergantungan LPG dengan bahan bakar gas atau listrik.

Saat ini, pemerintah melalui program Jargas telah mendorong penggunaan gas alam dengan membangun jaringan pipa untuk rumah tangga. Program tersebut sudah dipertimbangkan dalam menyusun proyeksi ini namun masih belum signifikan mengurangi penggunaan LPG. Dibandingkan dengan kebutuhan LPG, pemanfaatan gas alam di rumah tangga masih di bawah 5%.

Alternatif lain adalah dengan melakukan substitusi LPG dengan listrik, khususnya untuk rumah tangga mampu dengan menggunakan kompor induksi. Rumah tangga yang menjadi target adalah rumah tangga dengan daya listrik terpasang 2.200 VA ke atas karena kompor induksi mengkonsumsi daya listrik yang besar. Apabila substitusi ini dapat diimplementasikan maka diperkirakan pada tahun 2050, LPG yang dapat dihemat sebanyak 2,7 juta ton atau 15% dari total konsumsi LPG semula. Sementara itu, total impor LPG yang dapat dihemat sebesar 22% dari impor semula. Bila harga LPG sebesar USD 500 per MT, maka cadangan devisa yang dapat dihemat sebesar 1,35 milyar USD.

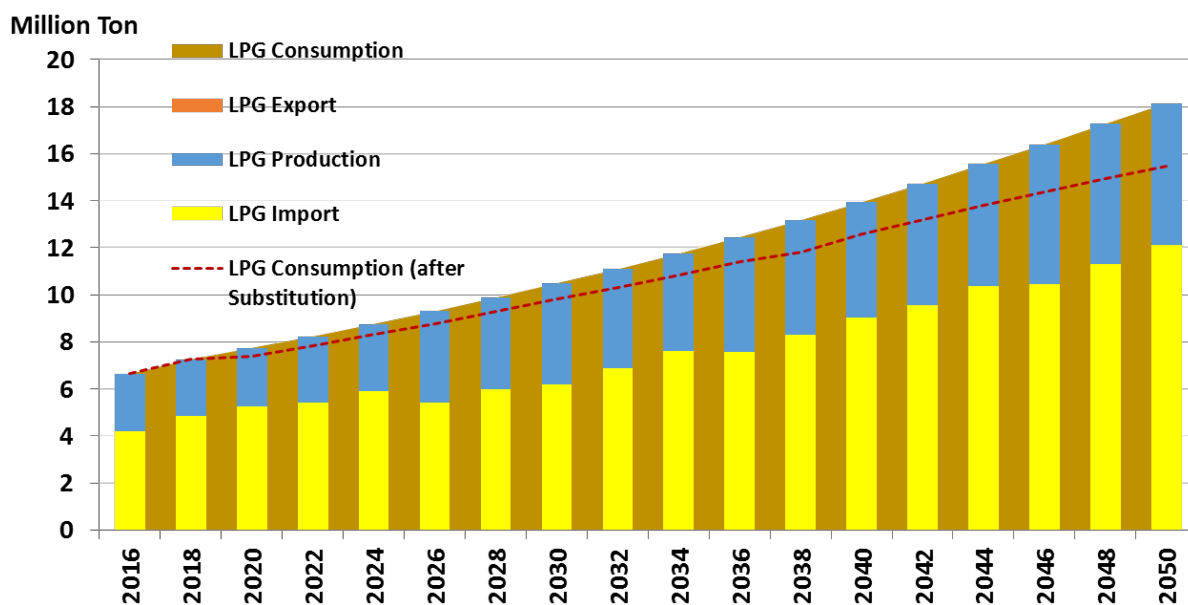
If domestic LPG production is not able to keep up with the increasing demand in the future, the import ratio is expected to continue to increase. To overcome these problems, it is necessary to reduce the dependence of LPG with gas or electricity.

At present, the government through Jargas program has encouraged the use of natural gas by building pipelines for households. The program has been considered in this outlook but it still has not significantly reduced the use of LPG. Compared to LPG demand, natural gas utilization in households is still below 5%.

Another alternative is to substitute LPG with electricity, especially for households that can afford induction cookers. The target households are households with an installed electric power of 2,200 VA because the induction cooker consumes a large amount of electricity. If this substitution can be implemented, it is estimated that by 2050, 2.7 million tonnes of LPG can be reduced or 15% of the initial total LPG consumption. Meanwhile, the total import of LPG that can be cut is 22%. If the LPG price is 500 USD per MT, then the foreign exchange reserves that can be saved reach 1.35 billion USD.

Gambar 3.10 Neraca LPG

Figure 3.10 LPG balance



3.4 Batubara

Coal

3.4.1 Neraca Batubara

Produksi batubara nasional diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan penambahan kontrak batubara baru dan peningkatan kebutuhan batubara nasional. Peran batubara yang pada awalnya ditujukan sebagai komoditi ekspor, pada akhirnya mayoritas akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Hal ini disebabkan karena batubara masih merupakan jenis bahan bakar fosil yang murah dan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan PLTU sebagai beban dasar dan kebutuhan beberapa industri, seperti semen, tekstil, baja, dan lainnya.

Pergeseran peran batubara sebagai komoditi ekspor ke pasokan bahan bakar fosil domestik menyebabkan peran ekspor terhadap total produksi batubara terus menurun dari 79% pada tahun 2016 menjadi 9% tahun 2050. Sebaliknya, peran batubara sebagai pasokan bahan bakar domestik akan meningkat menjadi 93% pada tahun 2050. Kebutuhan batubara tersebut sebagian kecil juga dipenuhi dari batubara impor. Impor batubara diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri tertentu di dalam negeri yang diproyeksikan meningkat dari 4 juta ton pada tahun 2016 menjadi 11 juta ton atau 2% pada tahun 2050.

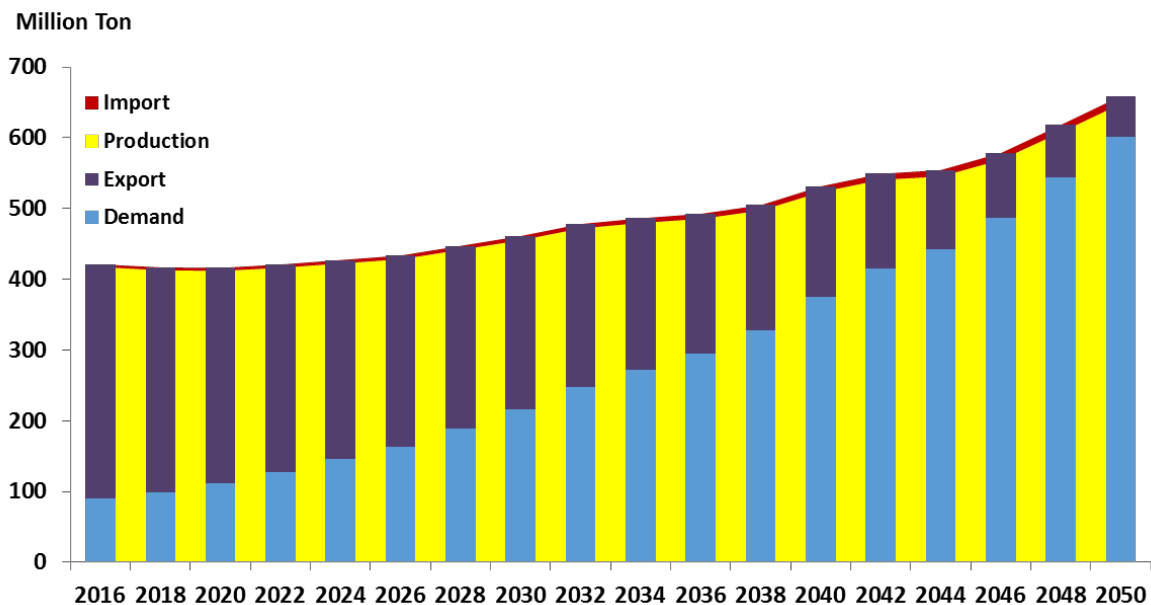
3.4.1 Coal Balance

National coal production is expected to continue to increase along with the addition of new coal contracts and the increase of national coal demand. The role of coal which was originally intended as an export commodity will shift to meet domestic demand. This is because coal as a cheap type fuel is used to meet the coal-fired power plant (PLTU) demand as a base load power plant and the demand of several industries, such as cement, textiles, steel, and others.

The role shift of coal as an export commodity to domestic fossil fuels supply causes the role of exports to total coal production to continue to decline from 79% in 2016 to 9% in 2050. Conversely, the role of coal as domestic fuel supply will increase to 93% in 2050. The small portion of coal demand will also be fulfilled with import. Coal import that is needed to meet the demand of certain domestic industries are projected to increase from 4 million tonnes in 2016 to 11 million tonnes or 2% in 2050.

Gambar 3.11 Neraca batubara

Figure 3.11 Coal balance



3.4.2 Pemanfaatan Batubara

Produksi batubara nasional yang terus meningkat mencapai 648 juta ton pada tahun 2050 jelas akan menguras cadangan batubara nasional, terutama batubara yang banyak dibutuhkan, yaitu batubara dengan kandungan kalori di atas 5.100 kkal/kg. Berdasarkan data cadangan batubara per 1 Januari 2016, jumlah cadangan terbukti batubara kualitas sedang ke atas (> 5.100 kkal/kg) mencapai 9,9 miliar ton, sedangkan total cadangan batubaranya mencapai 14,3 miliar ton. Jenis batubara kualitas sedang ke atas banyak dibutuhkan pembangkit listrik dan industri.

Untuk itu, jika tidak ditemukan cadangan batubara baru, maka cadangan terbukti batubara kualitas sedang ke atas diproyeksikan akan habis pada tahun 2038, dan total cadangan batubara kualitas sedang ke atas akan habis pada tahun 2048. Kondisi ini perlu mendapat perhatian dari pemerintah dengan menggalakkan eksplorasi batubara, mendorong penggunaan batubara kualitas rendah (< 5.100 kkal/kg) sebagai bahan bakar PLTU batubara di mulut tambang, meningkatkan penggunaan teknologi efisien, dan mendorong pemanfaatan *coal upgrading*.

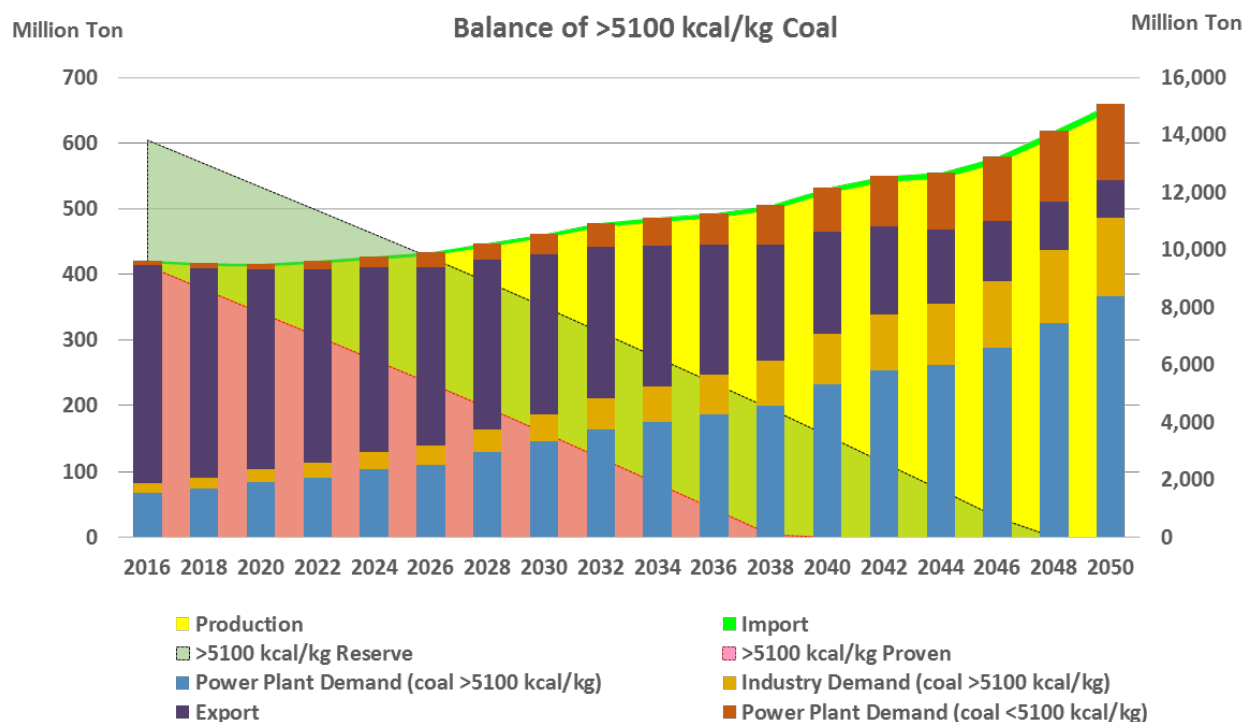
3.4.2 Coal Utilization

National coal production continues to grow to 648 million tonnes by 2050 and will certainly deplete the national coal reserves, especially the much-needed coal, which is coal with a calorie content of over 5,100 kcal / kg. Based on data of coal reserves as of January 1, 2016, the proven reserves of medium quality coal (> 5,100 kcal/kg) reached 9.9 billion tonnes, while total coal reserves reached 14.3 billion tonnes. The type of high quality coal to the top of the required power plants and industries.

For that reason, if no new coal reserves are found, then the proven reserves of medium to high quality coal are projected to be exhausted by 2038, and the total reserves of medium to high quality coal will be exhausted by 2048. This condition needs attention from the Government with promoting coal exploration, encouraging the use of low quality coal (<5,100 kcal / kg) as a coal-fired power plant in mine mouth, increasing the use of efficient technology, and encouraging the utilization of coal upgrading.

Gambar 3.12 Pemanfaatan batubara

Figure 3.12 Coal utilization



3.5 Energi Baru dan Terbarukan

New and Renewable Energy

Sumber daya dan cadangan energi baru terbarukan di Indonesia cukup besar, namun pengembangannya belum optimal. Kesenjangan geografis antara lokasi pasokan energi dan permintaan serta investasi teknologinya yang tinggi merupakan tantangan bagi pemerintah untuk mengembangkan teknologi berbasis EBT. Selain itu, perlu dukungan pemerintah untuk menetapkan regulasi yang dapat memicu penerapan teknologi EBT, baik di sektor ketenagalistrikan maupun sebagai bahan bakar.

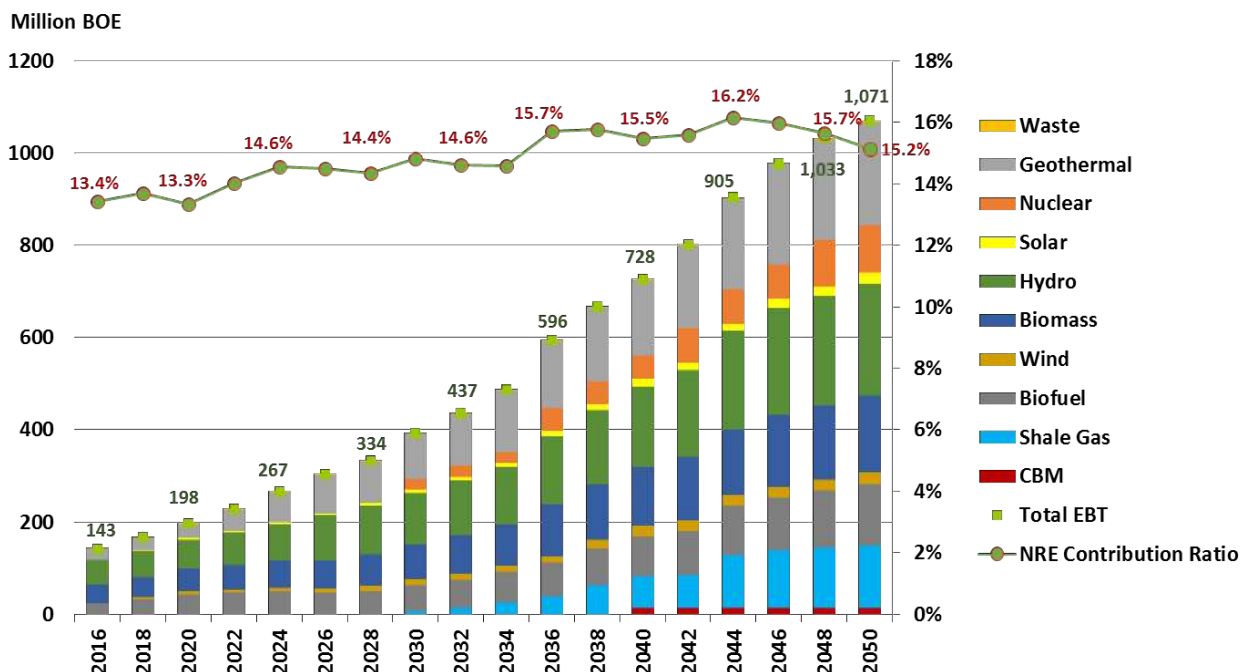
Saat ini, pemanfaatan EBT masih didominasi oleh tenaga air, dalam bentuk PLTA. Kemudian diikuti oleh biomassa, panas bumi, dan biodiesel. Tenaga surya belum bisa berkembang optimal, selain masalah operasional sistem PLTS juga masih terbentur dengan besarnya investasi penyimpanan energi dalam bentuk baterai. PLT Bayu sulit berkembang di Indonesia mengingat untuk wilayah khatulistiwa potensi angin tidak stabil. Perkembangan gas metana batubara (CBM) di Indonesia juga masih terkendala biaya, teknologi dan perijinan. Teknologi shale gas diharapkan lebih cepat berkembang dari CBM karena lapisan shale gas lebih mudah dieksplorasi terutama dengan pengembangan

Resources and reserves of new and renewable energy (NRE) in Indonesia are quite large but the development has not been optimal. The geographical gap between location of energy supply and the high technology demand and investment are challenges for the Government to develop NRE-based technology. In addition, government support is needed to establish regulations that can trigger the adoption of NRE technology, both in the electricity sector and as fuel.

At present, the use of NRE is still dominated by hydropower then followed by biomass, geothermal, and biodiesel. Solar power has not been able to develop optimally. In addition to the operational problems of the PV system, it is still interfered with the high amount investment in batteries. Wind power plant is difficult to develop in Indonesia considering the instability of wind potential in equatorial region. The development of coal bed methane (CBM) gas in Indonesia is also still constrained by costs, technology and licensing. Shale gas technology is expected to develop faster than CBM because the shale gas layer is more easily explored, especially with the development of new technologies in the

Gambar 3.13 Penyediaan EBT dan rasio kontribusi EBT

Figure 3.13 NRE supply and their contribution ratio



teknologi baru berupa pengeboran horizontal dan *hydraulic fracturing*. Biodiesel tidak akan terserap optimal apabila harga minyak solar lebih rendah dari biodiesel. Selain itu, spesifikasi kendaraan di Indonesia saat ini sulit untuk mengkonsumsi B-20 karena akan meningkatkan biaya operasi kendaraan. Namun, peningkatan penggunaan biodiesel akan mengurangi impor minyak solar sekaligus menghemat devisa negara. Untuk itu, pemerintah perlu membuat formula dan kebijakan yang tidak membebani pengguna biodiesel dan produsen otomotif. Mengingat semua permasalahan tersebut, maka pemerintah perlu mengkaji lebih dalam terhadap masing-masing jenis teknologi berbasis EBT mengenai kendala yang dihadapi serta mencari solusi yang tepat untuk dapat diterapkan secara nasional.

Masuknya potensi nuklir sebagai substitusi energi listrik fosil akan memperkaya energi baru terbarukan. Penggunaan biomassa yang dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar, maupun tidak langsung yang merupakan hasil fermentasi berupa biogas, berkembang dengan pesat. Selama kurun waktu 34 tahun, EBT tumbuh dengan laju pertumbuhan sebesar 6,1% per tahun yang didominasi oleh hidro, panas bumi, BBN, biomassa, dan *shale gas*.

form of horizontal drilling and hydraulic fracturing. Biodiesel will not be absorbed optimally if the price is higher than diesel oil. In addition, the current vehicle specifications in Indonesia are difficult to use B-20 because it will increase vehicle operating costs. However, increased use of biodiesel will reduce the import of diesel oil and saving the country's foreign exchange. For this reason, the Government needs to create formulas and policies that do not burden biodiesel users and automotive manufacturers. Given all these problems, the Government needs to deeply assess each type of NRE-based technology regarding the constraints in order to find the right solution to be applied nationally.

The introduction of nuclear as a substitute for fossil in power generating sector will enrich the new and renewable energy. The use of biomass, which can be used directly as a fuel or indirectly as the result of fermentation in the form of biogas, is growing rapidly. Over the period of 34 years, NRE will grow at a growth rate of 6.1% per year that is dominated by hydro, geothermal, biofuels, biomass, and shale gas.

3.6 Energi Primer

Primary Energy

3.6.1 Penyediaan Energi Primer

Energi primer Indonesia didominasi oleh energi fosil yang terdiri minyak bumi, batubara, dan gas bumi. Pasokan energi fosil dipenuhi dari sumber daya alam nasional yang jumlahnya kian terbatas serta dari impor. Saat ini, impor minyak bumi sudah menjadi prioritas utama dalam memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri. Demikian juga dengan gas bumi, dengan peningkatan pemanfaatan gas bumi akan membuka peluang impor LNG. Pembangkit listrik berbasis batubara mendominasi pemenuhan kebutuhan listrik nasional, oleh karenanya cadangan batubara terus tergerus. Untuk menjaga keseimbangan pasokan energi, perlu meningkatkan peran EBT dalam memenuhi kebutuhan energi domestik.

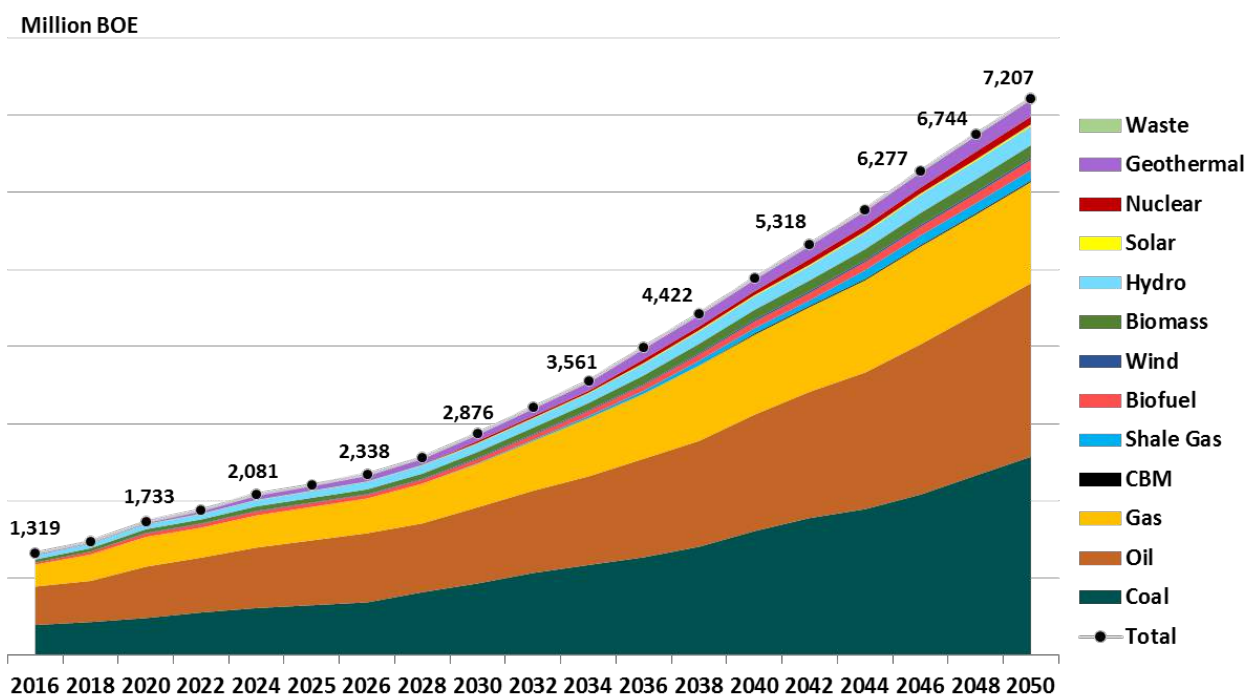
Pada tahun 2050, peranan minyak bumi masih cukup tinggi karena bahan bakar untuk transportasi masih sangat

3.6.1 Primary Energy Supply

Indonesia's primary energy is dominated by fossil energy that consists of oil, coal, and natural gas. The supply of fossil energy is fulfilled from national resources whose numbers are increasingly limited and from imports. At present, oil import has become a top priority in meeting domestic oil fuels demand. Likewise, an increase in natural gas utilization will open up opportunities for LNG import. Coal-based electricity generation dominates the fulfillment of national electricity demand. Therefore, coal reserves continue to be eroded. To maintain the balance of energy supply, it is necessary to increase the role of NRE in meeting domestic energy demand.

In 2050, the role of oil will quite high because transportation sector is still very dependent on oil fuels. It is expected

Gambar 3.14 Penyediaan energi primer
Figure 3.14 Primary energy supply



tergantung pada BBM. Diharapkan akan segera muncul inovasi teknologi transportasi berbasis listrik dan gas yang lebih efisien sehingga mampu menggantikan peranan BBM pada teknologi transportasi. Peranan batubara masih terus mendominasi bahan bakar pembangkit terutama batubara dengan nilai kalor sedang hingga tinggi. Pemanfaatan gas juga terus meningkat seiring dengan pemanfaatannya di sektor pembangkit listrik dan industri. Diperkirakan akan dikembangkan penggunaan gas non konvensional berupa shale gas dan gas metana batubara (CBM), namun karena keterbatasan cadangan gas maka impor gas tidak bisa dihindari. Impor gas (LNG) akan meningkatkan bauran gas dalam energi primer.

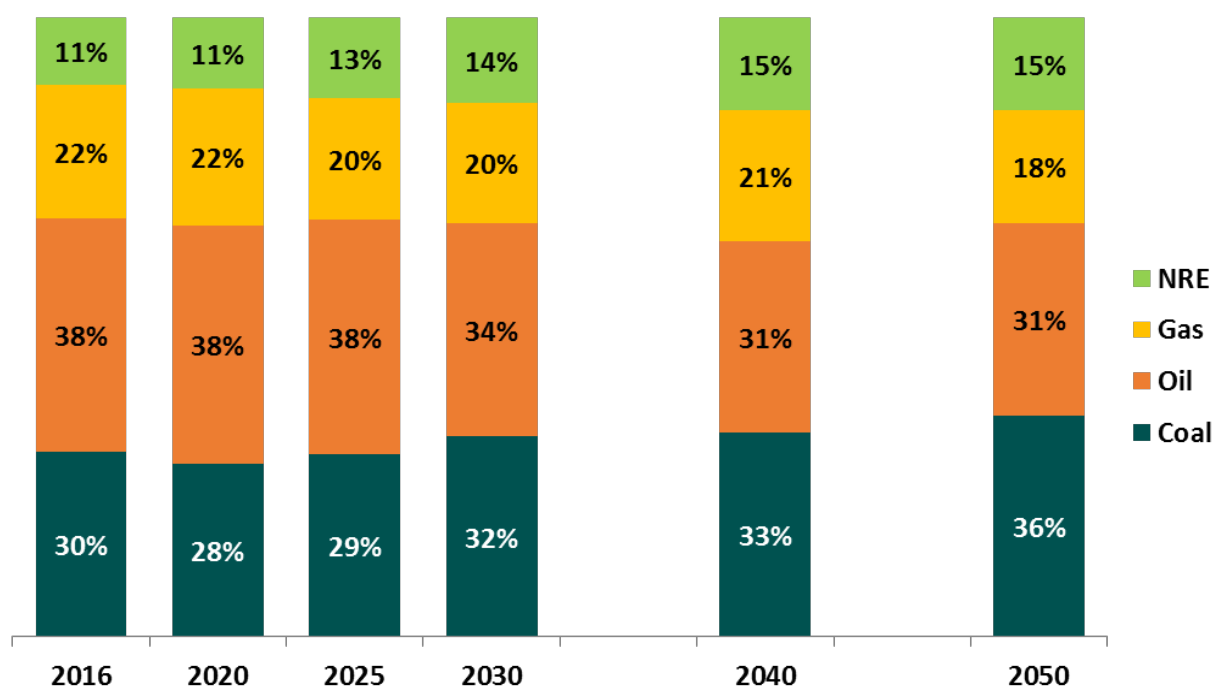
Pemanfaatan EBT terus meningkat dengan jenis energi yang cukup beragam, namun secara nasional perkembangannya belum mampu bersaing dengan energi fosil. Target penggunaan EBT yang dicanangkan oleh pemerintah sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 akan sulit dicapai. Kendala dalam penerapan energi berbasis EBT berupa rendahnya efisiensi, tingginya investasi, dan lokasi sumber daya yang beragam menjadi penyebab belum optimalnya perkembangan EBT. Pada kajian ini, peranan EBT hanya mencapai 12,9% pada tahun 2025 dan 14,9% pada tahun 2050. Secara keseluruhan energi primer nasional akan meningkat dengan laju perkembangan rata-rata sebesar 4,6% per tahun.

that innovations in the more efficient electricity and gas-based transportation technology will soon emerge so that they can replace the role of oil fuels. The role of coal will continue to dominate power plant fuels, especially coal with medium to high calorific values. Gas utilization also continues to increase along with its utilization in the power generation and industrial sectors. It is estimated that the use of non-conventional gas in form of shale gas and methane gas (CBM) is expected to grow but, due to the limited gas reserves, gas import cannot be avoided. The import of gas (LNG) will increase the gas mix in primary energy.

The use of NRE continues to increase with quite diverse types of energy but nationally its development has not been able to compete with fossil energy. Target for NRE usage set by the Government at 23% in 2025 and 31% in 2050 will be difficult to achieve. Constraints in the application of NRE-based energy in form of low efficiency, high investment, and diverse location of resources are the causes of the non-optimal development of NRE. In this study, the role of NRE will only reach 12.9% in 2025 and 14.9% in 2050. Overall, national primary energy will increase at an average rate of 4.6% per year.

Gambar 3.15 Bauran energi primer

Figure 3.15 Primary energy mix



3.6.2 Rasio Impor Energi

Cadangan energi fosil yang terbatas dan dengan kebutuhan energi yang terus meningkat pesat akan mendorong impor energi. Indonesia pernah menjadi negara pengeksport minyak bumi, namun sejak 2004 sudah beralih menjadi pengimpor minyak bumi dan BBM. Saat ini Indonesia masih menjadi negara pengeksport gas bumi dan batubara, namun dengan cadangannya yang terus terkuras, peluang impor gas bumi akan segera terjadi.

Saat ini, pangsa impor didominasi oleh impor minyak mentah dan BBM yang sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan BBM di sektor transportasi. Penambahan 4 unit kilang dengan kapasitas masing-masing 300 MBGD dalam BPPT-OEI 2018 jelas akan mendorong peningkatan impor minyak mentah sebagai intake kilang minyak. Meskipun demikian, produksi BBM hasil kilang minyak nasional masih belum mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga impor BBM masih tetap meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 6,3% per tahun.

Impor gas bumi dalam bentuk LNG juga tidak dapat dihindari. Impor gas bumi akan dibuka sekitar tahun 2024 dan jumlahnya terus meningkat pesat. Untuk memenuhi kebutuhan LPG di rumah tangga maka sekitar 63,5% dari kebutuhan LPG sudah merupakan komoditi impor. Jumlah

3.6.2 Energy Import Ratio

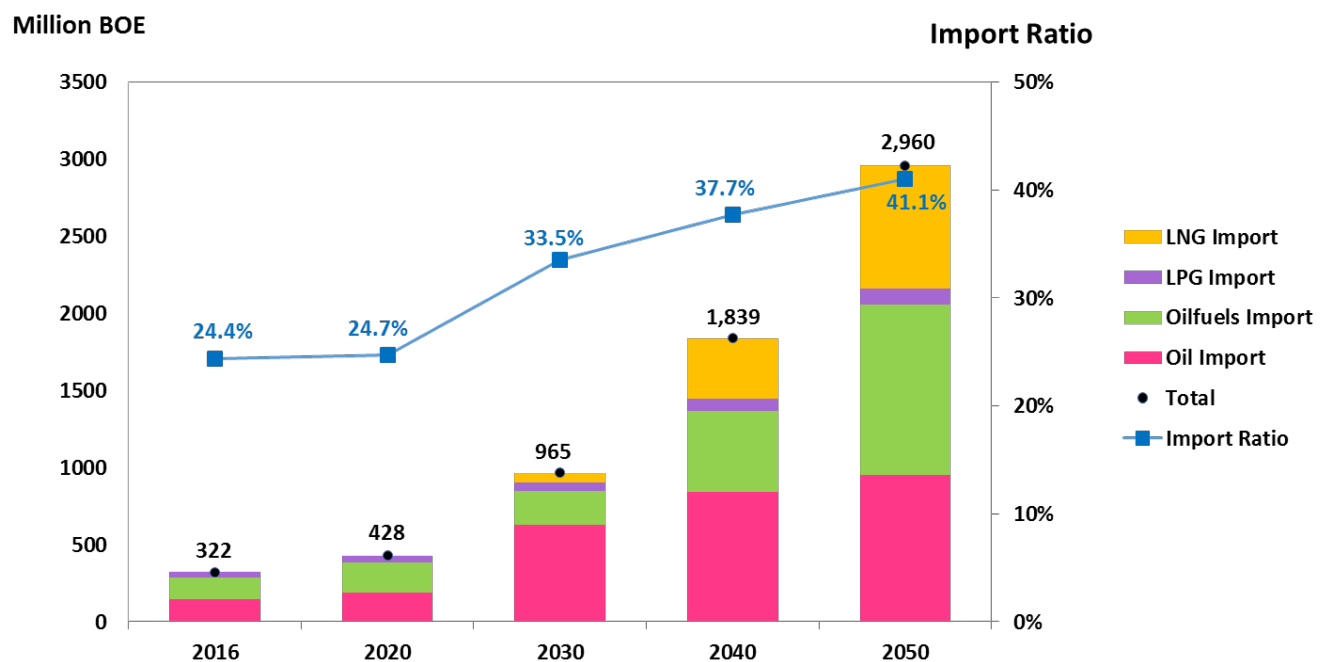
Limited reserves of fossil energy and the ever-increasing energy demand will drive the energy imports. Indonesia was once an oil exporting country but, since 2004, it has turned into an crude oil and oil fuels importer. At present, Indonesia is still a natural gas and coal exporting country but, with its reserves being depleted, the moment for natural gas imports is only a matter of time.

At present, the share of imports is dominated by imports of crude oil and oil fuels which are mostly used to meet demand of transportation sector. The addition of 4 refinery units with each capacity of 300 MBGD in BPPT-OEI 2018 will obviously encourage an increase in crude oil imports as oil refinery intake. Nonetheless, the production oil fuels from national refineries is still unable to meet domestic demand, so that oil fuels imports will continue to increase at an average growth rate of 6.3% per year.

Import of natural gas in the form of LNG is also unavoidable. Import of natural gas will open around 2024 and the number will continue to increase rapidly. To meet the demand in household sector, around 63.5% of the LPG demand is met by import. The amount of LPG import continues to increase

Gambar 3.16 Rasio Impor energi

Figure 3.16 Energy import ratio



impur LPG terus bertambah karena produk LPG dari hasil kilang tidak mampu memenuhi kebutuhannya. Secara total, impor energi nasional akan meningkat dengan laju pertumbuhan 6,7% per tahun dengan pangsa lebih dari 40% terhadap total pasokan energi primer pada tahun 2050.

3.6.3 Neraca Energi Primer

Kesetimbangan sistem energi dari suatu negara yang memberikan informasi mengenai pemenuhan kebutuhan energi baik berupa produksi energi dari dalam dan luar negeri disebut dengan neraca energi. Di awal tahun kajian, produksi energi fosil mendominasi pemenuhan kebutuhan domestik dan ekspor dengan pangsa sebesar 77%. Produksi energi fosil dapat memenuhi kebutuhan domestik hingga tahun 2026, kemudian pasokan EBT dapat meneruskannya hingga tahun 2031. Namun sejak tahun 2032 jumlah impor energi sudah lebih banyak daripada produk energi domestik, sehingga Indonesia akan menjadi net importir energi sejak tahun 2032.

Terjadinya net importir energi menunjukkan bahwa negara tersebut rentan terhadap krisis energi, sehingga gangguan impor energi akan mengakibatkan terjadinya kekurangan pasokan energi dalam negeri. Hal ini akan berdampak pada krisis ekonomi. Untuk mengatasi hal tersebut, Pemerintah

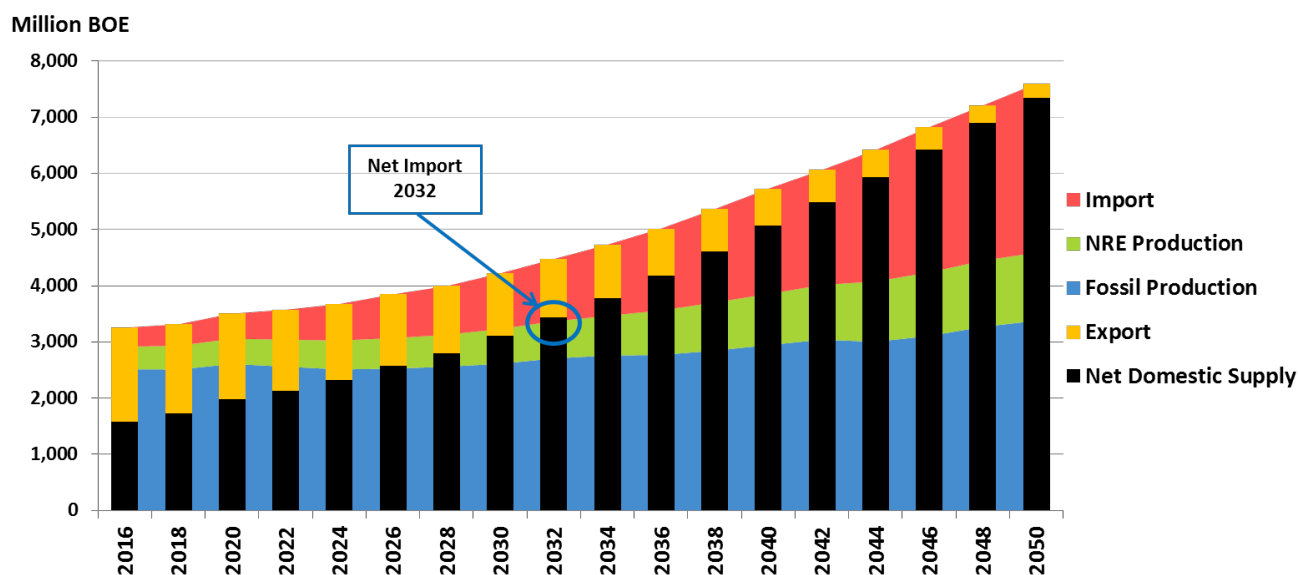
because LPG products from refineries are unable to meet the demand. In total, national energy imports will increase at a growth rate of 6.7% per year with a share of more than 40% of total primary energy supply by 2050.

3.6.3 Primary Energy Balance

Energy system equilibrium from a country that provides information about meeting energy demand by energy production either from within and outside the country is called energy balance. At the beginning of the study year, fossil energy production dominated the fulfillment of domestic and export demand with a share of 77%. Fossil energy production can meet domestic demand until 2026, then continued to be supported by the supply of NRE until 2031. Starting 2032, the amount of imported energy will be higher than domestic energy products, thus Indonesia will become a net importer of energy.

The occurrence of net energy importer indicates that the country is vulnerable to energy crises so that disruptions in energy imports will result in a shortage of domestic energy supply. This will have an impact of economic crisis. To overcome this, the Government of Indonesia needs to

Gambar 3.17 Neraca energi primer
Figure 3.17 Primary energy balance



Indonesia perlu melakukan penambahan eksplorasi energi fosil, pemanfaatan energi baru terbarukan secara masif, pengurangan penggunaan energi fosil seperti BBM, serta melakukan penghematan pemanfaatan energi dengan melakukan konservasi energi terutama di sektor pengguna energi. Masyarakat perlu diinformasikan bahwa sumber daya energi nasional sudah terbatas dan perlu diajak untuk menghemat penggunaannya. Program subsidi energi seyogyanya secara bertahap terus dikurangi dan pelaksanaannya perlu semakin diperketat agar lebih tepat sasaran, serta adanya legislasi tentang subsidi energi bagi masyarakat tidak mampu perlu direvisi atau ditinjau ulang. Berbagai kontrak ekspor energi jangka panjang jika telah habis masanya tidak perlu diperpanjang lagi. Tidak kalah pentingnya, PT. Pertamina (Persero) sebagai perusahaan negara di bidang minyak dan gas bumi perlu didorong, diberi kesempatan, dan difasilitasi untuk terus mengembangkan bidang usahanya di ladang-ladang migas di luar negeri guna menjamin ketersediaan migas domestik.

intensified fossil energy exploration, encourage massive use of new renewable energy, reduce fossil energy use such as oil fuels, and save energy consumption by energy conservation, especially in energy user sector. Communities oblige to be informed that national energy resources are limited and need to be advocated to save their energy use. The energy subsidy program should be gradually reduced and its implementation needs to be tightened in order to be right on target, and legislation on energy subsidies for the poor can be revised or reviewed. Various long-term energy export contracts, when they expired, should not be extended. Equally important, PT. Pertamina (Persero), as a state company in the field of oil and gas, needs to be encouraged, given the opportunity, and facilitated to continue to develop its business in oil and gas fields abroad to ensure the availability of domestic oil and gas supply.

4

Ketenagalistrikan *Electricity*

4.1 Produksi dan Kebutuhan Listrik

Production and Demand of Electricity

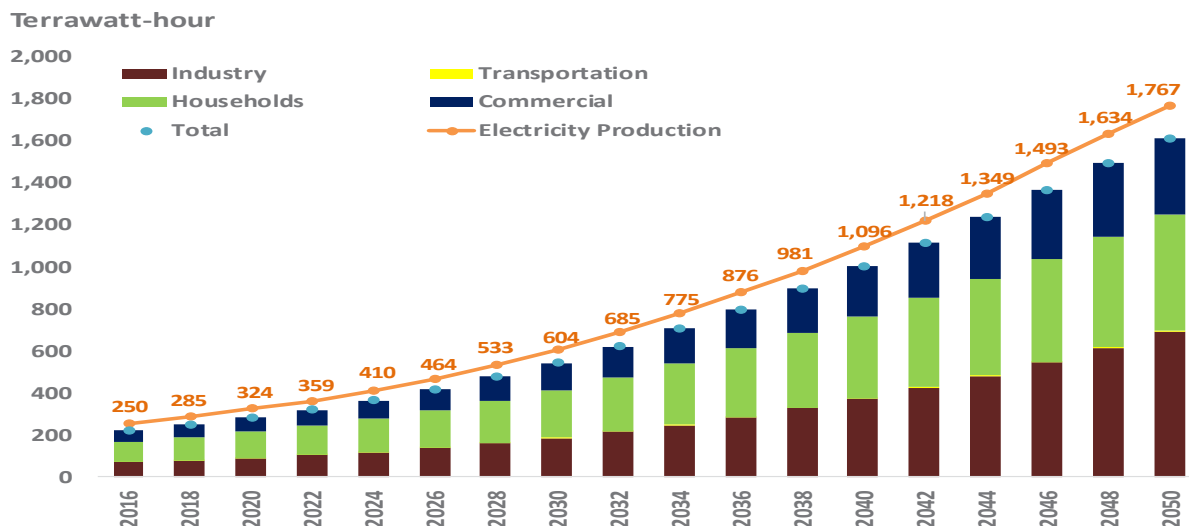
Sejalan dengan asumsi pertumbuhan ekonomi dan penduduk, serta peningkatan target rasio elektrifikasi menjadi 100% pada tahun 2025, kebutuhan listrik diproyeksikan meningkat lebih dari 7 kali lipat menjadi 1.611 TWh pada tahun 2050. Adapun produksi listrik tumbuh rata-rata sebesar 6%, per tahun dari 250 TWh menjadi 1.767 TWh. Selisih antara produksi dan kebutuhan listrik merupakan *losses dan own-use* selama transmisi/distribusi, sedangkan pertumbuhan listrik yang lebih rendah karena adanya perbaikan efisiensi teknologi penyaluran listrik ke konsumen.

Peningkatan kebutuhan listrik menjadikan kebutuhan listrik per kapita mencapai 4.902 kWh pada tahun 2050, naik hampir 6 kali lipat dibanding 2016 (846 kWh/kapita). Kebutuhan listrik per kapita tersebut lebih rendah dari target KEN (PP 79/2014) karena adanya perbedaan asumsi makro dan asumsi teknis ketenagalistrikan.

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 7 times to 1,611 TWh by 2050. As for electricity production, it grows at an average of 6%, annually from 250 TWh to 1,767 TWh. The difference between production and electricity demand is due to losses and own-use during transmission / distribution, while electricity growth is lower due to improvements in the efficiency of electricity distribution technology to consumers.

The increase in electricity demand leads electricity demand per capita to reach 4,902 kWh in 2050, grow almost 6 times compared to 2016 (846 kWh / capita). The electricity per capita is lower than KEN target (PP 79/2014) due to differences in macro assumptions and electricity technical assumptions.

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



Selama 34 tahun ke depan terjadi pergeseran dominansi kebutuhan listrik, dari sektor rumah tangga ke sektor industri. Hal ini terjadi karena penggunaan listrik semakin efisien seiring dengan ketersediaan teknologi peralatan listrik rumah tangga yang semakin kompetitif. Sebaliknya, listrik didorong untuk memenuhi keperluan produktif sektor industri, seperti industri tekstil, kertas, pupuk, logam dasar besi, baja, dan lainnya.

In the next 34 years, there will be a shift in the dominance of electricity demand, from household to industrial sector. This happens because electricity usage will be more efficient along with the competitiveness of household electrical equipment technology. In contrast, electricity is encouraged to meet the productive demand of industrial sector, such as the textile, paper, fertilizer, iron, steel and others.

4.2 Kapasitas Pembangkit Listrik

Power Plant Capacity

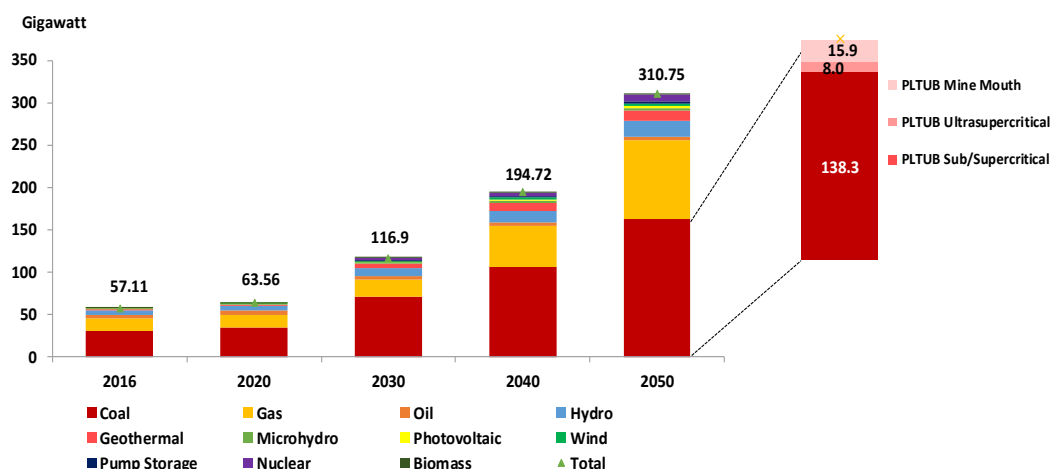
Kapasitas pembangkit listrik nasional (PLN dan non PLN) pada tahun 2016 mencapai 57,1 GW, dengan pangsa terbesar PLTU batubara sebesar 54% (30,8 GW). Adapun kapasitas pembangkit berbasis EBT, seperti PLTM, PLTA, PLTP, PLTS, PLTB, dan *pump storage* adalah sebesar 6,9 GW atau sekitar 12%. Sisanya merupakan pembangkit berbahan bakar gas dan BBM.

Pemanfaatan PLTUB mulut tambang diprediksi mulai beroperasi tahun 2022 sebesar 2 GW, dan meningkat menjadi 16 GW tahun 2050. Khusus PLTUB ultra supercritical diprediksi masuk ke sistem Jawa Bali tahun 2024, kemudian meningkat lebih dari empat kali lipat pada akhir periode studi. Pada tahun 2025, pembangkit berbahan bakar batubara diperkirakan masih tetap mendominasi dengan pangsa mencapai 58% atau sekitar 50 GW. Adapun peranan pembangkit EBT meningkat signifikan mencapai 15 GW (18%). Kecenderungan kenaikan kontribusi pembangkit EBT terus berlanjut hingga tahun 2050, bahkan diperkirakan akan meningkat hingga lebih dari 7 kali, dari 6,9 GW (2016) menjadi 50 GW (2050). Adapun peranan pembangkit batubara, gas, serta minyak masing-masing adalah sebesar 52% (162 GW), 31% (95 GW), dan 1% (3,6 GW).

National power plant capacity (PLN and non-PLN) in 2016 reached 57.1 GW, with the largest share of coal-fired power plants by 54% (30.8 GW). As for NRE-based power plant capacity, such as micro/mini-hydro pp, hydro pp, geothermal pp, solar pp, wind pp, and pump storage was 6.9 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 2022 at 2 GW and will increase to 16 GW in 2050. Specifically for ultra-supercritical coal-fired pp, it is predicted to enter the Java-Bali system in 2024 and to be more than quadrupled at the end of study period. In 2025, coal-fired pp is estimated to still dominate with a 58% share or around 50 GW. The role of NRE pp will increase significantly to 15 GW (18%). The growth trend in NRE pp contribution will continue until 2050, and is expected to increase more than 7 times, from 6.9 GW (2016) to 50 GW (2050). Nuclear power plants as one of NRE pp is expected to be introduced in Java-Bali system in 2030 by 2 GW and will increase to 8 GW by 2050. The role of coal, gas and oil pp is respectively 52% (162 GW), 31% (95 GW), and 1% (3.6 GW).

Gambar 4.2 Kapasitas pembangkit listrik
Figure 4.2 Power plant capacity



Program 35 GW 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 GW diluncurkan, pertumbuhan ekonomi diharapkan mencapai rata-rata 6,8% per tahun. Namun, realisasi pertumbuhan ekonomi tidak sesuai dengan perkiraan awal. Pertumbuhan PDB pada tahun 2015, 2016, dan 2017 masing-masing hanya mencapai 4,88%, 5,02%, dan 5,07%. Dengan demikian, terjadinya pelambatan pertumbuhan ekonomi akan berpengaruh pada pencapaian target program 35 GW.

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 s.d. 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 beban, padahal PT PLN (persero) harus membeli produksi listrik pembangkit listrik IPP agar tidak dikenakan pinalti. Hal ini sudah barang tentu akan membuat beberapa pembangkit PLN tidak akan beroperasi pada kapasitas penuh.

Saat ini, pembangkit listrik yang sudah COD (*Commercial Operation Date*) baru beroperasi sekitar 4% ($\pm 1,5$ GW). Dengan kondisi itu, pelaksanaan program 35 GW diperkirakan baru akan tercapai pada tahun 2025-2026.

The 35 GW 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 GW 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 estimate. GDP growth in 2015, 2016 and 2017 only reached 4.88%, 5.02%, and 5.07%. Thus, the slowdown in economic growth will affect the achievement of the 35 GW 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 greater than 12 GW will overload 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 4% (± 1.5 GW). Under these conditions, implementation of the 35 GW program is expected to be achieved in 2025-2026.

4.3 Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit Listrik

Power Plant Fuel Demand

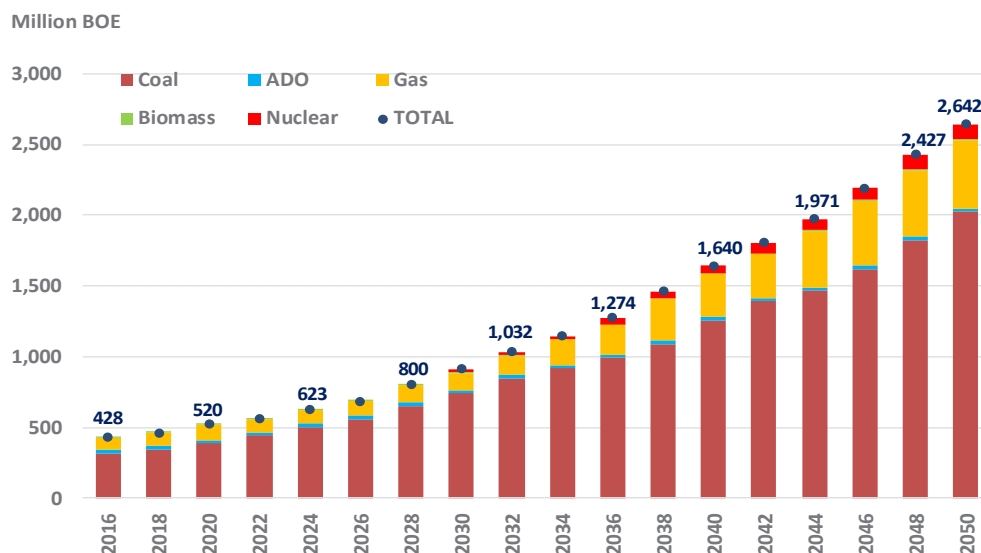
Pada tahun 2016, penggunaan batubara masih mendominasi sebagai bahan bakar pembangkit, yaitu sebesar 62% atau sekitar 75 juta ton (315 juta SBM). Untuk bahan bakar fosil lain, seperti gas dan minyak, masing-masing adalah 17% (87 juta SBM) dan 5% (25 juta SBM). Adapun sisanya sebesar 16% (77 juta SBM) diisi oleh bahan bakar yang berasal dari energi baru terbarukan, seperti panas bumi, air, matahari, angin, serta biomassa.

Selanjutnya, peranan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih tetap dominan dengan pangsa sebanyak 64% atau sekitar 482 juta ton (2025 juta SBM) pada tahun 2050. Sisanya diisi oleh gas (15%) dan EBT (20%). Pada tahun 2050 tersebut, pembangkit berbahan bakar nuklir diperkirakan sudah beroperasi dengan pangsa lebih dari 3% (102 juta SBM) terhadap total EBT.

In 2016, coal still dominated the power plant's fuel, which was 62% or around 75 million tonnes (315 million BOE). For other fossil fuels, such as gas and oil fuels, their share were 17% (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.

Furthermore, the role of coal as fuel for power plant will still dominant with a share of 64% or around 482 million tonnes (2025 million BOE) in 2050. The rest is filled by gas (15%) and NRE (20%). By 2050, nuclear pp is expected to operate with a share of more than 3% (102 million BOE) of total NRE.

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



4.4 Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik

Additional Capacity of Power Plant

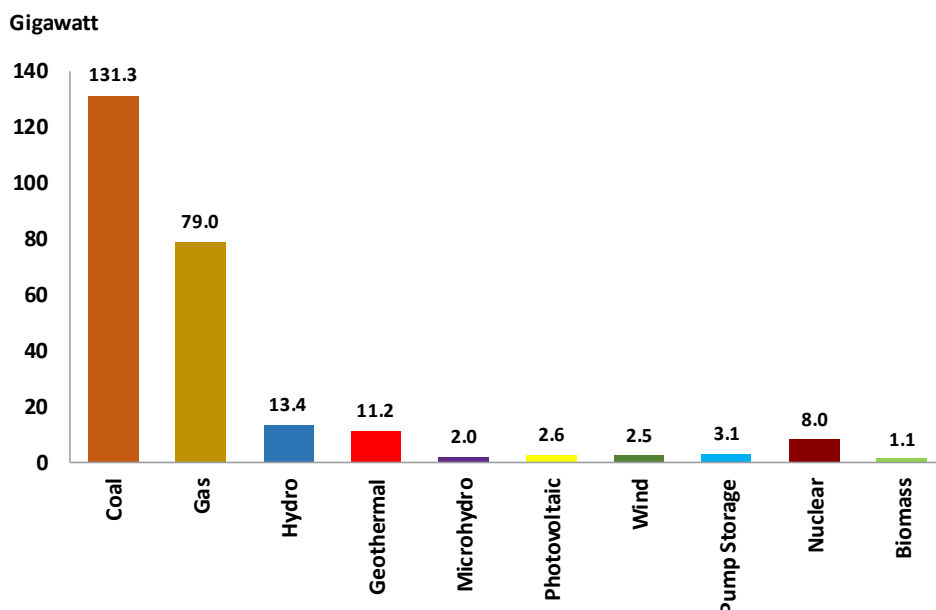
Tambahan kapasitas PLTU batubara yang dibutuhkan selama rentang waktu 2017–2050 mencapai kisaran 52% terhadap 131 GW total penambahan kapasitas pembangkit. Pembangkit berbahan bakar gas, baik PLTGU, PLTMG, maupun PLTG memerlukan tambahan kapasitas sebanyak 79 GW atau 31% dari total tambahan kapasitas. Selanjutnya, tambahan kapasitas pembangkit berbasis hidro dan panasbumi selama kurun waktu 34 tahun berturut-turut sebesar 15,4 GW (6%) dan 11,2 GW (4%). Untuk pembangkit EBT lainnya, seperti PLTS, PLTB, PLTBm, *Pump Storage*, memerlukan tambahan sebanyak 9,3 GW (4%). Adapun tambahan PLTN yang dimulai sejak tahun 2030 mencapai 8 GW pada tahun 2050 (3%).

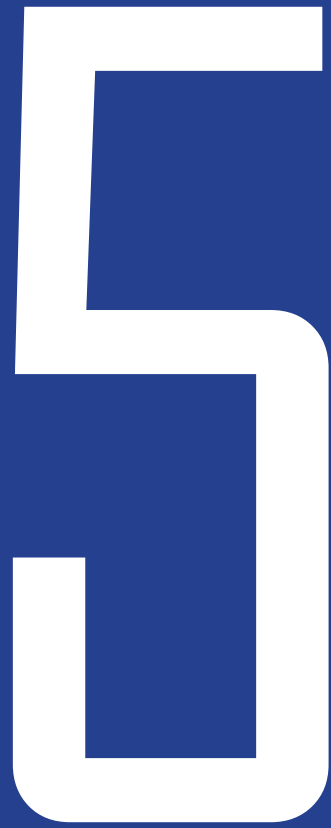
Tambahan kapasitas dari berbagai kapasitas pembangkit listrik tersebut memerlukan dukungan investasi dan pasokan bahan bakar. Untuk itu, diperlukan berbagai upaya agar diperoleh jaminan pasokan bahan bakar, baik dari domestic maupun impor. Tanpa adanya jaminan pasokan bahan bakar tersebut maka produksi listrik dapat terganggu yang dapat berdampak terhadap pelanggan listrik.

Additional capacity of coal-fired pp needed during the 2017-2050 period will reach around 52% of 131 GW in total additional power plant capacity. Gas-fired pp such as gas combined cycle pp, gas engine pp, and gas turbine pp require an additional capacity of 79 GW or 31% of the total additional capacity. Furthermore, additional capacity of geothermal and hydro-based pp during the 34-year period are 15.4 GW (6%) and 11.2 GW (4%), respectively. For other NRE pp, such as solar, wind, biomass, and pump storage will require an additional capacity of 9.3 GW (4%). The additional nuclear power plants starting in 2030 will reach 8 GW by 2050 (3%).

Additional capacity of various power plant requires investment and fuel supply support. For this reason, various efforts are needed to obtain fuel supply guarantees, both from domestic and import. Without an assurance of fuel supply, electricity production can be disrupted which can affect electricity customers

Gambar 4.4 Tambahan kapasitas pembangkit listrik
Figure 4.4 Additional capacity of power plant





Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat

*Sustainable Energy for
Land Transportation*

5.1 Perubahan Teknologi

Technology Advancement

Secara nasional peran sektor transportasi hanya sebesar 4,5% dalam pembentukan PDB nasional, namun sektor ini berperan penting dalam mengakomodasi aktivitas sosial ekonomi masyarakat. Sistem transportasi yang baik akan meningkatkan aksesibilitas wilayah, sehingga kegiatan ekonomi akan semakin berkembang.

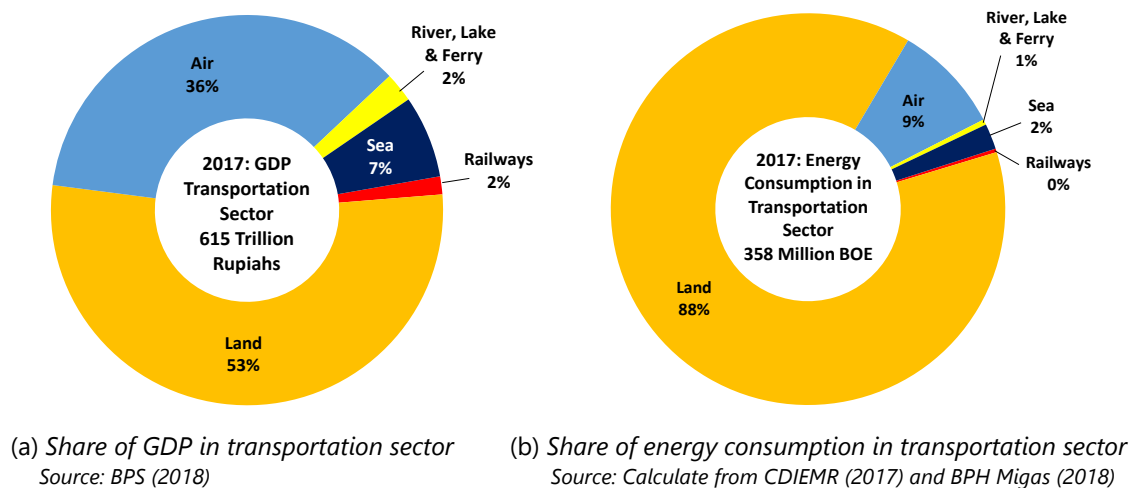
Sektor transportasi secara umum dibagi menjadi 5 (lima) sub sektor, yaitu angkutan darat, laut, udara, rel, dan ASDP (angkutan sungai danau dan penyeberangan). Sektor transportasi menyumbang PDB sebesar 615 triliun rupiah (atas dasar harga berlaku) pada tahun 2016. Pangsa PDB angkutan darat menyumbang 53%, diikuti oleh angkutan udara (36%), angkutan laut (7%), ASDP, dan angkutan rel masing-masing 2%.

Nationally, the role of transportation sector is only 4.5% of national GDP but this sector plays an important role in accommodating socio-economic activities of the community. A good transportation system will increase accessibility of the region so that economic activities will also grow.

The transportation sector in general is divided into 5 (five) sub-sectors, namely land, sea, air, rail, and ASDP (river, lake, and crossing). The transportation sector contributed 615 trillion rupiah (at current market prices) in 2016. The share of GDP in land transportation accounted for 53%, followed by air transportation (36%), sea transportation (7%), ASDP and rail transportation respectively 2%.

Gambar 5.1 Pangsa GDP dan konsumsi energi di sektor transportasi

Figure 5.1 Share of GDP and energy consumption in transportation sector



Sektor transportasi mengkonsumsi energi sebesar 358 juta SBM, atau sekitar 30% dari total konsumsi energi final nasional tahun 2016. Sub-sektor transportasi darat mempunyai pangsa konsumsi energi yang paling besar, yaitu 88%, diikuti oleh sub-sektor transportasi udara 9%, laut 2%, ASDP 1%, dan transportasi rel masih sangat sedikit.

Transportasi darat yang akan dibahas dalam BPPT-OEI 2018 termasuk sub-sektor angkutan darat dan angkutan rel. Dua sub-sektor ini berpotensi terjadi perpindahan moda transportasi serta pemanfaatan teknologi energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

The transportation sector consumed energy at 358 million BOE or around 30% of the total national final energy consumption in 2016. The land transportation sub-sector has the largest share of energy consumption, which is 88%, followed by air transportation 9%, sea transportation 2%, ASDP 1%, and the rest is rail transportation that is still very little.

Land transportation to be discussed in this book only includes the sub-sectors of land and rail transportation. These two sub-sectors have the prospect to have modal shift and application of technologies that are more energy efficient and environmentally friendly.

Sistem transportasi terus berkembang seiring dengan inovasi teknologi yang semakin masif. Inovasi ini menjadi paradigma baru yang telah menciptakan perubahan mendasar pada proses produksi maupun pola perilaku masyarakat. Ada 4 perubahan teknologi yang penting dan sudah mendorong terciptanya inovasi tersebut, yaitu:

- a. *Disruption*
- b. *Artificial Intelligence*
- c. *Internet of Things*
- d. *Industry 4.0.*

Disruption atau disrupsi merupakan perubahan pola perilaku masyarakat yang lebih mengutamakan kepraktisan dan partisipasi aktif dengan memanfaatkan teknologi informasi. Disrupsi telah mendorong pelaku industri untuk beradaptasi di era yang serba cepat. Perilaku masyarakat bergeser dari dunia nyata ke dunia maya. Lapangan kerja konvensional terancam hilang, namun muncul lapangan kerja baru yang dimotori oleh generasi muda yang berinovasi menggunakan teknologi.

Artificial intelligence (AI) atau kecerdasan buatan merupakan kecerdasan yang diciptakan ke dalam komputer agar dapat melakukan pekerjaan seperti manusia. AI saat ini telah menjadi bagian dalam keseharian kehidupan manusia. Dalam dunia industri, robot cerdas sudah menggantikan berbagai pekerjaan yang semula dilakukan manusia. AI dapat meningkatkan efisiensi dalam proses produksi dan dapat meminimalkan kesalahan.

Internet of things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan kegiatan atau pekerjaan sehari-hari ke dalam jaringan internet. Konsep ini akan menciptakan *big data* yang kemudian dapat diolah untuk kepentingan tertentu. IoT berpotensi untuk mengubah gaya hidup manusia secara radikal.

Industry 4.0 mewakili revolusi industri keempat yang mengintegrasikan proses industri dengan teknologi informasi. *Industry 4.0* tidak hanya untuk proses manufaktur tetapi juga mencakup transportasi dan logistik, rantai pasokan, energi serta R&D. Revolusi ini mampu menciptakan proses dengan efisiensi yang tinggi, menghemat waktu dan biaya, serta meningkatkan akurasi dan kualitas produk. Kementerian Perindustrian telah menyusun inisiatif "*Making Indonesia 4.0*" untuk mengimplementasikan strategi dan peta jalan *Industry 4.0* di Indonesia.

Transportation system continues to evolve along with the increasingly massive technological innovations. These innovations become a new paradigm that created fundamental changes in production process and the patterns of community behavior. There are 4 important technological changes that have encouraged the creation of these innovations, namely:

- a. Disruption*
- b. Artificial Intelligence*
- c. Internet of Things*
- d. Industry 4.0.*

Disruption is a change in community behavior patterns that prioritize practicality and active participation by utilizing information technology. Disruption has encouraged industry players to adapt in a fast-paced era. Community space shifts from the real world to cyberspace. Conventional employment is at risk of being obsolete and replaced by new jobs that is driven by young people who innovate using technology.

Artificial intelligence (AI) is an intelligence created into a computer so that it can do work like humans. AI has now become part of the human daily life. In industrial world, intelligent robots have replaced various jobs that were originally carried out by humans. AI can improve efficiency in the production process and minimize errors.

Internet of things (IoT) is a concept that connects activities or daily work into internet network. This concept will create *big data* which can then be processed for specific purposes. IoT has the potential to radically change the human lifestyle.

Industry 4.0 represents the fourth industrial revolution that integrates industry processes with information technology. *Industry 4.0* is not only applied for manufacturing process but also for transportation and logistics, supply chain, energy as well as R&D. This revolution is capable of creating processes with high efficiency in time and money, also improving product accuracy and quality. The Ministry of Industry has prepared the initiative "*Making Indonesia 4.0*" to implement the *Industry 4.0* strategy and road map in Indonesia.

Era baru dalam perubahan paradigma tersebut tidak bisa lagi dihindari karena saat ini sudah berjalan. Meskipun di Indonesia masih dalam tahap awal, namun pengaruh perubahan tersebut sudah mulai dirasakan. Dalam sistem transportasi, inovasi tersebut diantaranya sudah mengarah pada penggunaan taksi dan ojek *online*, kendaraan tanpa pengemudi, *drone* untuk pengiriman barang, serta *blockchain* untuk mencatat pengiriman logistik dan transaksi keuangan.

Perubahan yang terjadi perlu dirumuskan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pola konsumsi energi untuk jangka panjang. Penelitian ke arah tersebut masih terus dilakukan, namun belum bisa diadopsi dan dirumuskan secara kuantitatif untuk perhitungan dalam BPPT-OEI 2018 ini. Selanjutnya juga dibahas pemanfaatan teknologi energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk transportasi darat, yang meliputi:

- Perpindahan moda transportasi,
- Substitusi bahan bakar,
- Peningkatan efisiensi energi.

Pemanfaatan teknologi akan berdampak pada pengurangan penggunaan BBM dan pengurangan emisi gas rumah kaca yang semuanya akan dianalisis dalam bentuk kasus. Kasus yang dibahas khusus untuk wilayah Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi), mengingat di wilayah ini adanya rencana dan pengembangan transportasi darat serta didukung dengan data yang cukup lengkap.

A new era due to the paradigm shift can no longer be avoided as it is already underway. Although Indonesia is still in the early stages but the effect has begun to be felt. In transportation system, the innovations have led to the development online taxis and taxibike, autonomous vehicles, drones for goods delivery as well as blockchain to record the delivery of logistics and financial transactions.

The changes need to be explored further to find out the effect on energy consumption patterns in the long term. Research into this direction is still ongoing but cannot yet be adopted and formulated quantitatively for calculations in BPPT-OEI 2018. Furthermore, discussion on the use of energy technologies that are more efficient and environmentally friendly for land transportation includes:

- *Transportation modal shift,*
- *Fuel substitution,*
- *Increase energy efficiency*

The use of technology will have an impact on oil fuels usage and greenhouse gas emissions which will all be analyzed in several cases. The cases discussed is limited for the Greater Jakarta area (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang and Bekasi) only, considering the existing development plans of land transportation and the supporting data.

5.2 Permasalahan dan Kebijakan Energi untuk Transportasi Darat di Jabodetabek

Problems and Policies of Energy for Land Transportation in Jabodetabek

Jabodetabek adalah wilayah perkotaan di Indonesia dengan populasi mencapai 32 juta pada tahun 2016. Sistem transportasi saat ini sudah tidak memadai dan perlu ditingkatkan untuk mendukung kegiatan sosial dan ekonomi di Jabodetabek. Pembangunan infrastruktur transportasi darat yang lambat dibanding peningkatan kenaikan kendaraan (mobil dan sepeda motor) menyebabkan lemahnya sistem transportasi. Dampak keterlambatan pembangunan infrastruktur transportasi darat, seperti transportasi berbasis rel dan *Bus Rapid Transit* (BRT) adalah terjadinya kemacetan lalu lintas kronis di jalan, terutama pada jam-jam sibuk (rush hour).

Menurut Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek (BPTJ), kondisi kemacetan tersebut terjadi karena jumlah perjalanan per hari pada tahun 2015 mencapai 47,5 juta perjalanan, mencakup 49,30% perjalanan dalam kota Jakarta, 8,55% perjalanan komuter, dan 42,15% perjalanan melintas Jakarta dan internal Bodetabek. Hal ini menyebabkan *Road Ratio* (RR) hanya 1,90% dengan *Volume Capacity Ratio* (VCR) sebesar 0,84. RR merupakan perbandingan luas jalan dengan luas wilayah, sedangkan VCR merupakan perbandingan volume kendaraan yang melintas terhadap kapasitas jalan. Rendahnya nilai RR dan tingginya nilai VCR menyebabkan banyaknya kemacetan lalu lintas di jalan di Jabodetabek.

Untuk mengatasi kemacetan lalu lintas tersebut, Pemerintah Pusat dan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah dan sedang mengembangkan transportasi massal, seperti *Bus Rapid Transit* (BRT), *Mass Rapid Transit* (MRT), *Light Rail Transit* (LRT) dan *Commuter Line* (CL). Pengembangan moda transportasi ini sejalan dengan kebijakan pemerintah, yaitu:

- Perpres No. 65/2016 tentang penyelenggaraan LRT terintegrasi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok dan Bekasi.
- Perpres No. 79/2016 tentang penyelenggaraan perkeretaapian umum di wilayah DKI Jakarta.
- Pergub DKI Jakarta No. 211/2016 tentang pembangunan prasarana LRT yang dikerjakan oleh PT Jakarta Propertindo (Jakpro).
- Perpres No. 03/2016 tentang percepatan pelaksanaan proyek strategis nasional (termasuk didalamnya MRT dan LRT yang dianggap strategis).

Jabodetabek is an urban area in Indonesia with a population reaching 32 million in 2016. The current transportation system is inadequate and needs to be improved to support social and economic activities. The construction of land transportation infrastructure which is slower compared to the increase of vehicles (cars and motorcycles) causes a weak transportation system. The impact of delays in construction of land transportation infrastructure, such as rail-based transportation and Bus Rapid Transit (BRT), is the occurrence of chronic traffic congestion especially during rush hour.

According to the Jabodetabek Transportation Management Agency (BPTJ), the congestion condition occurs because the number of trips per day in 2015 reached 47.5 million trips, covering 49.30% of trips in the city of Jakarta, 8.55% of Commuter trips, and 42.15% travel across Jakarta and internal Bodetabek. This causes the Road Ratio (RR) to be only 1.90% with the Volume Capacity Ratio (VCR) of 0.84. RR is a comparison of road area with total area, while the VCR is a comparison of volume of vehicles passing through with the road capacity. The low RR value and the high value of VCRs cause a lot of traffic congestion on the roads in Jabodetabek.

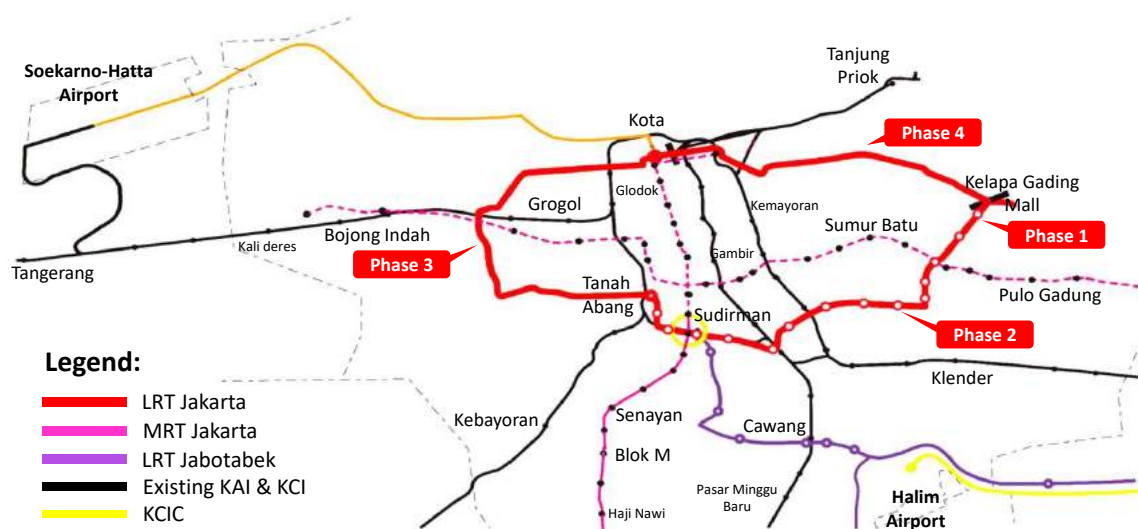
To overcome traffic congestion, the Central Government and the Provincial Government of DKI Jakarta have been developing mass transportation, such as Bus Rapid Transit (BRT), Mass Rapid Transit (MRT), Light Rail Transit (LRT) and Commuter Line (CL). The development of this transportation mode is in line with government policy, namely:

- *Presidential Regulation No. 65/2016 concerning integrated LRT implementation in area of Jakarta, Bogor, Depok and Bekasi.*
- *Presidential Regulation No. 79/2016 concerning the implementation of public railways in the DKI Jakarta area.*
- *DKI Jakarta Governor Regulation No. 211/2016 concerning the construction of LRT infrastructure undertaken by PT Jakarta Propertindo (Jakpro).*
- *Presidential Regulation No. 03/2016 concerning the acceleration of the implementation of national strategic projects (including MRT and LRT).*

Berbagai moda angkutan massal tersebut diyakini merupakan solusi untuk mengurangi kemacetan yang terjadi di berbagai jalan di Jabodetabek. Rencana pembangunan angkutan massal (MRT, LRT dan CL) yang dianalisis dalam BPPT-OEI 2018 ditunjukkan pada Gambar 5.2, sedangkan pengembangan jalur BRT, tidak termasuk dalam peta tersebut, adalah 13 (tiga belas) koridor.

Various modes of mass transportation are believed to be a solution to reduce congestion that occurs in Jabodetabek. Mass transportation development plans (MRT, LRT and CL) analyzed in BPPT-OEI 2018 is shown in Figure 5.2. The development of BRT lines considered in the analysis, not shown in Figure 5.2, are 13 (thirteen) corridors.

Gambar 5.2 Eksisting dan rencana angkutan massal berbasis rel di Jabodetabek
Figure 5.2 Existing and rail based of mass transportation in Jabodetabek



Source: Jakpro (2018)

5.3 Kebutuhan Energi Transportasi Darat di Jabodetabek

Land Transportation Energy Demand in Jabodetabek

Kebutuhan energi transportasi darat di Jabotabek diperkirakan berdasarkan data kebutuhan energi nasional dengan mempertimbangkan pangsa jumlah kendaraan bermotor dan pertumbuhan PDB, sektor industri serta penduduk di wilayah Jabodetabek. Konsumsi energi untuk transportasi berbasis jalan dan rel di Jabodetabek adalah sebanyak 39,3 juta SBM tersebut setara dengan 5,96 juta kl bensin, 1,04 juta kl minyak solar (termasuk biodiesel), 1,37 BCF gas, dan 223 GWh listrik. Kebutuhan energi diperkirakan akan meningkat dari 39,3 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 210,4 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 5,1% per tahun. Pangsa pengguna energi yang dominan selama kurun waktu 2016-2050 adalah untuk mobil penumpang serta sepeda motor. Jabodetabek merupakan wilayah pusat industri menyebabkan pertumbuhan penggunaan energi untuk truk lebih tinggi dari yang lainnya. Disamping itu, pangsa penggunaan energi untuk truk juga meningkat dari tahun 2016 sebesar 15,8% menjadi 17,% pada tahun 2050.

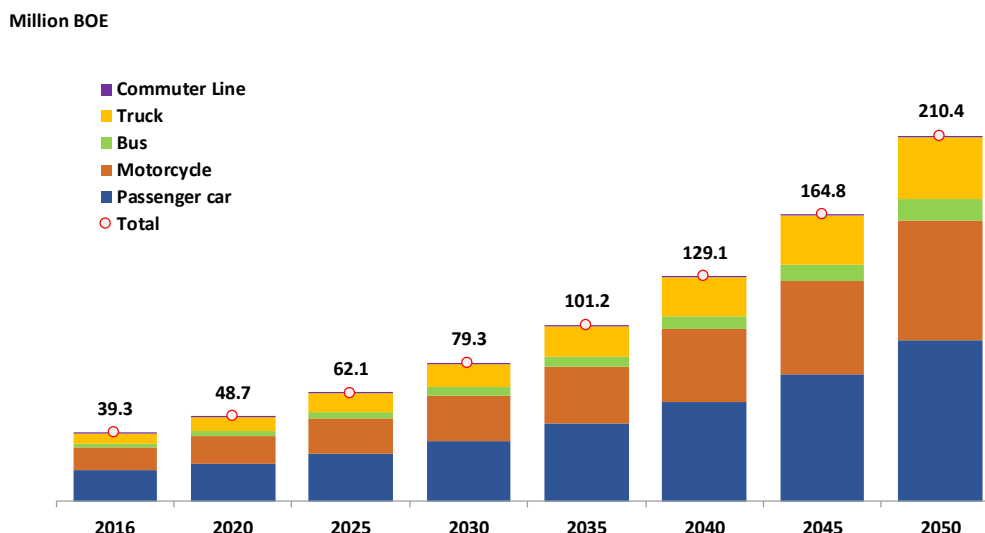
Dari sisi bahan bakar, pada tahun 2016 penggunaan bensin mendominasi dengan pangsa 83,1% diikuti dengan minyak solar (13,7%). Pangsa ini relatif tetap sampai dengan tahun 2050. Penggunaan biodiesel tumbuh rata-rata 7,0% per tahun yang relatif lebih tinggi dengan pertumbuhan bahan bakar yang lain karena adanya kebijakan mandatori biodiesel.

Energy demand for land transportation in Jabotabek is based on national energy demand data which considering the share of vehicles and GDP growth, the industrial sector and the population in the Greater Jakarta area. Energy consumption for road and rail-based transportation in Jabodetabek is 39.3 million BOE which is equivalent to 5.96 million kl gasoline, 1.04 million kl of diesel oil (including biodiesel), 1.37 BCF gas, and 223 GWh electricity. The energy demand is predicted to increase from 39.3 million BOE in 2016 to 210.4 million BOE in 2050 or an average increase of 5.1% per year. The dominant share of energy user during the 2016-2050 period is for passenger cars and motorcycle. Jabodetabek is a central industrial area, causing the growth of energy demand for trucks to be higher than others. In addition, the share of energy demand for trucks will increase 15.8% in 2016 to 17% in 2050.

In terms of fuel, in 2016, the use of gasoline dominated with a 83.1% share followed by diesel oil (13.7%). This share is relatively constant until 2050. The use of biodiesel grows at an average of 7.0% per year which is relatively higher than other fuel growth due to the mandatory biodiesel policy.

Gambar 5.3 Penggunaan energi transportasi darat di Jabodetabek

Figure 5.3 Road transportation energy demand in Jabodetabek



5.4 Perpindahan Moda Transportasi

Transportation Modal Shift

Penggunaan angkutan massal akan mengurangi penggunaan angkutan pribadi (mobil penumpang dan sepeda motor), angkutan umum (bus besar, bus kecil, taksi), dan *Commuter Line*. Perpindahan penggunaan angkutan pribadi dan angkutan umum ke angkutan massal disebut perpindahan moda.

Besarnya perpindahan moda idealnya diperoleh dari hasil survei. Dalam buku ini, perpindahan moda atas penggunaan BRT diambil sesuai dengan rata-rata hasil survei penggunaan BRT di DKI Jakarta. Sebagai catatan Menurut Studi Aksi Mitigasi GRK di DKI Jakarta, perpindahan moda penggunaan BRT di DKI Jakarta didominasi oleh bus besar (32,94%), disusul sepeda motor (29,09%), bus kecil (17,20%), mobil pribadi (7,10%), dan taksi (3,32%). Pengguna mobil pribadi yang beralih menggunakan BRT relatif terbatas. Hal ini mungkin disebabkan oleh penggunaan BRT yang belum tepat waktu.

Berdasarkan *Forum Group Discussion* yang diselenggarakan oleh BPPT dalam rangka penyusunan Buku BPPT-OEI 2018, dapat diketahui potensi perpindahan moda atas penggunaan *Mass Rapid Transit* (MRT). Potensi perpindahan moda tersebut merupakan hasil survei awal sebelum pengoperasian MRT dan sesungguhnya belum mencerminkan kondisi ril setelah MRT beroperasi. Dari hasil analisis survei awal ini nampak bahwa pengguna sepeda motor akan mendominasi penggunaan MRT (45,58%) selama harga tiket terjangkau, disusul oleh pengguna *Commuter Line* (19,52%), pengguna mobil pribadi (17,12%), bus besar (15,28%), bus kecil dan taksi masing-masing 0,84% dan 0,20%.

Peralihan penggunaan moda transportasi pribadi dan transportasi umum ke moda transportasi massal (BRT, *Commuter Line*, MRT, dan LRT) akan menurunkan konsumsi bensin dan minyak solar, akibat daya muat penumpang angkutan massal yang lebih banyak. Jumlah bensin dan minyak solar yang dapat dihemat tergantung atas tingkat okupasi dan indeks konsumsi energi setiap moda transportasi.

Tingkat okupasi moda kendaraan bukan merupakan angka maksimal dan cenderung tidak bulat karena merupakan

The use of mass transportation will reduce the use of private vehicles (passenger cars and motorcycles), public transportation (large buses, small buses, taxis), and Commuter Line. The switching of private and public transportation to mass transportation is called modal shift.

The measurement of modal shift is ideally obtained from survey results. In this book, the modal shift of BRT was taken from survey of the use of BRT in DKI Jakarta. As a note, according to the GHG Mitigation Action Study in DKI Jakarta, the modal shift of BRT in DKI Jakarta was dominated by large buses (32.94%), followed by motorbikes (29.09%), small buses (17.20%), private cars (7.10%), and taxis (3.32%). Private car users who switch to BRT are relatively limited.

Based on Forum Group Discussion organized by BPPT in the context of BPPT-OEI 2018 preparation, the potential of modal shift for Mass Rapid Transit (MRT) can be obtained. The potential for modal shift is taken from the result of initial survey prior to the operation of MRT. From the initial survey analysis, it appears that motorcycle users will dominate MRT usage (45.58%) as long as the ticket price is affordable, followed by Commuter Line users (19.52%), private car users (17.12%), large buses (15.28%), small buses and taxis respectively 0.84% and 0.20%.

The modal shift of private and public transportation to mass transportation (BRT, CL, MRT, and LRT) will reduce the consumption of gasoline and diesel oil. The amount of gasoline and diesel oil that can be saved depends on the occupational level and the energy consumption index of each mode of transportation.

The occupational level of each transportation mode is not a maximum number and represents an average value of

nilai rata-rata di Jabodetabek. Sedangkan Indeks Konsumsi Energi (IKE) berbagai moda angkutan yang digunakan adalah 8,12 km/liter (mobil pribadi, bis kecil, dan taksi), 24,81 km/liter untuk sepeda motor, dan 4,90 km/liter untuk bus besar. Konsumsi bensin atau minyak solar per km lebih rendah dibanding disain moda angkutan disebabkan oleh tingginya tingkat kemacetan di jalan di Jabodetabek.

Jabodetabek area. The Energy Consumption Index (ECI) used for the various modes of transportation are 8.12 km/liter (private cars, small buses, and taxis), 24.81 km/liter for motorcycles, and 4.90 km/liter for large buses. The consumption of gasoline or diesel oil per km is lower than the average automotive engines due to the high level of congestion on roads in Jabodetabek.

Tabel 5.1 Tingkat okupasi dan indeks konsumsi energi (EKI)

Table 5.1 Occupation rate and energy consumption index (ECI)

<i>Transport Types</i>	<i>Occupation (Passenger)</i>	<i>ECI (Ltr/km)</i>
<i>Car</i>	2.38	0.12238
<i>Motorcycle</i>	1.26	0.04030
<i>Big Bus</i>	41.34	0.20410
<i>Small Bus</i>	8.00	0.12238
<i>Taxi</i>	1.92	0.12238

5.4.1 Bus Rapid Transit

Bus Rapid Transit (BRT) yang dioperasikan oleh PT TransJakarta mulai beroperasi sejak 15 Januari 2004 dengan tujuan menyediakan sistem transportasi umum yang cepat dan membantu mengurangi kemacetan lalu lintas. BRT berjalan di jalur khusus dan harga tiket disubsidi oleh Pemerintah DKI Jakarta.

Jumlah penumpang pada tahun 2017 mencapai 144,86 juta atau rata-rata 396.877 penumpang per hari, dan pada 22 Maret 2018 jumlah penumpang BRT mencapai 522.000 atau melebihi target yang ditetapkan. Selanjutnya, pengelola BRT Jakarta PT TransJakarta mencanangkan target 1 juta penumpang sehari melalui sterilisasi jalur BRT. Target ini diasumsikan akan tercapai pada tahun 2030 setelah semua angkutan massal di Jabodetabek beroperasi dan didukung oleh kebijakan pengetatan penggunaan moda angkutan pribadi.

Terdapat 13 koridor lintasan jalur BRT pada tahun 2017 sepanjang 219,7 km yang merupakan terpanjang di dunia dengan 80 rute 'pengumpan' yang melayani di luar koridor BRT eksklusif. Jumlah BRT pada tahun 2016 sebanyak 1.347 bus termasuk 800 unit bus baru, mencakup 996 BRT berbahan bakar minyak solar dan 351 BRT berbahan bakar gas. Tipe BRT berupa *medium bus*, *single bus*, *articulated bus*, *maxi bus*, dan *double decker*.

5.4.1 Bus Rapid Transit

Bus Rapid Transit (BRT) operated by PT TransJakarta began operations on 15 January 2004 with the aim of providing a fast public transportation system to help reduce traffic congestion. BRT runs on special lanes and ticket prices are subsidized by the DKI Jakarta Government.

The number of passengers in 2017 reached 144.86 million or an average of 396,877 passengers per day, and on March 22, 2018 the number of BRT passengers reached 522,000 or exceeded the target. Furthermore, the BRT Jakarta management of PT TransJakarta has set a target of 1 million passengers per day through the sterilization of the BRT line. This target is assumed to be achieved by 2030, after all mass transportation in Jabodetabek operates and is supported by a policy to regulate the use of private transportation modes.

There are 13 BRT track path corridors in 2017 along 219.7 km which is the world's longest with 80 feeder routes serving outside the exclusive BRT corridor. The number of BRT in 2016 was 1,347 buses including 800 new bus units with 996 BRT using diesel fuel and 351 BRT using gas. Type of BRT consists of medium bus, single bus, articulated bus, maxi bus, and double decker.

Metode perhitungan penghematan bensin dan minyak solar akibat perpindahan moda dari angkutan pribadi dan angkutan umum ke angkutan BRT adalah sesuai dengan metodologi CDM. Metodologi CDM ini digunakan dalam Proyek BRT di Kota Bogota Negara Kolombia, sebagaimana dituangkan dalam Buku Petunjuk Teknis yang dipublikasikan oleh Sekretariat RAD RAN GRK Bappenas. Jumlah hari operasi BRT diasumsi selama 300 hari dalam setahun dengan 6 trip per hari. Jumlah penumpang BRT diprediksi mencapai 445,37 juta pada tahun 2050. Target penumpang BRT tahun 2050 tersebut tentunya perlu didukung oleh penambahan armada dan jalur BRT.

Berdasarkan data dan asumsi perpindahan moda, jumlah penumpang, dan asumsi teknis pengoperasian BRT, maka penghematan bensin dan minyak solar pada tahun 2016 mencapai 34.946 kl bensin dan 1.839 kl minyak solar. Penghematan bensin dan minyak solar tersebut berpotensi mencapai 125.821 kl bensin dan 6.622 kl minyak solar pada tahun 2050. Perhitungan penghematan BBM tersebut sejalan dengan perhitungan penghematan konsumsi bensin dan minyak solar pada tahun 2016 yang disampaikan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam analisis potensi mitigasi GRK di DKI Jakarta.

5.4.2 Mass Rapid Transit

Mass Rapid Transit (MRT) adalah sebuah sistem transportasi massal dan transit cepat yang merupakan transportasi berbasis rel listrik yang efektif, nyaman, layak, dan sudah digunakan di kota-kota besar di dunia. Sebagai kota besar dan padat di Indonesia, DKI Jakarta melalui PT MRT Jakarta, membangun MRT utara-selatan tahap I, yang membentang dari Lebak Bulus-Hotel Indonesia, sepanjang 15,7 km. Jalur MRT ini terdiri atas 10 km merupakan jalur *elevated* dan 5,7 km merupakan jalur *underground*. Jalur MRT Lebak Bulus-Hotel Indonesia mulai dibangun pada Oktober 2013 dan direncanakan mulai beroperasi pada Maret 2019. Proses pembangunan jalur MRT Tahap I-b dari Hotel Indonesia ke Kampung Bandan direncanakan akan dimulai tahun ini sepanjang 7,8 km, dengan 2,1 km berupa jalur *elevated* dan 5,7 km berupa *underground*. Bersamaan atau setelah pembangunan jalur MRT utara-selatan selesai, juga direncanakan akan dibangun jalur MRT timur-barat sepanjang 87 km, membentang dari Kembangan ke Bekasi.

Pengoperasian MRT dapat menjadi alternatif solusi transportasi bagi masyarakat yang juga ramah lingkungan.

The method of calculating the savings of gasoline and diesel oil due to modal shift from private and public transportation to BRT is in accordance with the CDM methodology. This CDM methodology is used in the BRT Project in Bogota City of Colombia Country, as outlined in the Technical Manual published by the Secretariat of RAD RAN GRK Bappenas. The number of BRT operations days is assumed for 300 days per year with 6 trips per day. The number of BRT passengers is predicted to reach 445.37 million by 2050. The target of BRT passengers in 2050 is certainly needed to be supported by the addition of BRT unit and lines.

Based on data and assumptions of modal shift, number of passengers, and technical assumption of the operation of BRT, the savings of gasoline and diesel oil in 2017 reached 34,946 kl and 1,839 kl, respectively. The saving has the potential to reach 125,821 kl of gasoline and 6,622 kl of diesel oil in year 2050. The calculation of oil fuels saving is in line with the calculation delivered by the Provincial Government of DKI Jakarta in 2016 regarding the analysis of GHG mitigation potential in DKI Jakarta.

5.4.2 Mass Rapid Transit

Mass Rapid Transit (MRT) is a mass and rapid rail-based transportation system that is effective, convenient, feasible and proven in the world's major cities. As a large and congested city in Indonesia, DKI Jakarta, through PT MRT Jakarta, built the first phase of the north-south MRT which stretches from Lebak Bulus - Hotel Indonesia, along 15.7 km. This MRT line consists of 10 km elevated line and 5.7 km underground line. Lebak Bulus-Hotel Indonesia MRT Line was built in October 2013 and is planned to commence operation in March 2019. The process of building MRT phase I-b from Hotel Indonesia to Kampung Bandan is planned to start this year along 7.8 km, with 2.1 km elevated and 5.7 km underground. Simultaneously or after the completion of the north-south MRT line, it is also planned to build the 87 km east-west MRT line, extending from Kembangan to Bekasi.

The operation of MRT can be an alternative transportation solution that is also environmentally friendly. MRT

Pembangunan MRT bukan hanya semata-mata terkait urusan kelayakan ekonomi dan finansial saja, akan tetapi juga membantu aktivitas ekonomi masyarakat dan mempermudah mobilitas warga. Selain itu, adanya moda transportasi massal, seperti MRT dan LRT juga akan mengubah gaya hidup masyarakat. Dengan jadwal keberangkatan dan tiba yang tepat waktu, maka tidak ada lagi alasan bagi penggunanya untuk terlambat masuk kerja karena terjebak kemacetan. Hal ini juga akan mengubah kebiasaan pola pemukiman penggunanya karena akan mencari rumah atau apartemen yang lebih mendekat ke tempat stasiun.

MRT Jakarta adalah moda angkutan rel berbasis listrik. Berdasarkan berbagai referensi tentang konsumsi listrik MRT Jalur Lebak Bulus – Hotel Indonesia dalam buku ini ditetapkan sebanyak 120,20 GWh setahun. Konsumsi listrik ini diperlukan untuk memenuhi kebutuhan 285 perjalanan sehari dengan 173.400 penumpang per hari. Sistem elektrifikasi yang digunakan adalah OHC 1.500 VDC dengan daya listrik 60 MVA.

Berdasarkan hasil FGD yang dilakukan oleh BPPT dengan berbagai pemangku kepentingan terkait dengan kebijakan dan pelaksana angkutan massal di Jabodetabek diketahui bahwa 59% dari total kebutuhan listrik MRT Lebak Bulus-Hotel Indonesia merupakan kebutuhan listrik untuk traksi, dan sisanya 41% untuk memenuhi kebutuhan listrik non-traksi. Kebutuhan listrik traksi diperlukan untuk menarik gerbong MRT, sedangkan kebutuhan listrik non-traksi diperlukan sebagai sarana penunjang pengoperasian MRT (ac, lampu, eskalator, terowongan pejalan kaki, dan lainnya). Hal ini berarti bahwa semakin panjang jalur *underground* semakin banyak listrik yang diperlukan. Dengan demikian, untuk kasus MRT Lebak Bulus – Hotel Indonesia, kebutuhan listrik non-traksi lebih besar dibanding listrik sebagai traksi meskipun dari panjang traksi 15,7 km, panjang *underground* hanya 5,7 km (catatan: jalur *elevated* dianggap tidak memerlukan listrik sebagai non-traksi). Dengan pendekatan tersebut, kebutuhan listrik MRT tahap I Hotel Indonesia – Kampung Bandan sepanjang 7,8 km diperkirakan membutuhkan listrik sebanyak 89,36 GWh/tahun. Adapun kebutuhan listrik MRT jalur Timur – Barat (Kembangan-Bekasi) sepanjang 87 km diperkirakan membutuhkan listrik sebanyak 340 GWh/tahun.

Jumlah penumpang MRT pada tahun 2019 diperkirakan dapat mencapai 86.667 jiwa sehari dan akan terus tumbuh

development is not solely related to economic and financial feasibility only, but also helps the economic activities of the community and facilitate the mobility of citizens. In addition, the existence of mass transportation modes, such as MRT and LRT will also change people's lifestyles. With on time scheduled departures and arrivals, there is no longer reason for its users to be late to work due to traffic. This will also change the residential patterns to be closer to the station.

MRT Jakarta is an electric-based rail transportation mode. Based on various references, electricity consumption of MRT Lebak Bulus - Hotel Indonesia line, in this book, is set at 120.20 GWh a year. This electricity consumption is needed to meet the demand of 285 day trips with 173,400 passengers per day. Electrification system used is OHC 1,500 VDC with 60 MVA power.

Based on the results of FGD conducted by BPPT with various stakeholders related to the policy and implementer of mass transportation in Jabodetabek, 59% of the total electricity demand is for traction, and the remaining 41% is for non-traction. Traction electricity demand is required to operate the MRT carriages, while non-traction is required as a means of supporting the operation of MRT (ac, lights, escalators, pedestrian tunnels, and others). This means that longer underground line needs larger electricity supply. Thus, for the case of MRT Lebak Bulus - Hotel Indonesia, electricity demand for non-traction is greater than for traction even though the underground track is only 5.7 km from total traction length of 15.7 km (note: the elevated track is assumed to not require electricity for non-traction). With this approach, the electricity demand of MRT phase I Hotel Indonesia - Kampung Bandan along 7.8 km is estimated to require electricity as much as 89.36 GWh/year. The electricity demand for 85 km east-west MRT (Kembangan-Bekasi) is estimated to require electricity of 340 GWh/year.

The number of MRT passengers in 2019 is estimated to reach 86,667 people per day and will continue to grow to around

menjadi sekitar 1,03 juta penumpang per hari pada tahun 2050. Jumlah penumpang MRT pada tahun 2050 tersebut merupakan total penumpang MRT selatan-utara dan MRT barat-timur. Jumlah penumpang tersebut akan terpenuhi sepanjang harga tiket terjangkau oleh konsumen dan didukung oleh kebijakan pembatasan penggunaan angkutan pribadi.

Berdasarkan asumsi perpindahan moda, IKE, panjang jalur, jumlah penumpang, konsumsi listrik MRT, diperkirakan pengoperasian MRT pada tahun 2019 dapat menghemat BBM sebanyak 16.690 kl dan meningkat menjadi 325.449 kl BBM tahun 2050.

5.4.3 Light Rail Transit

Light Rail Transit (LRT) adalah kereta api ringan berbasis rel listrik. LRT banyak dioperasikan pada kota-kota besar. LRT disebut kereta ringan karena mempunyai gerbong yang jumlahnya terbatas dari 2 sampai 8 unit.

LRT Jakarta sepanjang 5,8 km antara Kelapa Gading – Vellodroom Rawamangaun. Jalur LRT ini merupakan jalur prioritas untuk mendukung Asian Games 2018 dan mulai dioperasikan bulan Desember 2018. Di masa depan, juga direncanakan pembangunan LRT *loopleft* Jakarta yang menghubungkan Kelapa Gading - Vellodroom-Manggarai-Dukuh Atas - Tanah Abang – Pesing –Kota - Kampung Bandan - Kelapa Gading. Panjang lintasan *loopleft* LRT sekitar 54,8 km. Rencana *loopleft* LRT ini digunakan sebagai bahan analisis dalam BPPT-OEI 2018.

Selain LRT Jakarta yang dioperasikan oleh Jakpro, di Jabodetabek juga sedang dibangun 2 rangkaian LRT dari Bekasi ke Cawang sepanjang 17,9 km, Cibubur ke Cawang sepanjang 13,7 km, dan Cawang ke Dukuh Atas sepanjang 10,5 km. LRT Cibubur-Bekasi-Cawang-Dukuh Atas diperkirakan mulai beroperasi pada tahun 2019. Dalam perhitungan juga dipertimbangkan pembangunan LRT Jabodetabek Dukuh Atas-Plaza Semanggi, Palmerah-Grogol, Grogol-Cengkareng, Depok-Cibubur, dan Bogor-Cibubur. Panjang tambahan lintasan LRT tersebut mencapai 72 km.

Kebutuhan listrik LRT relatif lebih kecil karena umumnya berupa *elevated*. Total kebutuhan listrik LRT Kelapa Gading-Vellodroom sebanyak 19,38 GWh/tahun, dan sekitar 163,65 GWh/tahun untuk tambahan LRT Jakarta. Kebutuhan listrik LRT tersebut diperoleh dari asumsi kebutuhan listrik LRT sebanyak 3,04 GWh/tahun-km. Dengan asumsi yang sama dan kebutuhan listrik untuk peralatan bantu sebesar 10%, maka total kebutuhan listrik LRT Jabodetabek sepanjang

1.03 million passengers per day by 2050. The number of MRT passengers in 2050 is the total passengers of the south-north MRT and east-west MRT. The number of passengers can be achieved as long as the price of the ticket is affordable by the consumer and is supported by the policy regulating the use of private transportation.

Based on the assumption of modal shift, ECI, line length, number of passengers, and MRT electricity consumption, it is estimated that MRT operation in 2019 can save fuel as much as 16,690 kl and will increase to 325,449 kl oil fuels in 2050.

5.4.3 Light Rail Transit

Light Rail Transit (LRT) is a light rail-based electric train. LRT is widely operated in big cities. LRT is called a light rail because it has a limited number of rolling stocks from 2 to 8 units.

*LRT Jakarta is planned along 5.8 km between Kelapa Gading - Vellodroom Rawamangaun. This LRT line is a priority path to support Asian Games 2018 and will start operation in December 2018. In the future, it is planned to begin construction of Jakarta LRT *loopleft* that connects Kelapa Gading - Vellodroom-Manggarai-Dukuh Atas - Tanah Abang - Pesing-Kota - Kampung Bandan - Kelapa Gading. The LRT *loopleft* track length is around 54.8 km. This LRT *loopleft* plan is used as an analytical material in BPPT-OEI 2018.*

In addition to LRT Jakarta operated by Jakpro, two LRTs in Jabodetabek is also underway from Bekasi to Cawang (17.9 km), Cibubur to Cawang (13.7 km), and Cawang to Dukuh Atas (10.5 km). LRT Cibubur-Bekasi-Cawang-Dukuh Atas is estimated to commence operations in 2019. The calculation also considered the construction of LRT Jabodetabek Dukuh Atas-Plaza Semanggi, Palmerah-Grogol, Grogol-Cengkareng, Depok-Cibubur, and Bogor-Cibubur. The additional length of the LRT line reaches 72 km.

LRT electricity demand is relatively small because the lines are generally elevated. Total electricity demand of LRT Kelapa Gading-Vellodroom is 19.38 GWh/year, and about 163.65 GWh/year for additional LRT Jakarta. LRT electricity demand is obtained from assumption of LRT electricity demand of 3.04 GWh/year-km. With the same assumption and electricity demand for auxiliary equipment is 10%, the total electricity demand of Jabodetabek LRT along 114.2 km

114,2 km diperkirakan mencapai 382 GWh/tahun.

Dengan mengadopsi perhitungan mitigasi GRK dari pemanfaatan BRT, dan asumsi perpindahan moda Jabodetabek seperti asumsi perpindahan moda BRT, tingkat okupasi dan IKE kendaraan, maka diperkirakan potensi penghematan BBM atas pemanfaatan LRT Jakarta dan LRT Jabodetabek mencapai 7.148 kl pada tahun 2018 dan meningkat menjadi 817 ribu kl pada tahun 2050. Jumlah penghematan kebutuhan BBM tersebut diperoleh dengan asumsi penumpang mencapai 77 ribu penumpang pada tahun 2018 dan meningkat bertahap menjadi 1,48 juta penumpang per hari pada tahun 2050.

5.4.4 Kereta Rel Listrik

Kereta rel listrik atau *Commuter Line* (CL) merupakan salah satu moda angkutan massal berbasis rel listrik di Jabodetabek di bawah pengelolaan PT Kereta Commuter Indonesia (KCI) yang menjadi anak perusahaan PT Kereta Api Indonesia (Persero) sejak tanggal 15 September 2008.

CL merupakan modernisasi dari kereta rel diesel yang beroperasi di Jabodetabek dengan merenovasi, menata ulang, dan mesterilisasi sarana dan prasarana, termasuk jalur kereta dan stasiun kereta, penggunaan tiket elektronik (sejak Juli 2013). Hingga Juni 2018, KCI telah memiliki 900 unit gerbong, dan akan terus bertambah menjadi 1.450 gerbong, guna mengangkut penumpang sebanyak 1,2 juta sehari pada tahun 2019.

Sepanjang tahun 2017, KCI telah melakukan penambahan armada sebanyak 60 gerbong untuk memenuhi kenaikan penumpang CL. Jumlah penumpang CL pada tahun 2016 mencapai 180 juta penumpang dan penumpang terbanyak hingga Juni 2018 mencapai 1.154.080 sehari. KCI sebagai operator CL melayani 79 stasiun di seluruh Jabodetabek, Banten, dan Cikarang dengan jangkauan rute mencapai 418,5 km.

Jumlah penumpang CL diprediksi sebanyak 2,04 juta penumpang pada tahun 2050. Jumlah penumpang ini diperoleh dengan mempertimbangkan beroperasinya jalur rel *double-double track* dari Manggarai-Cikarang pada tahun 2020 dan penambahan jalur ganda CL dan jalur *elevated* CL dari Tanah Abang-Rangkas Bitung pada tahun 2023, dan asumsi peningkatan penumpang 1% per tahun sejak tahun 2024.

Perhitungan penghematan BBM atas pemanfaatan CL didasarkan atas potensi penghematan BBM dari perhitungan mitigasi GRK dari pemanfaatan CL di Jakarta

is estimated to reach 382 GWh/year.

By adopting GHG mitigation calculation from BRT utilization, assuming modal shift of Jabodetabek is equivalent to BRT modal shift, and considering the occupancy rate and vehicle ECI, it is estimated that the potential of oil fuels savings on the utilization of LRT Jakarta and LRT Jabodetabek will reach 7,148 kl in 2018 and increased to 817 thousand kl in 2050. The amount of oil fuels saving is obtained with the assumption that passengers reach 77 thousand passengers by 2018 and gradually increase to 1.48 million passengers per day by 2050.

5.4.4 Commuter Line

Electric rail train or Commuter Line (CL) is one of the rail-based mass transportation modes in Jabodetabek under the management of PT Kereta Commuter Indonesia (KCI), a subsidiary of PT Kereta Api Indonesia (Persero) since September 15, 2008.

CL is a modernization of diesel rail trains operating in Jabodetabek by renovating, rearranging, and sterilizing facilities and infrastructure, including railway lines and train stations, also electronic ticket implementation (since July 2013). As of June 2018, KCI has 900 units of carriages, and will continue to grow to 1,450 carriages, to carry 1.2 million passengers per day by 2019.

Throughout the year 2017, KCI has increased the fleet of 60 carriages to meet the passenger increase of CL. The number of CL passengers in 2016 reached 180 million and the most passengers until June 2018 reached 1,154,080 a day. KCI as operator CL serves 79 stations throughout Jabodetabek, Banten, and Cikarang with route reaches 418.5 km.

The number of CL passengers is predicted to be 2.04 million passengers by 2050. This number of passengers is obtained by considering the operation of the double-double track from Manggarai-Cikarang in 2020 and the addition of double track and elevated line from Tanah Abang-Rangkas Bitung in 2023, along with an assumption of 1% increase of passengers per year since 2024.

The calculation of oil fuels saving is based on the potential of oil fuels savings from GHG mitigation calculations from CL utilization in Jakarta 2016. By using modal shift according to

tahun 2016. Dengan menggunakan perpindahan moda sesuai perpindahan moda BRT, tingkat okupasi dan IKE sesuai di atas, serta asumsi proyeksi penumpang CL, maka potensi penghematan BBM (bensin dan minyak solar) dari pengoperasian CL pada tahun 2016 adalah 116.700 kl bensin (termasuk pertalite dan pertamax) dan 6140 kl minyak solar (termasuk pertadex dan biodiesel). Potensi penghematan BBM tersebut diperkirakan dapat mencapai 5,08 juta kl pada tahun 2050, masing-masing 95% berupa bensin dan 5% berupa minyak solar.

Potensi penghematan BBM atas pemanfaatan CL di Jabodetabek lebih besar dari DKI Jakarta terjadi karena jumlah penumpang CL diperkirakan sebanyak 80% merupakan penumpang yang naik dari stasiun CL di Bodetabek. Selain itu, panjang jalur CL di di Bodetabek mencakup 131,18 km atau 31,35% dari total jalur CL Jabodetabek. Kedua parameter tersebut (jumlah penumpang dan panjang jalur CL) tidak dipertimbangkan sewaktu menghitung potensi mitigasi GRK atas pemanfaatan CL di Jakarta pada tahun 2016. Berdasarkan HEESI (*Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*) dari Kementerian ESDM, total konsumsi listrik CL Jabodetabek mencapai 223 GWh dan diperkirakan mencapai 811 GWh pada tahun 2050.

BRT modal shift, occupancy rate and ECI as above, and CL passenger projection assumption, the potential of oil fuels saving from CL operation in 2016 is 116,700 kl of gasoline (including pertalite and pertamax) and 6,140 kl of diesel oil (including pertadex). The potential for oil fuels saving is estimated to reach 5.08 million kl in 2050, 95% of which is gasoline and 5% in the form of diesel oil.

*The potential of oil fuels saving from the implementation of CL in Jabodetabek is higher than DKI Jakarta because 80% of the total CL passengers is estimated come from CL stations in Bodetabek area. In addition, the CL path length in Bodetabek includes 131.18 km or 31.35% of the total Jabodetabek CL track. Both parameters (the number of passengers and the length of CL track) are not considered when calculating GHG mitigation potential for CL utilization in Jakarta in 2016. Based on HEESI (*Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*) from MEMR, total Jabodetabek's CL electricity consumption reaches 223 GWh and is estimated to reach 811 GWh by 2050.*

5.5 Substitusi Bahan Bakar Minyak

Oil Fuels Substitution

5.5.1 Pemanfaatan Energi Listrik

Pemanfaatan energi listrik untuk kendaraan yang berkembang dewasa ini tidak lepas dari upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Pengembangan mobil listrik yang ramah lingkungan mendapat perhatian lebih setelah adanya kasus emisi mobil diesel Volkswagen (VW). VW memanipulasi hasil uji emisi yang sebenarnya sudah di luar ambang batas, sehingga harus menarik peredaran mobil diesel tersebut di Eropa.

Mobil listrik yang banyak beredar saat ini di pasar Eropa, Amerika, China, serta beberapa negara lainnya berjenis *Battery Electric Vehicles* (BEV) dan *Plug-in Hybrid Electric Vehicles* (PHEV). Dari tahun 2013 hingga 2017 jumlah penjualan mobil listrik terbesar adalah di China yang diikuti oleh Amerika Serikat. Baterai yang umum digunakan pada kendaraan listrik adalah baterai berjenis *nickel metal hydride* (NiMH) dan baterai *lithium-ion* (Li-ion). Penggunaan baterai berjenis *lithium ion* pada mobil listrik berbeda dengan jenis baterai yang digunakan pada laptop dan telepon seluler. Baterai yang digunakan pada mobil listrik harus dapat menangani kebutuhan daya yang tinggi (dapat digunakan hingga seratus kW) dan memiliki kapasitas penyimpanan yang tinggi (dapat digunakan hingga puluhan kWh) dengan ukuran serta berat yang terbatas dan harga yang terjangkau. Baterai yang telah habis masa penggunaannya harus didaur ulang supaya baterai bekas tidak menyebabkan masalah baru, yaitu limbah beracun.

Pengisian baterai masih menjadi kendala karena memerlukan waktu yang lama. Pada awal pengembangannya, lama pengisian daya memerlukan waktu sekitar 12-18 jam. Saat ini sudah berkembang perangkat *fast charging* dengan waktu sekitar 25 menit untuk dapat mengisi 80% kapasitas baterai.

Kasus substitusi BBM dengan listrik merupakan salah satu opsi untuk mengurangi penggunaan BBM untuk kendaraan bermotor di wilayah Jabodetabek. Kasus ini memanfaatkan mobil listrik dan motor listrik untuk menggantikan sebagian kendaraan bermotor yang menggunakan bensin dan solar. Mobil dan motor listrik diasumsikan mulai digunakan tahun 2025, dengan pangsa sebesar 1% dari total penjualan

5.5.1 Electricity Utilization

The use of electrical for vehicles cannot be separated from efforts to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. Environmentally friendly electric car developers received more attention after the case of Volkswagen (VW) diesel car emission. VW manipulated the results of emissions test that are actually beyond the threshold and had to do a massive recall of its diesel cars in Europe.

Electric cars that widely operating in Europe, America, China, and several other countries are in the type of Battery Electric Vehicles (BEV) and Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV). From 2013 to 2017, the largest number of electric car sales was in China followed by the United States. Batteries commonly used in electric vehicles are nickel metal hydride (NiMH) batteries and lithium-ion (Li-ion) batteries. The use of lithium ion batteries in electric cars is different from the types used in laptops and cell phones. Batteries used in electric cars must be able to handle high power requirements (up to 100 kW) and have a high storage capacity (up to tens of kWh) as well as restricted requirement on size and weight also affordable prices. Used batteries must be recycled so it do not cause new problems, namely toxic waste.

Charging the battery is still an obstacle for electric vehicle development because it requires a long time. At the beginning of its development, the charging time takes around 12-18 hours. The current fast charging devices can charge 80% of the battery capacity within 25 minutes.

Oil fuels to electricity substitution case is one option to reduce the use of oil fuels for motor vehicles in Jabodetabek area. This case utilizes electric cars and electric motorcycles to replace some vehicles that use gasoline and diesel. Electric cars and motorcycles are assumed to enter the market in 2025 with a share of 1% of the total sales of new vehicles in Jabodetabek and increasing gradually to 100% by 2050.

kendaraan baru di Jabodetabek dan meningkat secara bertahap menjadi 100% pada tahun 2050. Dengan asumsi tersebut, jumlah mobil listrik pada tahun 2025 sebanyak 21 ribu unit, sedangkan motor listrik sebanyak 34 ribu unit dan meningkat menjadi sebesar 2,10 juta unit mobil listrik dan sebanyak 3,40 juta unit motor listrik pada tahun 2050.

Konsumsi energi spesifik dari mobil penumpang di Jabodetabek sebesar 8,3 liter/100 km dan mobil listrik sebanyak 15,58 kWh/100 km, sedangkan untuk motor sebesar 2 liter/60 km dan motor listrik sebesar 3 kWh/60 km. Total penghematan BBM pada tahun 2025 hingga tahun 2050 untuk bensin sebanyak 3,8 juta kl dan untuk solar sebesar 0,3 juta kl. Dengan demikian, kebijakan pemanfaatan kendaraan listrik di Jabodetabek, selain berpotensi mengurangi konsumsi BBM, juga menurunkan tingkat kebutuhan energi mobil penumpang dan sepeda motor dari 86 juta SBM menjadi 67 juta SBM atau menurun sebesar 22% pada tahun 2050. Adapun kebutuhan listrik akan meningkat dari 11,5 GWh pada tahun 2025 menjadi 9,14 TWh pada tahun 2050.

Dengan dimanfaatkannya kendaraan listrik (mobil penumpang dan sepeda motor), 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 tidak menjadikan Indonesia hanya sebagai penonton masuknya impor beragam produk baterai listrik.

5.5.2 Pemanfaatan Bahan Bakar Gas

Kasus substitusi BBM untuk transportasi darat dengan menggunakan bahan bakar gas (BBG) adalah kasus peningkatan potensi pemanfaatan gas bumi di transportasi darat. Saat ini, pemanfaatan BBG sudah berlangsung tetapi masih berjalan lambat seiring terbatasnya infrastruktur BBG. Dalam kasus ini, potensi pemanfaatan BBG di Jabodetabek sesuai dengan rencana alokasi gas bumi sebagai BBG sebagaimana ditetapkan pada Permen ESDM 19/2010 tentang pemanfaatan BBG untuk transportasi. Permen ESDM 19/2010 menetapkan alokasi gas sebagai BBG untuk wilayah Jakarta adalah 66,3 MMSCFD (24,20 BCF) pada tahun 2015. Namun, potensi alokasi gas bumi tersebut digeser menjadi tahun 2050. Hal ini dilakukan karena prakiraan kebutuhan BBG Indonesia pada tahun 2050 sesuai skenario dasar hanya sebanyak 14,33 BCF.

With this assumption, number of electric cars in 2025 is 21 thousand units, while motorbikes electricity amounted to 34 thousand units and increased to 2.10 million units of electric cars and 3.40 million units of electric motorcycles in 2050.

Specific energy consumption of car in Jabodetabek is 8.3 liters/100 km and for electric car is 15.58 kWh/100 km as for motorcycle and electric motorcycle are 2 liters/60 km and 3 kWh/60 km, respectively. Total oil fuels savings from 2025 to 2050 are 3.8 million kl of gasoline and 0.3 million kl of diesel oil. Thus, the policy of using electric vehicles in Jabodetabek, in addition to reducing oil fuels consumption, will also reduce the level of energy demand of car and motorcycle from 86 million BOE to 67 million BOE or a decrease of 22% in 2050. The electricity demand will increase from 11.5 GWh in 2025 to 9.14 TWh in 2050.

With the use of electric vehicles (car and motorcycle), it is expected that PLN can develop 1,000 charging stations (SPLU) of fast charging type. The government also needs to immediately think about the handling of used batteries waste to avoid environmental problems. Equally important, the government needs to encourage the study and development of electric vehicle batteries in domestic so that the implementation of policies on the use of electric vehicles does not make Indonesia only as an audience the entry of various imported electric battery products.

5.5.2 Gas Utilization

The case of oil fuels substitution for land transportation using natural gas (BBG) is a case of increasing the potential for natural gas utilization in land transportation. At present, the use of BBG is already underway but it is still running slowly as the infrastructure is limited. In this case, the potential use of BBG in Jabodetabek is in accordance with the planned allocation of natural gas as CNG as stipulated in MEMR Regulation 19/2010 concerning the use of BBG for transportation. MEMR Regulation 19/2010 stipulates that gas allocation as BBG for Jakarta area was 66.3 MMSCFD (24.20 BCF) in 2015. However, the potential allocation of natural gas is shifted to 2050. This is done because the forecast of Indonesia's BBG demand in 2050 is only 14.33 BCF. The consumption of natural gas to meet land transportation demand only reached 1.37 BCF in 2016.

Adapun konsumsi gas bumi untuk memenuhi kebutuhan transportasi darat baru mencapai 1,37 BCF pada tahun 2016.

Substitusi BBM dengan BBG untuk transportasi darat di Jabodetabek akan dapat menghemat BBM pada tahun 2025 sebesar 0,15 juta kl dan naik menjadi sebesar 0,47 juta kl pada tahun 2050. Total jumlah penghematan BBM dalam kurun waktu tersebut adalah sebesar 8,95 juta kl.

5.5.3 Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati

Pemanfaatan bahan bakar nabati (BBN) sudah dimulai semenjak tahun 2006 dengan keluarnya Peraturan Presiden No. 5/2006 mengenai target BBN pada tahun 2025 sebesar 5% dari bauran energi nasional. Pada tahun 2015, pemerintah mengeluarkan Permen ESDM No. 12/2015 tentang mandatori BBN, sebagai pengganti 2 (dua) regulasi KESDM sebelumnya. Pada baseline, pemanfaatan biodiesel sebagai pengganti minyak solar sudah dipertimbangkan sesuai target campuran biodiesel dengan minyak solar sebagaimana Permen ESDM No. 12/2015, yaitu 20% untuk kurun waktu 2016-2025 dan meningkat sebesar 30% untuk 2026-2050.

Pada kasus pemanfaatan biodiesel, target penggunaan biodiesel sebagai campuran dengan minyak solar di Jabodetabek diasumsikan menjadi 35% mulai tahun 2030. Untuk itu, terjadi penghematan minyak solar sebanyak 0,21 juta kl pada tahun 2030 dan meningkat menjadi 2,83 juta kl minyak solar pada tahun 2050. Penurunan kebutuhan minyak solar tersebut akan mengurangi impor minyak solar.

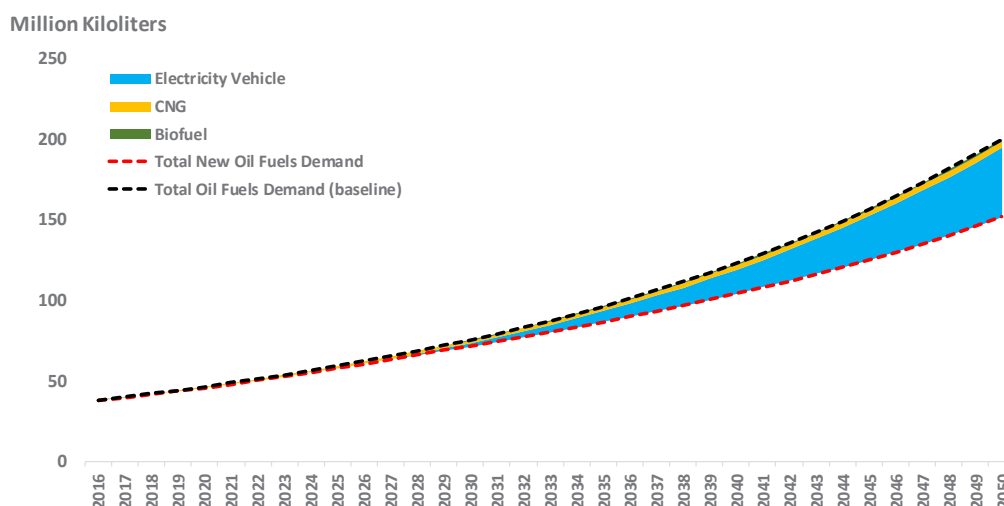
Oil fuels substitution with CNG for land transportation in Jabodetabek will be able to save oil fuels by 2025 of 0.15 million kl and will increase to 0.47 million kl in 2050. The total amount of oil fuels savings in that period is 8.95 million kl.

5.5.3 Biofuels Utilization

The use of biofuels started in 2006 with the issuance of Presidential Regulation No. 5/2006 concerning the target of biofuels in 2025 amounting to 5% of national energy mix. In 2015, the Government issued MEMR Regulation No. 12/2015 concerning biofuels mandatory as a replacement for the 2 (two) previous MEMR regulations. In the baseline, the use of biodiesel as a substitute for diesel oil has been considered in accordance with the target of biodiesel mixtures in MEMR Regulation No. 12/2015, which is 20% for the 2016-2025 period and increases to 30% for 2026-2050.

In the case of biodiesel utilization, the target of using biodiesel as a mixture in Jabodetabek is assumed to be 35% starting in 2030. As a result, there will be a saving of diesel oil as much as 0.21 million kl in 2030 and increases to 2.83 million kl in 2050. This decrease in diesel oil demand will reduce the import.

Gambar 5.4 Kebutuhan energi untuk kasus substitusi BBM
Figure 5.4 Energy demand for the case of oil fuels substitution



5.6 Peningkatan Efisiensi Energi Transportasi

Improvement of Transportation Energy Efficiency

5.6.1 Mobil Penumpang

Di beberapa negara maju telah memperkenalkan berbagai macam kebijakan, seperti target sukarela dan peraturan wajib standar efisiensi untuk mempercepat kemajuan teknologi kendaraan yang lebih efisien bahan bakar. Terkait standar efisiensi, beberapa negara seperti Korea, Jepang, Uni Eropa, dan Kanada telah beralih dari target sukarela menjadi peraturan yang mengikat dalam beberapa tahun terakhir. Adapun standar efisiensi energi mobil penumpang di Indonesia masih belum ada.

International Energy Agency (IEA) merekomendasikan agar negara-negara tanpa standar efisiensi bahan bakar harus memperkenalkan pentingnya efisiensi energi dan tingkat standar yang lebih ketat, yang didasarkan pada tingkat target masing-masing kendaraan dan sesuai dengan ukuran kendaraan. Hal ini bertujuan agar konsumsi energi di sektor transportasi dapat berkurang karena pemakaian yang lebih efisien.

Pemerintah Indonesia belum menetapkan target efisiensi bahan bakar yang tidak mengikat maupun mengikat. Namun pada tahun 2013, pemerintah mengeluarkan PP No 41/2013 mengenai LCGC (*Low Cost Green Car*) yang hemat energi karena memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah, sehingga mampu mengurangi konsumsi energi mobil penumpang. Semakin meningkatnya perkembangan teknologi kendaraan yang meliputi perbaikan teknologi motor penggerak, sistem pembakaran, tipe ban yang digunakan, serta sistem pendingin udara, maka diperkirakan pada tahun 2050 konsumsi bahan bakar mobil penumpang di wilayah Jabodetabek menjadi 35,5 mil per galon atau 15,09 km/liter.

Untuk kendaraan mobil penumpang, kebutuhan energi Jabodetabek tumbuh mencapai lima kali lipat atau sebesar 13,77 juta kl pada 2050, yang dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah mobil serta peningkatan jarak tempuh per penumpang. Dengan adanya efisiensi energi kedepan, penurunan konsumsi energi mobil penumpang mampu mencapai 27% pada tahun 2050.

Untuk meningkatkan perhatian terhadap penggunaan

5.6.1 Passenger Car

Some developed countries introduced various policies such as voluntary targets and mandatory regulations on efficiency standards to accelerate the advancement of fuel-efficient vehicle technology. Regarding efficiency standards, countries such as Korea, Japan, the European Union and Canada have switched from voluntary targets to binding regulations in recent years. The energy efficiency standards of passenger cars in Indonesia still do not exist.

The International Energy Agency (IEA) recommends that countries without fuel efficiency standards should introduce the importance of energy efficiency and a more stringent standard level, which is based on the target level and size of each vehicle. This aims to reduce energy consumption in the transportation sector due to efficient energy usage.

The Indonesian Government has not set fuel efficiency targets both binding and not binding. However, in 2013, the government issued regulation No. 41/2013 concerning LCGC (Low Cost Green Car) which is energy efficient that can reduce the energy consumption of passenger cars. Along with the increase on development of vehicle technology which includes the improvement of motor drive technology, combustion systems, types of tire, and air conditioning systems, it is estimated that, in 2050, the fuel consumption of passenger cars in Jabodetabek area will be 35.5 miles per gallon or 15.09 km/liter.

For passenger car, energy demand in Jabodetabek will grow five-fold or reaches 13.77 million kl in 2050. It is affected by the growth in the number of cars and an increase in mileage per passenger. With the energy efficiency, reduction in passenger car's energy demand is able to reach 27% by 2050.

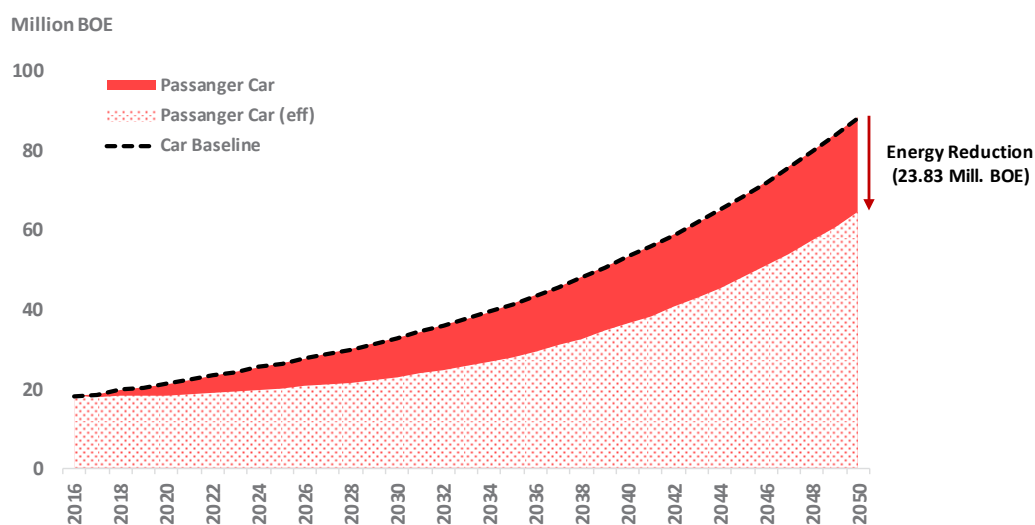
To increase attention to the use of energy efficient

transportasi yang efisien energi, pemerintah diharapkan membuat regulasi yang akan mendorong produsen kendaraan melakukan pelabelan tentang efisiensi bahan bakar kendaraan dan mengadakan program sertifikasi efisiensi bahan bakar kendaraan. Hal ini dapat menstimulasi minat konsumen untuk menggunakan kendaraan yang efisien bahan bakar dan mendorong penyebaranluasan kendaraan hemat bahan bakar. Selanjutnya, dalam upaya untuk mengatasi masalah lingkungan global dan lokal, diperlukan insentif pajak terhadap kendaraan hemat bahan bakar dan rendah emisi.

transportation, the government is expected to make regulations that will encourage vehicle manufacturers to label vehicle fuel efficiency and establish a vehicle fuel efficiency certification program. This can stimulate consumer interest in using fuel-efficient vehicles and encourage the spread of fuel-efficient vehicles. Furthermore, in an effort to address global and local environmental problems, tax incentives for fuel-efficient and low-emission vehicles are needed.

Gambar 5.5 Kebutuhan energi untuk kasus efisiensi energi di mobil penumpang

Figure 5.5 Energy demand for the case of energy efficiency in passenger cars



5.6.2 Sepeda Motor

Intensitas energi kendaraan penumpang di wilayah Jabodetabek sangat dipengaruhi oleh penggunaan sepeda motor, yang menguasai 59% total stok kendaraan yang berada di Jabodetabek dan menggunakan energi sebesar 33% dari total konsumsi energi sektor transportasi darat Jabodetabek, disusul mobil penumpang 44,9% dan kendaraan barang 15,8%. Sebagai perbandingan, konsumsi energi sepeda motor di China hanya 6,6% dan di India 10,9%.

Penggunaan energi moda sepeda motor di Jabodetabek diproyeksikan tumbuh mencapai lima kali lipat pada tahun 2050, namun intensitas energinya pada tahun 2050 membaik 29% sebagai cerminan keuntungan efisiensi teknologi dari sepeda motor.

Penggunaan sepeda motor efisien energi diharapkan mampu mengurangi 18,6 juta SBM atau 3,93 juta kl terhadap total kebutuhan bensin sepeda motor di Jabodetabek.

5.6.2 Motorcycle

The energy intensity of passenger vehicles in Jabodetabek area is strongly influenced by the use of motorcycle, which controls 59% of the total stock of vehicles located in Jabodetabek. It uses energy by 33% of the total energy consumption in Jabodetabek's land transportation sector, followed by passenger cars 44.9% and goods vehicles 15.8%. As a comparison, motorcycle energy consumption in China is only 6.6% and in India 10.9%..

The use of motorcycle in Jabodetabek is projected to grow fivefold in 2050 but the energy intensity in 2050 improved by 29% as a reflection of the technological efficiency.

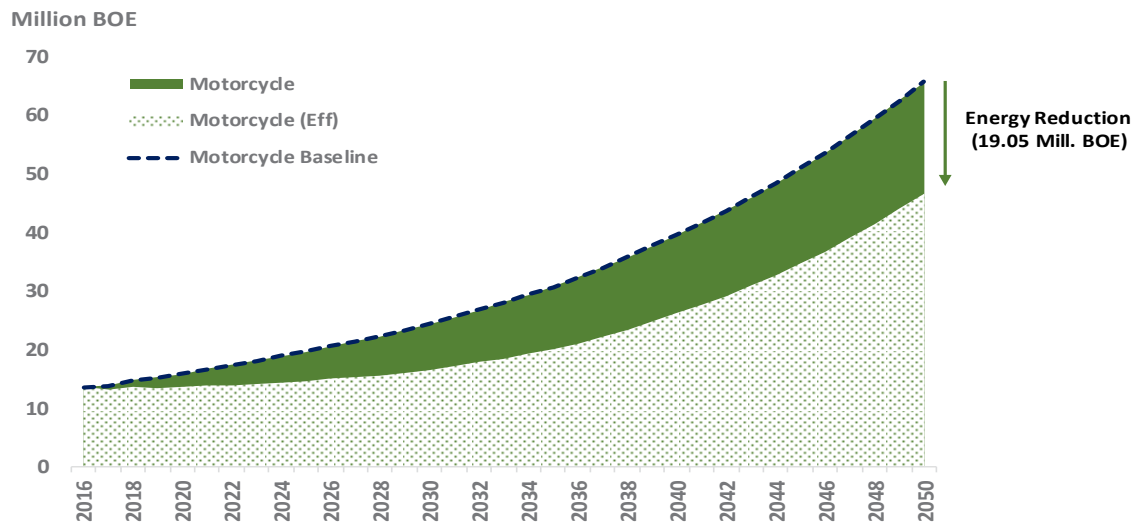
The use of energy efficient motorcycle is expected to reduce 18.6 million BOE or 3.93 million kl gasoline to the total gasoline demand of motorcycle in Jobodetabek. Motorcycle's

Konsumsi bensin sepeda motor tahun 2016 adalah 2,38 juta kl dan meningkat menjadi 12,53 juta kl pada tahun 2050. Penghematan kebutuhan bensin pada sepeda motor tersebut karena intensitas konsumsi bensin sepeda motor diasumsi akan meningkat dari 0,0178 liter/penumpang-km tahun 2016 menjadi 0,023 liter/penumpang-km pada tahun 2050.

gasoline consumption in 2016 was 2.38 million kl and it will increase to 12.53 million kl in 2050. The gasoline consumption intensity of motorcycle is assumed to increase from 0.0178 liter/passanger-km in 2016 to 0.023 liter/passanger-km in 2050.

Gambar 5.6 Kebutuhan energi untuk kasus efisiensi energi di sepeda motor

Figure 5.6 Energy demand for the case of energy efficiency in motorcycle



5.6.3 Bus dan Truk

Standar efisiensi bahan bakar kendaraan truk dan bus belum diatur di Indonesia. Pada kurun waktu 2016-2050, kebutuhan energi kendaraan truk Jabodetabek meningkat sebesar 5,7 kali lipat atau sebesar 35,8 juta SBM (2050), yang menunjukkan permintaan layanan angkutan barang meningkat seiring dengan pertumbuhan perdagangan. Sedangkan kebutuhan energi kendaraan bus Jabodetabek meningkat sebesar 5,5 lipat atau sebesar 12,35 juta SBM pada tahun 2050, hal ini disebabkan pertumbuhan jumlah penumpang BRT (Transjakarta) yang terus meningkat.

Dampak efisiensi energi di kendaraan barang/truk sangat terbatas untuk mengimbangi efek pertumbuhan konsumsi energinya, yang disebabkan tidak adanya standar efisiensi bahan bakar di kendaraan truk. Regulasi pemerintah yang mengatur tentang standar efisiensi kendaraan berat (truk dan bus) diproyeksikan pada tahun 2025 sudah mulai ada, sehingga dapat menurunkan konsumsi energi truk dan bus sebanyak 12% pada tahun 2050. Asumsi perbaikan efisiensi truk dan bus sesuai dengan rekomendasi *International Energy Agency* (IEA).

Kendaraan barang dan bus bertanggungjawab terhadap

5.6.3 Bus and Truck

Fuel efficiency standard for truck and bus vehicles has not been regulated in Indonesia. In 2016-2050 period, the energy demand of truck in Jabodetabek increases by 5.7 times or by 35.8 million BOE, which indicates the increase for freight transportation services demand along with the growth of trade. Energy demand of bus in Jabodetabek will increase by 5.5 fold or by 12.35 million BOE in 2050. This is due to the growing number of BRT (Transjakarta) passengers.

Energy efficiency impact on truck vehicle is very limited to compensate the effects of energy consumption growth due to the absence of fuel efficiency standards. Government regulations governing the efficiency standards of heavy vehicles (trucks and buses) are projected to begin in 2025 to reduce the energy consumption of trucks and buses by 12% in 2050. The assumptions of improvement in the efficiency of trucks and buses are in accordance with the recommendations of *International Energy Agency* (IEA).

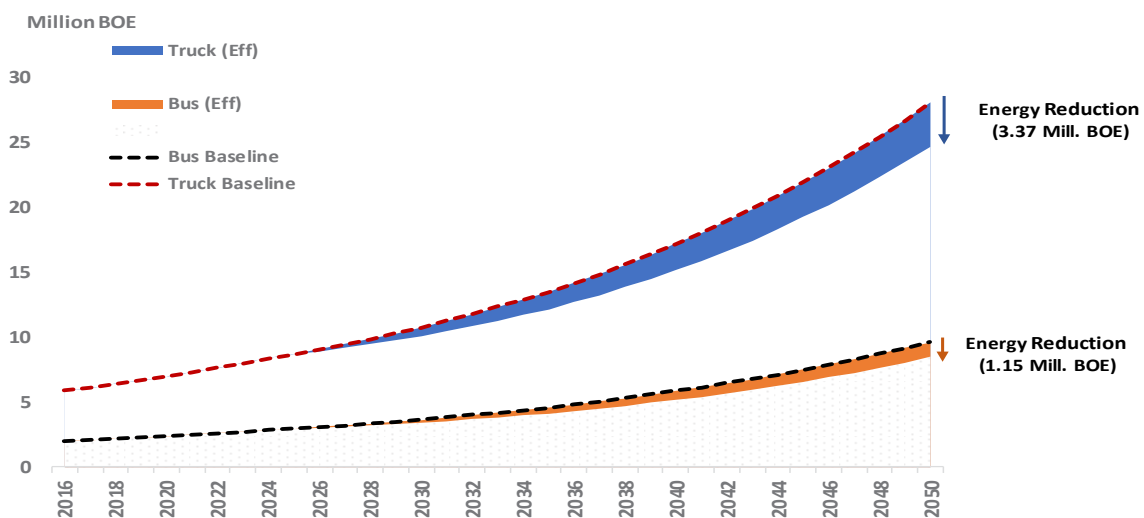
Bus and freight vehicles account for 21.5% of the total

21,5% dari total penggunaan energi transportasi di Jabodetabek pada tahun 2016. Kebutuhan energi jenis kendaraan bus dan truk akan bertambah di tahun 2050 sehingga akan meningkatkan kebutuhan impor minyak. Standar efisiensi kendaraan berat (truk dan bus) masih belum diterapkan juga di banyak negara, hanya beberapa negara seperti Kanada, China, Jepang dan Amerika Serikat yang menerapkan standar efisiensi untuk kendaraan berat (truk dan bus), sedangkan beberapa negara maju lainnya sedang dalam proses untuk menerapkannya.

energy consumption of transportation in Jabodetabek in 2016. Energy demand for bus and truck will increase in 2050 and will increase the oil fuels imports. Efficiency standards for heavy vehicles (trucks and buses) have only been implemented in a few countries such as Canada, China, Japan and the United States while some other developed countries are in the process to implement it.

Gambar 5.7 Kebutuhan energi untuk kasus efisiensi energi di truk dan bus

Figure 5.7 Energy demand for the case of energy efficiency in truck and bus



5.6.4 Kereta Rel Listrik

Untuk kereta rel listrik atau *Commuter Line* (CL), terjadi peningkatan jumlah penumpang sebanyak 280.6 juta penumpang di tahun 2016 atau meningkat 8,8% per tahun dengan volume rata-rata 766 ribu penumpang/hari. Peningkatan jumlah penumpang ini disebabkan oleh pertambahan jumlah kereta, pembangunan fasilitas parkir dan perbaikan sistem pertiketan. Secara mendasar, PT Kereta Commuter Indonesia (KCI) sebagai operator CL berusaha untuk merealisasikan target daya angkut 1,2 juta penumpang per hari yang telah ditargetkan oleh pemerintah seiring dengan upaya untuk terus meningkatkan kualitas pelayanan dan kehandalan CL sebagai moda transportasi publik di wilayah Jabodetabek.

Kebutuhan energi CL sebesar 137 GWh pada tahun 2016, dan diproyeksikan pada tahun 2050 sebesar 523 GWh. Jika mengacu efisiensi energi CL yang ada di Jepang, maka CL Jabodetabek pada tahun 2050 mampu menghemat energi sebesar 82 GWh atau efisiensi energinya sebesar 15,6%. Efisiensi teknologi CL dapat meliputi perbaikan pada

5.6.4 Commuter Line

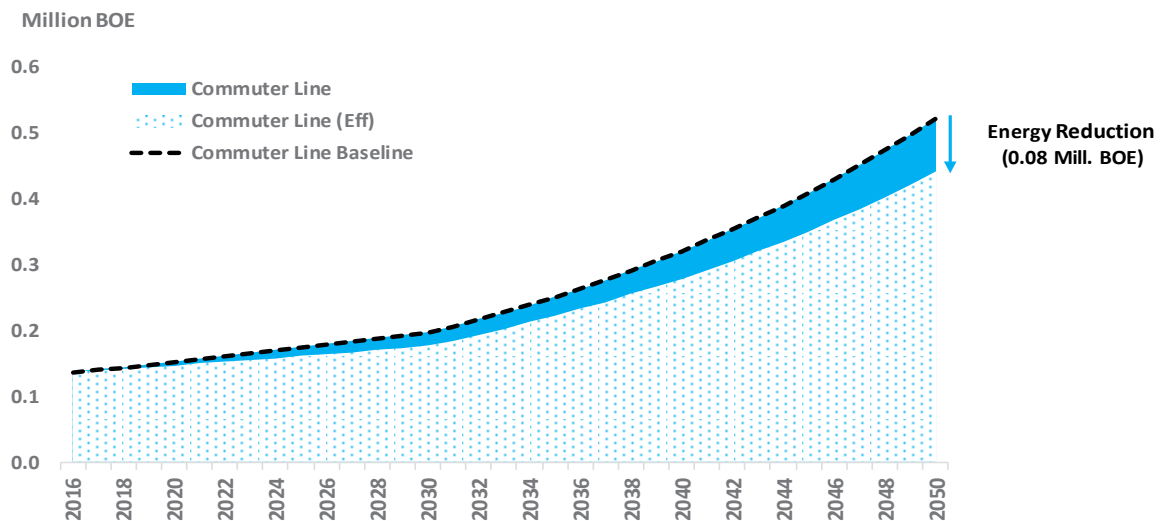
Number of passenger of electric rail train or Commuter Line (CL) will increase 8.8% per year or with an average volume of 766 thousand passengers/day. The increasing number of passengers is due to the increasing number of trains, the construction of parking facilities and the improvement of the ticketing system. PT Kereta Commuter Indonesia (KCI) as CL operator is trying to achieve the target of 1.2 million passengers per day, which has been outlined by the Government, in line with efforts to continuously improve the service quality and reliability of CL as a public transportation mode in Jabodetabek area.

Energy demand for CL reached 137 GWh in 2016 and will reach 523 GWh in 2050. Referring to CL energy efficiency in Japan, CL in Jabodetabek can save energy by 82 GWh in 2050 with energy efficiency of 15.6%. CL technology efficiency can include improvements in regenerative braking, body mass, efficiency of traction motor types, and control systems.

regenerative braking, massa bodi, efisiensi tipe motor traksi, dan sistem kontrol.

Gambar 5.7 Kebutuhan energi untuk kasus efisiensi energi di KRL

Figure 5.7 Energy demand for the case of energy efficiency in Commuter Line



Meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi akan memberikan beberapa keuntungan diantaranya mengurangi impor minyak, meningkatnya transfer teknologi, dan meningkatkan ketahanan energi. Upaya dalam melakukan penghematan bahan bakar selain dari teknologi diantaranya dengan melakukan *eco driving*, pola pengemudi akan lebih baik untuk efisiensi bahan bakar. Peningkatan efisiensi bahan bakar dapat mengurangi emisi dan polusi udara serta dampak terhadap kesehatan dari mengurangi penggunaan energi di sektor transportasi.

Increasing energy efficiency in transportation sector will provide several benefits including reducing oil imports, increasing technology transfer, and increasing energy security. Efforts to save fuel, aside from technology improvement, include eco driving where the driver's pattern is directed to a better fuel efficiency. Fuel efficiency improvements can reduce emissions and air pollution as well as health impacts from reducing energy use in the transportation sector.

5.7 Penurunan Kebutuhan BBM dari Pemanfaatan Energi Berkelanjutan

Decreasing Oil Fuels Demand Through Sustainable Energy Utilization

Analisis penghematan BBM atas kasus pemanfaatan angkutan massal, diversifikasi BBM, dan teknologi kendaraan yang efisien dilakukan secara serentak. Hal ini berarti bahwa semua kasus berjalan bersamaan, sehingga dapat diketahui potensi penghematan BBM atas ketiga kasus tersebut. Analisis penghematan kebutuhan BBM dimulai dari pemanfaatan angkutan massal. Sisa BBM dari penetrasi angkutan massal digunakan sebagai dasar untuk menganalisis potensi penghematan BBM atas kasus diversifikasi. Begitu seterusnya untuk kasus pemanfaatan teknologi kendaraan yang efisien.

Pada analisis masing-masing kasus sebagaimana disampaikan pada sub bab 5.6 di atas, penghitungan penghematan BBM terhadap baseline kebutuhan BBM dilakukan per kasus, sehingga potensi penghematan BBM akan lebih besar daripada jika dilakukan secara serentak. Asumsi ini dilakukan untuk memudahkan perhitungan karena kalau dilakukan secara serentak, maka akan mengubah komposisi *modal shifting* yang dianggap konstan selama analisis. Perubahan *modal shifting* tersebut karena harus mempertimbangkan masuknya kendaraan listrik, penetrasi BBG dan biodiesel, dan penggunaan teknologi kendaraan yang efisien, sebagai konsekuensi atas analisis kasus yang dilakukan secara bersamaan.

5.7.1 Kasus Perpindahan Moda Transportasi

Angkutan massal, seperti BRT, MRT, LRT dan CL, merupakan jenis angkutan yang menghemat BBM. Hal ini terjadi karena volume atau daya muat penumpang angkutan massal lebih banyak dibanding angkutan pribadi atau angkutan umum lainnya serta angkutan massal berbasis rel menggunakan listrik sebagai sumber energi. Untuk itu, penggunaan angkutan massal berkontribusi terhadap peningkatan kualitas udara di perkotaan, mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sekaligus memperlancar arus lalu lintas. Fluktuasi penghematan BBM tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan infrastruktur kalah cepat dengan pertumbuhan kendaraan bermotor. Total penghematan kebutuhan BBM pada tahun 2050 mencapai 1,79 juta kl.

Sejalan dengan peningkatan jumlah penumpang akibat peningkatan infrastruktur angkutan massal, maka jumlah penumpang angkutan massal akan meningkat dari 830

Analysis of oil fuels savings on case of mass transportation utilization, oil fuels diversification, and efficient vehicle technology is carried out simultaneously. This means that all cases run together, so that the potential oil fuels savings can be identified for the three cases. The savings analysis of oil fuels demand starts from the utilization of mass transportation. The rest of oil fuels from mass transportation penetration is used as a basis for analyzing the potential for oil fuels savings in the diversification case. So on for the case of efficient vehicle technology.

In analysis of each case as stated in section 5.6, the calculation of oil fuels savings is carried out per case so the potential for oil fuels savings will be greater than if done simultaneously. This assumption is made to simplify the calculation. If done simultaneously, it will change composition of the modal shifting which is considered constant during the analysis. The change in modal shifting must consider the entry of electric vehicles, the penetration of BBG and biodiesel, and the efficient use of vehicle technology, as a consequence of simultaneous case analysis.

5.7.1 Case of Transportation Modal Shift

Mass transportation such as BRT, MRT, LRT and CL, is a type of transportation that saves oil fuels. This happens because the volume or the passenger loading capacity of mass transportation is larger than private transportation or other public transport as well as rail-based mass transportation using electricity as energy source. For this reason, the use of mass transportation contributes to improving air quality in urban areas, reducing greenhouse gas (GHG) emissions while untangle the traffic flow. Fluctuations in oil fuels saving indicate that infrastructure availability cannot keep up with the vehicle's growth. The total saving of oil fuels demand in 2050 reaches 1.79 million kl.

In line with the increase in mass transportation infrastructure, the number of mass transportation's passengers will increase from 830 thousand passengers in 2016 to 5.87 million

ribu penumpang pada tahun 2016 menjadi 5,87 juta penumpang pada tahun 2050. Kontribusi penumpang pada tahun 2050 masing-masing sebesar 20,82% BRT, 19,20% MRT, 25,20% LRT dan 34,78% CL. Peningkatan jumlah penumpang angkutan massal tersebut terutama disebabkan oleh beroperasinya dan bertambahnya infrastruktur MRT dan BRT serta didukung oleh kebijakan pembatasan penggunaan angkutan pribadi di perkotaan.

Penghematan BBM tersebut pada tahun 2050 terutama disebabkan oleh penggunaan LRT (45,81%), disusul CL (28,50%), MRT (18,34%), dan BRT (7,35%). Hal ini disebabkan karena infrastruktur LRT dalam analisis ini lebih luas dan menjangkau banyak pusat-pusat ekonomi dan perumahan. Jumlah penumpang CL relatif terbatas, meskipun telah dipertimbangkan jumlah penumpang 1,2 juta sehari dan penambahan penumpang akibat adanya *double-double track* Manggarai-Bekasi, adanya jalur elevated Tangerang-Tanah Abang, dan asumsi pertumbuhan penumpang 1% setahun sejak tahun 2024. Jumlah penumpang MRT dalam analisis ini relatif terbatas karena infrastruktur MRT relatif terbatas dibanding LRT. Infrastruktur BRT dalam analisis ini diasumsi tidak bertambah dan penambahan jumlah penumpang berlangsung akibat sterilisasi jalur BRT dan penambahan armada BRT.

Di sisi lain, peningkatan angkutan massal akan mendorong pertumbuhan kebutuhan listrik dari 134 GWh pada tahun 2016 menjadi 1.803 GWh pada tahun 2030. Kebutuhan listrik angkutan massal tersebut mencakup 31% untuk CL, 37% untuk MRT, 10% LRT Jakarta, dan 17% LRT Jabodetabek pada tahun 2050. Tingginya kebutuhan listrik MRT karena sebagian jalur dibangun di bawah tanah. Kebutuhan listrik angkutan massal setara dengan 22 sampai dengan 300 MW PLTU batubara dengan asumsi *losses* jaringan sebanyak 10%, *own use* listrik 5%, dan *capacity factor* PLTU 80%.

5.7.2 Kasus Substitusi BBM

Kasus substitusi BBM adalah kasus peningkatan penetrasi biodiesel dan BBG pada transportasi darat. Pada *baseline* kebutuhan minyak solar transportasi darat di Indonesia (termasuk Jabodetabek), potensi penetrasi biodiesel sebagai substitusi minyak solar diasumsi seperti regulasi mandatori BBN dalam Permen ESDM 12/2015. Dalam regulasi ini, pemanfaatan biodiesel pada tahun 2020 sebesar 30% terhadap biosolar (campuran minyak solar dengan biodiesel) dan dianggap konstan hingga tahun 2050. Pada kasus substitusi BBM dengan biodiesel, bauran biodiesel dalam biosolar diasumsi meningkat menjadi 35% mulai tahun 2030. Peningkatan penggunaan B30 menjadi B35 mulai tahun 2030 akan mengurangi kebutuhan minyak

passengers in 2050. The share of passengers in 2050 is 20.82% BRT, 19.20% MRT, 25.20% LRT and 34.78% CL. The increase in number of passengers is mainly due to the operation and increase of MRT and BRT infrastructure and supported by policies limiting the use of private transport in urban areas.

The oil fuels saving in 2050 is mainly due to the use of LRT (45.81%), followed by CL (28.50%), MRT (18.34%), and BRT (7.35%). This is because LRT infrastructure is more expansive and reaches many economic and housing centers. The number of CL passengers is relatively limited, despite the consideration of 1.2 million a day passengers and additional passengers due to the Manggarai-Bekasi double-double track, the Tangerang-Tanah Abang elevated track, and the assumption of passenger growth of 1% a year since 2024. MRT's passengers is also relatively limited because the MRT infrastructure is more limited compared to the LRT. BRT's infrastructure in this analysis is assumed to not expand and the additional passenger take place due to the sterilization of BRT lane and the addition of BRT fleet.

On the other hand, the increase of mass transportation will drive the growth of electricity demand from 134 GWh in 2016 to 1,803 GWh by 2030. The mass transportation's electricity demand includes 31% for CL, 37% for MRT, 10% for LRT Jakarta LRT, and 17% for LRT Jabodetabek in 2050. The underground lane causes the high demand of electricity for MRT. Electricity demand for mass transportation is equivalent to 22 MW to 300 MW of coal-fired power plant with network losses assumption of 10%, 5% of own use, and PLTU capacity factor of 80%.

5.7.2 Case of Oil Fuels Substitution

Oil fuels substitution case is a case of increasing penetration of biodiesel and BBG in land transportation. On baseline of diesel oil demand for land transportation in Indonesia (including Jabodetabek), the potential for biodiesel penetration as a substitute for diesel oil follows biofuels mandatory stated in MEMR Regulation 12/2015. In this regulation, biodiesel utilization in 2020 is 30% of biosolar (a mixture of diesel oil with biodiesel) and is considered constant until 2050. In the case of substitution of oil fuels with biodiesel, the biodiesel mix in biosolar is assumed to increase to 35% starting 2030. Increasing the use of B30 to B35 starting in 2030 will reduce diesel oil demand from 82 thousand kl in 2030 to 219 thousand kl in 2050.

solar dari 82 ribu kl pada tahun 2030 menjadi 219 ribu kl pada tahun 2050.

Adapun kasus BBG adalah kasus peningkatan penetrasi BBG sebagai pengganti bensin dan minyak solar pada transportasi darat. Dalam kasus baseline, kebutuhan BBG diperkirakan sebanyak 21,1 MMSCFD pada tahun 2050. Potensi pemanfaatan BBG tersebut didasarkan atas kondisi apa adanya saat ini, sehingga pemanfaatan BBG hanya meningkat terbatas dibanding tahun 2016 (3,75 MMSCFD). Sesuai regulasi Permen ESDM No. 19/2010 telah ditetapkan alokasi gas sebagai BBG untuk wilayah Jakarta sebanyak 66,3 MMSCFD (24,20 BCF). Potensi pemanfaatan alokasi gas bumi sebagai BBG tersebut dapat tercapai apabila pemerintah bersungguh-sungguh untuk merealisasikannya dengan memberi insentif bagi operator SPBG dan konsumen BBG. Tambahan pemanfaatan BBG sebanyak 66 MMSCFD tersebut ekuivalen dengan 694,5 ribu kl bensin, yang dapat menghemat devisa negara atas pengurangan impor bensin.

5.7.3 Kasus Peningkatan Efisiensi Energi

Kasus peningkatan efisiensi energi adalah kasus pemanfaatan teknologi kendaraan (mobil penumpang, sepeda motor, bus, truk, dan kereta komuter) yang lebih efisien bahan bakar. Penggunaan teknologi kendaraan yang lebih efisien tersebut didasarkan atas kondisi dan rencana penggunaan teknologi efisien di beberapa negara di dunia, seperti USA, Eropa, Jepang, China, dan lainnya, sebagaimana dilaporkan dalam dokumen IEA.

Pada kasus pemanfaatan teknologi mobil penumpang yang lebih efisien digunakan teknologi mobil penumpang dengan indeks konsumsi energi (IKE) sebesar 15,09 km/liter. Penerapan penggunaan teknologi mobil penumpang tersebut melalui penetapan kebijakan standar mobil penumpang yang ramah lingkungan, sebagaimana telah berlangsung di negara-negara maju. Dengan mempertimbangkan pemanfaatan teknologi mobil penumpang ramah lingkungan tersebut secara bertahap akan mampu mengurangi kebutuhan bensin dan minyak solar sebanyak 4,08 juta kl pada tahun 2050.

Demikian halnya tentang potensi penghematan BBM atas pemanfaatan teknologi transportasi yang ramah lingkungan pada sepeda motor, bus, dan truk. IKE sepeda motor yang dipertimbangkan dalam kasus ini akan meningkat dari 0,0171 liter/penumpang-km menjadi 0,023 liter/penumpang-km. Adapun potensi penghematan kebutuhan minyak solar atas pemanfaatan bus, truk, dan kereta komuter yang efisien yang didasarkan atas kondisi

The BBG case is a case of increasing BBG penetration as a substitute for gasoline and diesel oil in land transportation. In the baseline, demand for BBG is estimated at 21.1 MMSCFD in 2050. The potential use of BBG is based on the current conditions, so that it is limited if compared to 2016 (3.75 MMSCFD). As per MEMR Regulation No. 19/2010, the gas allocation as BBG for Jakarta area has been set at 66.3 MMSCFD (24.20 BCF). The potential use of natural gas allocation as BBG can be achieved if the Government provides incentives for SPBG operators and BBG consumers. The additional utilization of BBG as much as 66 MMSCFD is equivalent to 694.5 thousand kl of gasoline, which can save the country's foreign exchange on gasoline imports.

5.7.3 Case Energy Efficiency Improvement

The case of increasing energy efficiency is case on the utilization of fuel-efficient vehicle technologies (passenger cars, motorbikes, buses, trucks and Commuter trains). The utilization is based on conditions and plans of efficient technology in several countries such as the USA, Europe, Japan, China, and others as reported in the IEA document.

Technology for passenger car that is considered fuel-efficient is the car technology with energy consumption index (IKE) of 15.09 km/liter. The application of this technology is through the establishment of a standard environmentally friendly passenger car policy, as has been the case in developed countries. The use of environmentally friendly passenger car technology will gradually be able to reduce demand for gasoline and diesel oil by 4.08 million kl by 2050.

Likewise, the potential of oil fuels savings on motorcycles, buses and trucks are analyzed with the use of environmentally friendly transportation technology. IKE of motorcycle considered in this case will increase from 0.0171 liter/passanger-km to 0.023 liter/passanger-km. The potential saving in diesel oil demand for buses, trucks and Commuter Line is based on the condition of efficient technology use in Japan, which are 12% (bus), 12% (truck) and 15.6%

di Jepang masing-masing adalah 12% (bus), 12% (truk), dan 15,6% (kereta komuter). Penerapan keempat moda angkutan yang ramah lingkungan ini ditambah dengan penggunaan mobil penumpang yang hemat energi diperkirakan mampu menghemat kebutuhan BBM transportasi darat di Jabodetabek sebanyak 8,08 juta kl. Kontribusi penurunan kebutuhan BBM akibat pemanfaatan moda angkutan darat yang ramah lingkungan tersebut adalah 4,08 juta kl (mobil penumpang), 3,27 juta kl (sepeda motor), 188 ribu kl (bus), 538 ribu kl (truk), 135 MWh (komuter line).

5.7.4 Penghematan BBM Menurut Kasus

Sumbangsih penghematan kebutuhan BBM menurut kasus adalah bervariasi. Hasil analisis memperlihatkan bahwa potensi penghematan kebutuhan BBM didominasi oleh kebijakan penerapan moda angkutan yang hemat energi disusul oleh kebijakan substitusi bahan bakar, dan pemanfaatan angkutan massal. Ketiga kasus ini ditangani oleh 3 (tiga) kementerian yang berbeda, yaitu Kementerian Perindustrian, Kementerian ESDM, dan Kementerian Perhubungan.

Tujuan utama atas kebijakan pemanfaatan teknologi efisien dan substitusi bahan bakar adalah guna mengurangi konsumsi BBM, yang dalam beberapa tahun terakhir, sangat berperan dalam menguras devisa negara akibat impor BBM. Oleh karena itu, kementerian terkait perlu membuat kebijakan yang mendorong aktivitas produksi kendaraan hemat energi dan kendaraan listrik, dan aktivitas pemanfaatan biodiesel dan BBG. Dukungan insentif tidak ada salahnya diberikan kepada operator SPBG dan produsen kendaraan (listrik dan BBM) agar penghematan BBM pada transportasi darat dapat membantu pemerintah menghemat devisa negara.

Adapun tujuan utama atas pemanfaatan angkutan massal (BRT, MRT, LRT, dan CL) adalah untuk memperlancar arus lalu lintas guna mendukung aktivitas masyarakat tetapi juga berkontribusi terhadap penurunan konsumsi BBM karena adanya modal shifting angkutan pribadi ke angkutan massal. Kebijakan pemanfaatan angkutan massal di Jabodetabek perlu didukung dengan kebijakan pembatasan penggunaan kendaraan bermotor melalui program, misalnya ganjil-genap, 3 in 1, jalur berbayar, kenaikan tarif parkir, TOD, dan lainnya. Untuk itu, pemerintah Provinsi DKI Jakarta perlu menetapkan kebijakan tersebut secara bertahap seiring dengan kesiapan pengoperasian angkutan massal.

Dari keempat kasus tersebut, nampak bahwa kebutuhan BBM pada tahun 2050 mengalami penurunan sebesar 45% terhadap baseline. Penurunan tersebut sekitar 69%

(Commuter Line). The application of these four eco-friendly modes of transportation coupled with the use of energy-efficient passenger cars is expected to save oil fuels demand for 8.08 million kl of land transportation in Jabodetabek. The contribution of decreasing oil fuels demand due to the use of environmentally friendly land transportation modes is 4.08 million kl (passenger car), 3.27 million kl (motorcycle), 188 thousand kl (bus), 538 thousand kl (truck), 135 MWh (Commuter Line).

5.7.4 Oil Fuels Saving by Case

The contribution of oil fuels demand saving per case is varied. The analysis shows that potential for oil fuels demand saving is dominated by the implementation of energy-efficient modes of transportation policies, followed by fuel substitution policies, and the use of mass transportation. These three cases are handled by 3 (three) different ministries, namely the Ministry of Industry, the Ministry of Energy and Mineral Resources and the Ministry of Transportation.

Main objective of the policy on the use of efficient technology and fuel substitution is to reduce oil fuels consumption, which, in the last few years, has played a major role in draining the country's foreign exchange due to fuel imports. Therefore, the related Ministries need to make policies that encourage the development of energy-efficient vehicles and electric vehicles, and the utilization of biodiesel and BBG. Incentive support can be given to SPBG operators and manufacturers of vehicles (both electric and oil fuels-base) so that oil fuels saving in land transportation can help the Government in saving the country's foreign exchange.

The main objectives for the use of mass transportation (BRT, MRT, LRT, and CL) are to entangle the traffic flow in supporting community activities and to contribute in reducing oil fuels demand with modal shifting of private transportation to mass transportation. The policy of utilizing mass transportation in Jabodetabek needs to be supported by a policy limiting the use of private vehicles through programs, such as odd-even system, 3 in 1, toll lines, high parking tariff, TOD, and others. For this reason, the DKI Jakarta Provincial Government needs to establish the policy in stages along with the readiness of mass transportation operations.

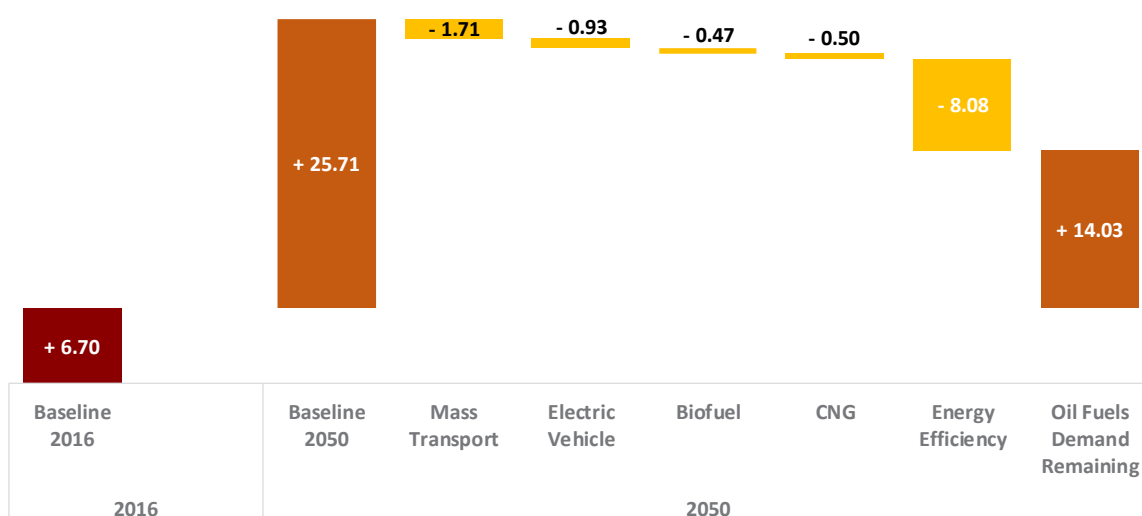
Of the four cases, it appears that the need for fuel in 2050 decreased by 45% against the baseline. The decline was around 69% contributed by the use of efficient technology

disumbang oleh pemanfaatan teknologi efisien disusul dengan angkutan massal sebesar 15%, kendaraan listrik sebesar 8% dan sisanya hampir sama antara CNG dan BBN. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi efisien sangat berpengaruh terhadap penurunan konsumsi BBM, untuk itu pemerintah perlu menetapkan standar konsumsi BBM menurut jenis kendaraan.

followed by mass transportation (15%), electricity costs (8%) and the rest almost the same between CNG and biofuels. This shows that the use of efficient technology is very influential on reducing fuel consumption, therefore the government needs to establish the standard for fuel consumption according to the type of vehicle.

Gambar 5.8 Penghematan BBM dari pemanfaatan energi berkelanjutan
Figure 5.8 Oil fuels saving from sustainable energy utilization

Million Kiloliter



5.8 Emisi Gas Rumah Kaca

Greenhouse Gas Emission

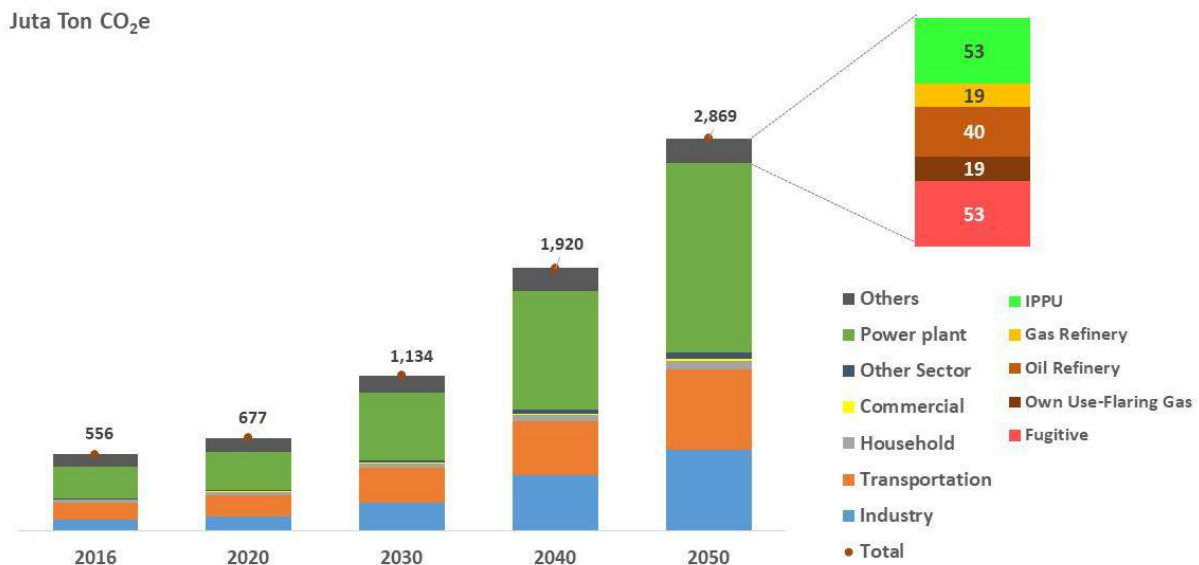
5.8.1 Baseline Emisi GRK di Sektor Energi

Emisi GRK diperkirakan terus meningkat seiring dengan peningkatan konsumsi energi final. Pada tahun 2016 total emisi GRK sebesar 556 juta ton CO₂e dan diperkirakan meningkat menjadi 2.869 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Total emisi GRK tersebut meliputi emisi akibat pembakaran energi fosil, emisi *fugitive*, serta emisi akibat penggunaan gas bumi untuk bahan baku. Pertumbuhan emisi GRK selama tahun 2016-2050 diperkirakan sebesar 4,9% per tahun atau lebih rendah dari pertumbuhan konsumsi energi final (5,3% per tahun) sebagai akibat dari penurunan pangsa energi fosil.

5.8.1 Baseline of GHG Emission in Energy Sector

GHG emissions will increase in line with the increase in final energy consumption. In 2016, total GHG emissions amounted to 556 million tonnes of CO₂e and will increase to 2,869 million tonnes of CO₂e in 2050. Total GHG emissions include emissions from fossil fuel combustion, fugitive emissions, emissions from refinery processes, and emissions due to the use of natural gas for feedstock. GHG emission growth during 2016-2050 is estimated at 4.9% per year or lower than the growth of final energy consumption (5.3% per year), as a result of a decrease in the share of fossil energy.

Gambar 5.9 Baseline emisi GRK di sektor energi
Figure 5.9 Baseline of GHG emission in energy sector



Menurut sektornya, pembangkit listrik, transportasi, dan industri merupakan tiga sektor penghasil emisi GRK terbesar hingga tahun 2050. Pangsa emisi GRK sektor pembangkit mencapai 48%, disusul sektor industri dan transportasi (masing-masing 21%), sedangkan sektor yang lainnya masing-masing di bawah 2%. Emisi GRK menurut jenis bahan bakar didominasi oleh pemanfaatan batubara dengan laju pertumbuhan rata-rata 5,7% per tahun selama tahun 2016-2050, diikuti oleh gas bumi (5,6%), dan minyak bumi (4,6%). Pangsa emisi GRK dari batubara paling tinggi dikarenakan pertumbuhan kebutuhan batubara di sektor pembangkit listrik.

In sectoral, electricity, transportation, and industrial sector are the three largest emitting sectors by 2050. The share of electricity sector will reach 48%, followed by the industrial and transportation sectors (21% each), while the other sectors is under 2%. GHG emissions by type of fuel are dominated by the use of coal at an average growth rate of 5.7% per year during 2016-2050, followed by natural gas (5.6%) and oil (4.6%). The highest share of GHG emissions from coal is due to the growth of coal demand in electricity generating sector.

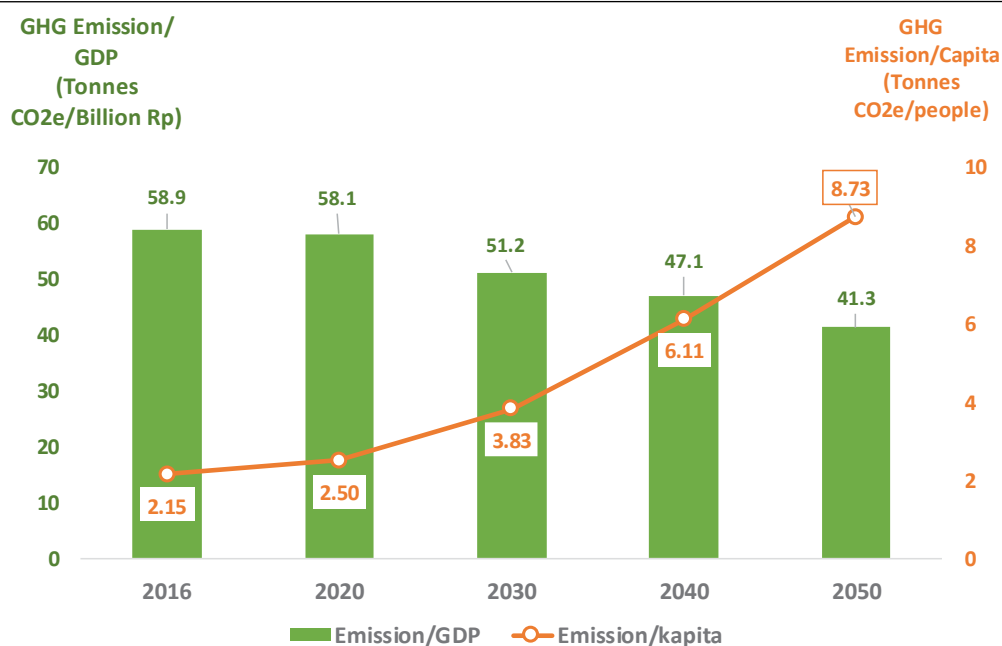
Intensitas emisi GRK per PDB diperkirakan terus menurun dalam kurun waktu 2016-2050 dengan penurunan rata-rata 1% per tahun. Pada tahun 2050 diperkirakan intensitas emisi per PDB hanya 0,7 kali nilai intensitas tahun 2016. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk terus menurunkan intensitas emisi GRK per PDB, yaitu melalui peningkatan pemanfaatan EBT, penggunaan energi yang lebih efisien, dan diversifikasi bahan bakar fosil.

Sebaliknya, intensitas emisi GRK per kapita terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Hal ini terjadi di negara berkembang, seperti Indonesia. Peningkatan pendapatan masyarakat akan mendorong konsumsi energi komersial dan selanjutnya akan meningkatkan emisi GRK. Selama tahun 2016-2050 diperkirakan intensitas emisi GRK per kapita akan meningkat hingga 4 kali lipat dari nilai intensitas tahun 2016.

The intensity of GHG emissions per GDP will continue to decline in 2016-2050 period with an average decline of 1% per year. In 2050, it is estimated that emission intensity per GDP is only 0.7 times the intensity value in 2016. This is in line with the efforts of the world's major countries to reduce intensity of emissions per GDP, namely through increased utilization of NRE, efficient energy use, and fossil fuel diversification.

In contrast, the intensity of GHG emissions per capita continues to increase along with economic growth. This happens in developing countries like Indonesia. Increased private income will encourage commercial energy consumption and will further increase GHG emissions. During the year 2016-2050, estimated GHG emission intensity per capita will increase up to 4 times from intensity value in 2016.

Gambar 5.10 Intensitas emisi GRK
Figure 5.10 GHG emission intensity



5.8.2 Potensi Mitigasi Emisi GRK untuk Transportasi Darat Jabodetabek

a. Hubungan Jarak Tempuh, Jumlah Penumpang, dan Faktor Emisi Listrik terhadap Mitigasi GRK LRT dan MRT

Kebutuhan listrik LRT dan MRT ditentukan oleh sistem kelistrikan yang digunakan. Berdasarkan hasil Studi Kelayakan Sistem Pelistrikan LRT Jakarta menggunakan metode 3rd rail karena perlunya zona aman vertikal (*vertical clearance*) di Kota Jakarta. Sistem LRT yang umum di dunia adalah kombinasi dari rel dengan lebar sepur 1.435 mm (*standard gauge*), metode kelistrikan 3rd rail, dan pasokan listrik sebesar 750 VDC. 1 rangkaian LRT minimum berisi

5.8.2 Potential of GHG Emission Mitigation for Jabodetabek Land Transportation

a. Relation of Mileage, Number of Passengers, and Electricity Emission Factors to GHG Mitigation of LRT and MRT

LRT and MRT electricity requirements are determined by the electrical system used. Based on result of the Feasibility Study on Electrification System, LRT uses the 3rd rail method due to the need for vertical clearance in Jakarta. The most common LRT system in the world is a combination of a rail with a width of 1,435 mm (*standard gauge*), a 3rd rail electrical method, and a power supply of 750 VDC. One LRT train contains two of 30-meter carriages with a capacity of

2 gerbong sepanjang 30 meter dengan kapasitas 270 penumpang dan kecepatan maksimum 90 km/jam. Selanjutnya, berdasarkan hasil Studi Kelayakan Sistem Pelistrikan MRT Jakarta menggunakan OHC 1.500 VDC dengan 16 set (96 kereta) dengan maksimum penumpang 1.950 penumpang per set. Lebar sepur 1.057 mm dengan daya listrik 60 MVA dan maksimum kecepatan 100 km/jam.

Selain faktor sistem kelistrikan kereta LRT dan MRT, kebutuhan listrik LRT dan MRT juga dipengaruhi oleh infrastruktur rel kereta apakah dibangun sebagai *elevated* atau *underground*. Berdasarkan studi kelayakan MRT Tahap I Lebak-bulus – Bundaran Hotel Indonesia sepanjang 15,7 km, jalur MRT akan melewati 10 km *elevated* dan 5,7 km *underground*. Kebutuhan listrik MRT Tahap I tersebut mencakup 51% sebagai traksi dan 49% untuk memenuhi kebutuhan non traksi. Adapun lintasan MRT I Bundaran Hotel Indonesia – Kampung Bandan adalah 2,1 km *elevated* dan 5,7 km *underground*. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan listrik untuk memenuhi berbagai fasilitas penunjang (non traksi) diakibatkan oleh letak jalur MRT pada *underground*. Adapun infrastruktur jalur LRT dalam kajian ini dianggap sebagai *elevated*.

Berdasarkan asumsi perpindahan moda dan IKE yang sama, maka LRT dan MRT dapat berfungsi sebagai suatu aktivitas yang dapat mengurangi emisi GRK sangat dipengaruhi oleh jumlah penumpang yang diangkut dan jarak tempuh. Pemanfaatan LRT dapat mengurangi emisi GRK apabila jarak tempuh sejauh 15 km dengan jumlah penumpang lebih dari 125.000 per hari, atau kurang dari 100.000 penumpang per hari dengan jarak tempuh sebesar 25 km. Pemanfaatan MRT dapat berfungsi sebagai suatu aktivitas yang mengurangi GRK apabila jumlah penumpang minimal 215.000 penumpang sehari untuk jarak tempuh 25 km atau

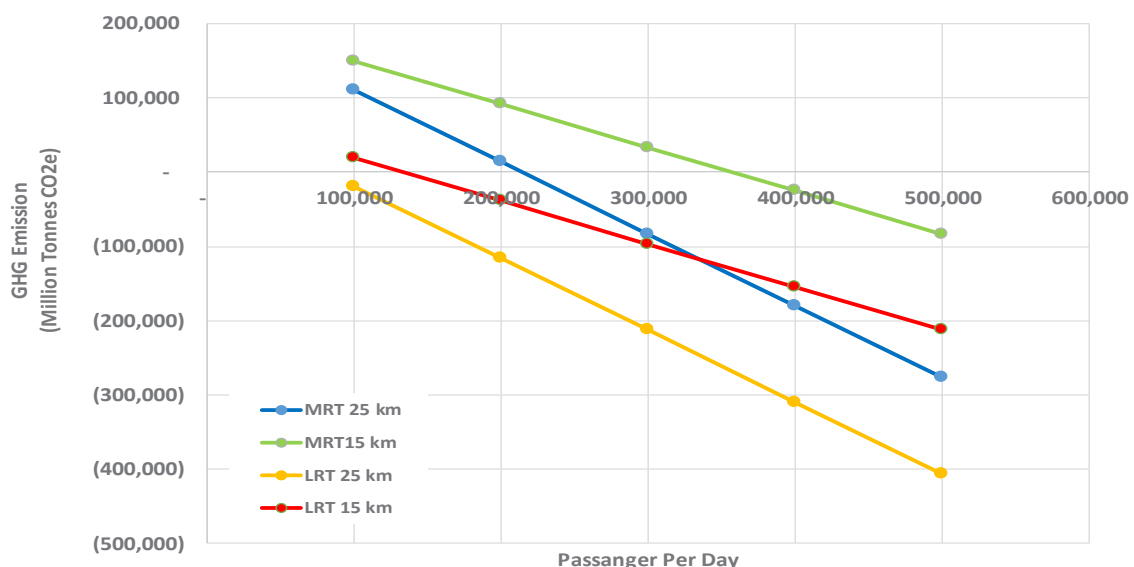
270 passengers and a maximum speed of 90 km/hour. Furthermore, based on the same Feasibility Study, MRT uses 1,500 VDC OHC with 16 sets (96 trains) with a maximum passenger of 1,950 passengers per set. The rail has width of 1,057 mm with 60 MVA power and a maximum speed of 100 km/hour.

In addition to the LRT and MRT electricity system, electricity demand of LRT and MRT is also influenced by railroad infrastructure whether built as *elevated* or *underground* line. Based on the 15.7 km MRT Phase I feasibility study, the MRT line will pass 10 km *elevated* and 5.7 km *underground*, whereas the Hotel Indonesia-Kampung Bandan route is 2.1 km *elevated* and 5.7 km *underground*. Electricity demand of MRT Phase I consists of 51% as traction and 49% non-traction. This shows that the electricity demand supports facilities (non-traction) in the *underground* location of the MRT. The infrastructure of LRT in this study is considered as *elevated*.

Based on the same assumption of modal shifting and IKE, the LRT and MRT can reduce GHG emissions and it is strongly influenced by the mileage and number of passengers. The use of LRT can reduce GHG emissions if the mileage is 15 km with a minimum of 125,000 passengers per day, or less than 100,000 passengers per day if the mileage is 25 km. For MRT, the operation can reduce GHG emission if number of passengers reaches at least 215,000 a day for a distance of

Gambar 5.11 Potensi mitigasi emisi GRK dari penggunaan LRT dan MRT berdasarkan jarak tempuh

Figure 5.11 Potential of GHG emission mitigation from LRT and MRT operation based on distance traveled



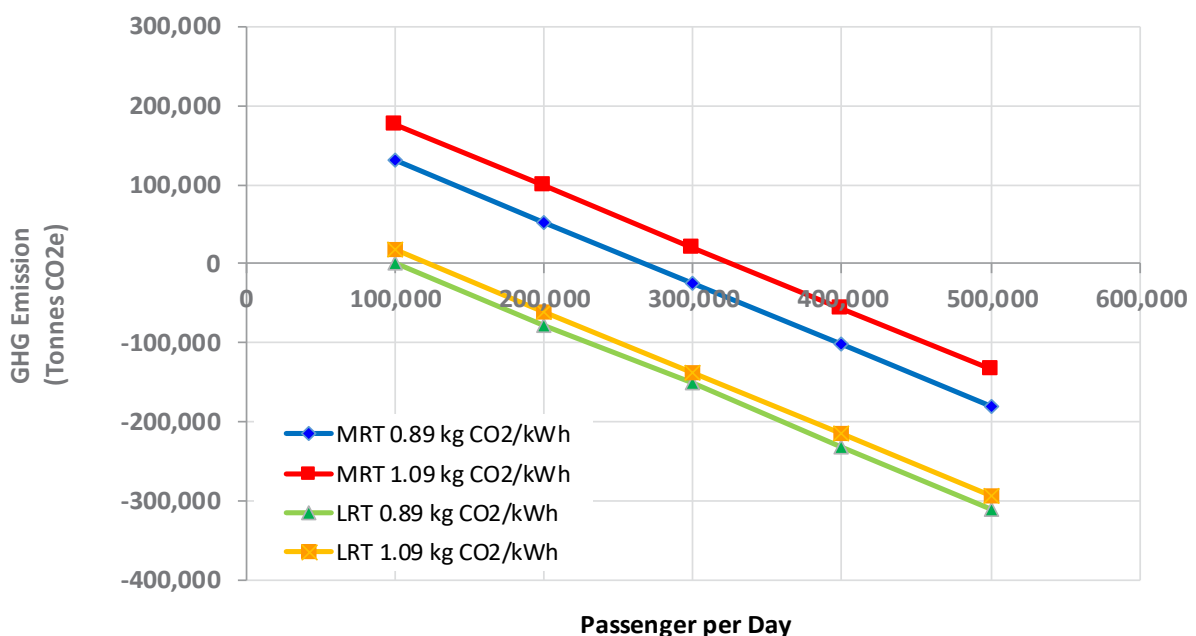
Potensi mitigasi GRK merupakan selisih antara emisi GRK yang dihemat akibat penurunan kebutuhan bensin dan minyak solar dengan emisi GRK akibat produksi listrik. Emisi CO₂ dihitung dengan menggunakan Faktor Emisi (FE) GRK bensin dan minyak solar nasional, dan FE kelistrikan yang terjadi di Jawa, sedangkan emisi CH₄ dan N₂O dihitung dengan menggunakan FE default IPCC 2006. FE kelistrikan dihitung berdasarkan jumlah emisi GRK yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil oleh semua pembangkit listrik di Jawa-Bali dibagi dengan semua produksi listrik yang dihasilkan oleh semua pembangkit listrik (fosil dan terbarukan) di Jawa-Bali. Pemanfaatan listrik LRT dan MRT terletak di sisi hilir, maka FE listrik tersebut dibagi dengan 1 dikurangi dengan losses selama transmisi dan distribusi listrik.

Besarnya FE listrik tergantung atas jenis pembangkit listrik yang dibangun. Jika penambahan pembangkit fosil lebih banyak daripada pembangkit energi terbarukan, maka FE listrik akan bertambah, atau berlaku sebaliknya. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan jarak tempuh 20 km, pengaruh peningkatan FE listrik dari 0,89 CO₂e/kWh menjadi 1,09 CO₂e/kWh terhadap mitigasi GRK dari pemanfaatan LRT dan MRT tidak begitu signifikan.

The GHG mitigation potential is the difference between GHG emissions saved due to reduction in gasoline and diesel oil demand with GHG emissions of electricity production. CO₂ emission is calculated using national GHG emission factors (EF) of gasoline and diesel oil, and electricity EF in Java, whereas CH₄ and N₂O emissions are calculated using the default EF from IPCC 2006. Electricity EF is calculated based on the amount of GHG emissions produced by all fossil fuel-based power plants in Java-Bali and divided by all electricity production of all power plants (fossil and renewable) in the same area. LRT and MRT electricity demand is located on the downstream side so that the electricity EF should consider losses in electricity transmission and distribution.

The measurement of electricity EF depends on the type of power plant. If the number of fossil power plants addition is higher than renewable energy pp, then the electricity EF will increase or vice versa. The analysis shows that with a mileage of 20 km, the effect of an increase in electricity EF from 0.89 CO₂e/kWh to 1.09 CO₂e/kWh on GHG mitigation from the use of LRT and MRT is not significant.

Gambar 5.12 Potensi mitigasi emisi GRK dari penggunaan LRT dan MRT berdasarkan faktor emisi listrik
Figure 5.12 Potential of GHG emission mitigation from the use of LRT and MRT based on electricity emission factors



b. Kasus Angkutan Massal, Diversifikasi Bahan Bakar, dan Efisiensi Kendaraan

Pemanfaatan angkutan massal, substitusi minyak solar dengan biodiesel dan BBG, serta penggunaan teknologi kendaraan yang hemat energi merupakan suatu kegiatan yang berdampak terhadap mitigasi GRK di Jabodetabek. Untuk itu perlu dilakukan penghitungan emisi GRK *baseline* dan mitigasi GRK akibat pemanfaatan atas ketiga kasus tersebut.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 15 tahun 2013 disebutkan bahwa emisi *baseline* adalah besaran emisi GRK yang dihasilkan pada kondisi tidak adanya aksi mitigasi perubahan iklim. Sesuai dengan definisi tersebut, maka *baseline* emisi GRK dari konsumsi BBM, biodiesel, CNG, dan listrik di Jabodetabek adalah sebanyak 17,32 juta ton CO₂e dan meningkat menjadi 93,93 juta ton CO₂e pada tahun 2050.

Seperti diuraikan pada sub bab angkutan massal bahwa penggunaan angkutan massal akan berdampak terhadap penurunan kebutuhan BBM dan berpotensi mengurangi emisi GRK. Potensi pengurangan emisi GRK tergantung atas jumlah penumpang, jarak tempuh, *modal shifting*, dan faktor emisi jaringan listrik. Potensi penurunan emisi GRK tidak berbanding lurus dengan potensi pengurangan kebutuhan BBM karena pemanfaatan angkutan massal juga menimbulkan emisi tidak langsung (*indirect emission*) akibat peningkatan produksi listrik sebagai sumber energi angkutan berbasis rel. Sesuai dengan definisi *baseline* tersebut, maka mitigasi GRK dipertimbangkan setahun sejak tahun dasar 2016, yaitu tahun 2017. Hasil analisis memperlihatkan bahwa potensi mitigasi GRK dari pemanfaatan angkutan massal di Jabodetabek akan meningkat dari 151 ribu ton CO₂e pada tahun 2018 menjadi 2,53 juta ton CO₂e pada tahun 2050.

Pada kasus substitusi BBM dengan biodiesel dan CNG, kedua jenis bahan bakar ini merupakan bahan bakar yang menurunkan emisi GRK. Sesuai dengan IPCC 2006, besarnya penurunan emisi GRK dari penggunaan biodiesel adalah ekuivalen dengan besarnya emisi GRK akibat penggunaan minyak solar karena emisi GRK dari biodiesel sebagai pengganti minyak solar dianggap nol (karbon netral). Pada kasus ini, penggunaan biodiesel akan mencapai 35% terhadap konsumsi minyak solar pada tahun 2050. Berbeda dengan penggunaan gas bumi, karena penggunaan gas bumi juga menghasilkan emisi GRK. Dengan demikian, besarnya mitigasi GRK atas penggunaan BBG adalah selisih antara emisi GRK bensin dengan emisi GRK BBG (asumsi bensin diganti dengan BBG). Dalam kasus ini, penggunaan BBG diproyeksikan akan meningkat dari 21 BCF menjadi 60 BCF pada tahun 2050. Dengan kasus tersebut, besarnya

b. Case of Mass Transportation, Fuel Diversification, and Vehicle Efficiency

Utilization of mass transportation, substitution of diesel oil with biodiesel and BBG, and the use of energy-efficient vehicle technology are activities that impacts GHG mitigation in Jabodetabek. For this reason, it is necessary to calculate baseline GHG emissions and GHG mitigation due to the three cases.

Minister of Environment Regulation No. 15 of 2013 stated that emissions baseline is the amount of GHG emissions produced in condition with the absence of climate change mitigation actions. In accordance with this definition, the GHG emissions baseline from consumption of oil fuels, biodiesel, CNG, and electricity in Jabodetabek is 17.32 million tonnes of CO₂e and increases to 93.93 million tonnes of CO₂e in 2050.

As described in the sub-section of mass transportation, the use of mass transportation will have an impact on reducing oil fuels demand and potentially reducing GHG emissions. Potential GHG emission reduction depends on the number of passengers, mileage, modal shifting, and electricity network emission factors. The potential of GHG emission reduction is not directly proportional to the potential reduction in oil fuels demand because the use of mass transportation also causes indirect emissions due to increased electricity production as a rail-based transportation energy source. In accordance with the baseline definition, GHG mitigation is considered starting 2017, one year after base year of 2016. The analysis shows that GHG mitigation potential from the use of mass transportation in Jabodetabek will increase from 151 thousand tonnes of CO₂e in 2018 to 2.53 million tonnes of CO₂e by 2050.

In the case of oil fuels substitution with biodiesel and CNG, these two types of fuel reduce GHG emissions. In accordance with IPCC 2006, the magnitude of GHG emission reduction from the use of biodiesel is equivalent to the amount of GHG emissions from the use of diesel oil because GHG emission from biodiesel is considered zero (carbon neutral). In this case, biodiesel's demand will reach 35% of diesel oil in 2050. On the other side, utilization of natural gas produces GHG emissions. Thus, the magnitude of GHG mitigation for BBG use is the difference between gasoline's GHG emission and BBG's GHG emissions (assuming gasoline is replaced with BBG). In this case, demand of BBG is projected to increase from 21 BCF to 60 BCF by 2050. With this case, the magnitude of GHG mitigation from the use of biodiesel and BBG will increase from 153 thousand tonnes of CO₂e in 2017 to become 1.19 million tonnes of CO₂e by 2050.

mitigasi GRK atas penggunaan biodiesel dan BBG akan meningkat dari 153 ribu ton CO₂e pada tahun 2020 menjadi 1,19 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Sekitar 53% dari mitigasi GRK atas substitusi BBM tersebut merupakan kontribusi atas penggunaan biodiesel.

Pada kasus penggunaan teknologi kendaraan yang efisien, nampak bahwa potensi penurunan kebutuhan BBM sangat dominan dibanding dengan kedua kasus sebelumnya. Penurunan kebutuhan BBM tersebut akan berbanding langsung dengan penurunan emisi GRK. Berdasarkan asumsi peningkatan efisiensi masing-masing moda angkutan transportasi darat dapat diperkirakan bahwa penggunaan teknologi ramah lingkungan pada moda angkutan darat akan mampu menurunkan emisi GRK sebanyak 18,27 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Penurunan emisi GRK tersebut sebagian besar disumbang oleh penggunaan teknologi mobil penumpang (49%), disusul teknologi sepeda motor (37%), teknologi truk (9%), teknologi bis (4%), dan sisanya teknologi KRL.

Berdasarkan pemanfaatan angkutan massal, substitusi BBM, dan penggunaan moda angkutan efisien, maka total potensi mitigasi GRK pada tahun 2050 adalah 22,88 juta ton CO₂e terhadap baseline. Kontribusi penggunaan moda angkutan efisien mencapai 80%, disusul angkutan massal (11%), dan substitusi BBM (9%).

Approximately 53.% of GHG mitigation of fuel substitution is a contribution from biodiesel.

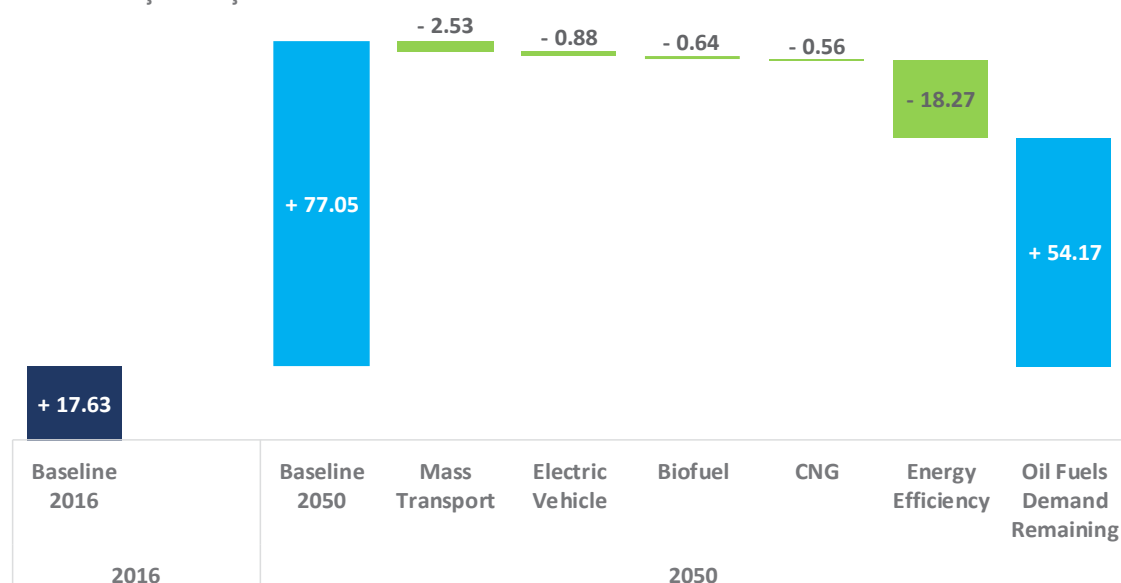
In the case of efficient-technology vehicle, it appears that the potential reduction of oil fuels demand is very dominant compared to the other two cases. The decline in oil fuels demand will be directly proportional to the reduction in GHG emissions. Based on the assumption of efficiency increasing of each mode of land transportation, it is predicted that the use of environmentally friendly technology in land transportation modes will reduce GHG emissions by as much as 18.27 million tonnes of CO₂e by 2050. The reduction in GHG emissions is largely contributed by car technology (49%), followed by motorcycle technology (37%), truck technology (9%), bus technology (4%), and remaining is Commuter Line technology.

Based on the three cases, i.e., the use of mass transportation, oil fuels substitution, and the use of efficient transport modes, the total GHG mitigation potential by 2050 is 22.88 million tonnes of CO₂e against the baseline. The contribution of efficient transport modes reaches 80%, followed by mass transportation (11%), and oil fuels substitution (9%).

Gambar 5.13 Penurunan emisi untuk kasus pemanfaatan energi berkelanjutan

Figure 5.13 Emission reduction for the case of sustainable energy utilization

Million tCO₂e / h





Penutup

Closing

Selama kurun waktu 2016-2050 dengan asumsi pertumbuhan PDB sebesar 6,04% per tahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun akan meningkatkan kebutuhan energi final dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta SBM pada tahun 2050, atau meningkat rata-rata sebesar 5,3% per tahun. Dari sisi pengguna, sektor industri diperkirakan tetap dominan untuk jangka panjang diikuti oleh sektor transportasi dan rumah tangga. Dari sisi jenis energi, pangsa kebutuhan energi terbesar adalah bahan bakar minyak (BBM), diikuti oleh listrik, gas dan batubara. BBM akan terus menjadi primadona energi final karena penggunaan teknologi saat ini yang masih berbasis BBM, terutama di sektor transportasi.

Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, dibutuhkan berbagai jenis energi primer. Penyediaan energi primer tumbuh rata-rata sebesar 5,1% per tahun, atau meningkat dari 1.327 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 7.160 juta SBM pada tahun 2050. Saat ini penyediaan energi yang terbesar adalah minyak (termasuk BBM impor), diikuti oleh batubara dan gas. Pada tahun 2050 ada pergeseran pangsa dengan batubara yang paling besar diikuti oleh minyak dan gas. Sebagian energi primer untuk memenuhi kebutuhan sudah harus diimpor. Impor energi nasional akan meningkat dengan laju pertumbuhan 6,7% per tahun dengan pangsa lebih dari 40% terhadap total pasokan energi primer pada tahun 2050.

During the 2016-2050 period, assuming GDP growth of 6.04% per year and population growth of 0.71% per year, final energy demand will increase from 795 million BOE in 2016 to 4,569 million BOE in 2050, with an average growth of 5.3% per year. From the user side, industrial sector is expected to remain dominant, followed by transportation and household sector. In terms of energy types, the largest share of energy demand is hold by oil fuels, followed by electricity, gas, and coal. Oil fuels will continue to dominance the final energy because the current technology is still oil fuels-based, especially in the transportation sector.

To meet the energy demand, various types of primary energy are needed. Primary energy supply grows at an average of 5.1% per year or increases from 1,327 million BOE in 2016 to 7,160 million BOE in 2050. Currently, the largest energy supply is oil (including imported oil fuels), followed by coal and gas. In 2050, there will be a shift in the share with coal as the lead, followed by oil and gas. National energy imports will increase at a growth rate of 6.7% per year with a share of more than 40% of total primary energy supply by 2050.

Tabel 6.1 Net importir energi

Table 6.1 Net energy importer

Komoditas / Commodity	Tahun / Year
Minyak Bumi / Oil	2004
Gas Bumi / Gas	2028
Energi / Energy	2032
Batubara / Coal:	
o proven reserve, > 5100 kcal/kg	2038
o total reserve, > 5100 kcal/kg	2048

Ketersediaan energi fosil semakin berkurang dan diperkirakan akan segera habis. Hal ini akan menyebabkan tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan energi fosil dalam negeri dan jumlah impor sudah lebih besar dari jumlah ekspor, atau sering disebut *net import*. Indonesia sudah menjadi net importir minyak bumi sejak tahun 2004. Bila jumlah cadangan tidak bertambah dan kebutuhan meningkat seperti dalam proyeksi maka Indonesia pada tahun 2028 akan menjadi net importir gas bumi dan 2032 menjadi net importir energi. Net importir batubara akan terjadi pada tahun 2038 bila yang diperhitungkan

The availability of fossil energy continues to decrease and is expected to run out soon. This will lead to large number of imports that exceed the number of exports, or often called net import. Indonesia has been a net importer of oil since 2004. If the amount of reserves does not increase and the demand increases as in the projection, in 2028, Indonesia will become a net importer of natural gas and a net importer of energy in 2032. Net import of coal will occur in 2038 if the proven reserves with calorific value of more than 5,100 kcal / kg are included, and postponed to 2048 if the total reserves are taken into account.

cadangan terbukti dengan nilai kalor lebih dari 5.100 kkal/kg, dan mundur ke tahun 2048 bila yang diperhitungkan cadangan total dengan nilai kalor lebih dari 5.100 kkal/kg.

Penerapan teknologi energi terbarukan dan meningkatkan penggunaan energi yang efisien merupakan solusi untuk mengurangi ketergantungan penggunaan energi fosil. Salah satu komoditas energi yang perlu mendapat perhatian adalah bahan bakar minyak (BBM), khususnya untuk sektor transportasi. Lebih dari 94% penggunaan energi di sektor transportasi adalah BBM. Berbagai inovasi teknologi sudah diterapkan untuk perbaikan sistem transportasi yang bisa lebih menghemat penggunaan energi. Opsi untuk penerapan inovasi dianalisis berdasarkan kasus untuk transportasi darat di Jabodetabek berikut ini:

- **Perpindahan Moda Transportasi**, dari angkutan pribadi ke *Bus Rapid Transit* (BRT), *Mass Rapid Transit* (MRT), *Light Rail Transit* (LRT) dan *Commuter Line* (CL). Opsi ini dapat mengurangi penggunaan BBM karena volume atau daya muat penumpang angkutan massal lebih banyak dibanding angkutan pribadi atau angkutan umum lainnya. Total penghematan kebutuhan BBM pada tahun 2050 mencapai 1,79 juta kl namun menambah penggunaan listrik. Sedangkan pengurangan emisi GRK tergantung dari jumlah penumpang serta faktor emisi GRK di jaringan listrik Jawa Bali.

- **Substitusi Bahan Bakar Minyak (BBM)**, dengan listrik, bahan bakar gas (BBG), dan bahan bakar nabati (BBN). Pengurangan BBM dengan opsi ini sebesar 82 ribu kl pada tahun 2030 menjadi 219 ribu kl pada tahun 2050. Sedangkan pengurangan emisi GRK sebesar 153 ribu ton CO₂e pada tahun 2020 meningkat menjadi 1,19 juta ton CO₂e pada tahun 2050.

- **Peningkatan Efisiensi Energi**, untuk mobil penumpang, sepeda motor, bus dan truk, serta *Commuter Line* (CL). Opsi ini dapat menghemat BBM sebesar 8,08 juta kl pada tahun 2050. Penurunan emisi GRK sebesar 18,27 juta ton CO₂e pada tahun 2050. Hal ini akan membantu Indonesia dalam memenuhi NDC (*Nationally Determined Contribution*).

Opsi-opsi tersebut dapat lebih menghemat BBM dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sehingga bisa meningkatkan ketahanan energi.

Secara umum, opsi lain yang prospektif untuk meningkatkan ketahanan energi dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber energi fosil adalah:

The application of renewable energy technology and increasing energy efficient use are solutions to reduce dependence on fossil energy. One of energy commodities that need attention is oil fuels, especially in transportation sector. More than 94% of energy use in transportation sector is oil fuels. Various technological innovations have been applied to improve transportation systems that can save energy usage. Options for innovation implementation are analyzed based on the following cases for land transportation in Jabodetabek:

- **Transportation Modal Shift**, from private vehicle to *Bus Rapid Transit* (BRT), *Mass Rapid Transit* (MRT), *Light Rail Transit* (LRT) and *Commuter Line* (CL). This option can reduce oil fuels usage because the volume or the passenger loading capacity of mass transportation is larger than private transportation or other public transport. The total saving of oil fuels demand in 2050 reaches 1.79 million kl but will increase electricity use. Whereas GHG emission reduction depends on the number of passengers and the GHG emission factors in the Java Bali electricity network.

- **Oil Fuels Substitution**, with electricity, gas, and biofuels. Reduction of oil fuels with this option is 82 thousand kl in 2030 to 219 thousand kl in 2050. While the reduction of GHG emissions amounted to 153 thousand tonnes of CO₂e in 2020 increased to 1.19 million tonnes of CO₂e in 2050.

- **Improvement of Energy Efficiency**, for passenger cars, motorbikes, buses and trucks, and *Commuter Line* (CL). This option can save oil fuels by 8.08 million kl in 2050. GHG emission reduction will reach 18.27 million tonnes CO₂e in 2050. This will help Indonesia meet *Nationally Determined Contribution* (NDC).

These options can save more oil fuels and reduce greenhouse gas emission (GHG) to ensure energy security.

In general, other options that are prospective to increase energy security by considering the limitations of fossil energy sources are:

- Pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), karena pembangkit ini mampu menghasilkan listrik dengan skala sangat besar (GW).
- Penambahan kapasitas PLTU batubara di mulut tambang, karena separoh sumber daya batubara yang ada berkalori rendah (< 5100 kcal/kg). Batubara kalori rendah tidak ekonomis untuk ditransportasi.
- Meningkatkan penggunaan bahan bakar nabati (BBN) yang berbasis kelapa sawit. Produktivitas kepala sawit lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku yang lain serta kondisi tanah dan iklim di Indonesia sudah terbukti sesuai untuk perkebunan kelapa sawit.
- *Construction of nuclear power plants. These plants are capable of producing electricity on a very large scale (GW).*
- *The addition of mine mouth coal-fired power plant capacity. Half of the existing coal resources are low calorie (< 5100 kcal/kg) and not economical to transport.*
- *Increase the use of biofuels based on palm oil. Palm oil productivity is higher compared to other raw materials also soil and climate conditions in Indonesia have proven to be suitable for oil palm plantations.*

DAFTAR PUSTAKA

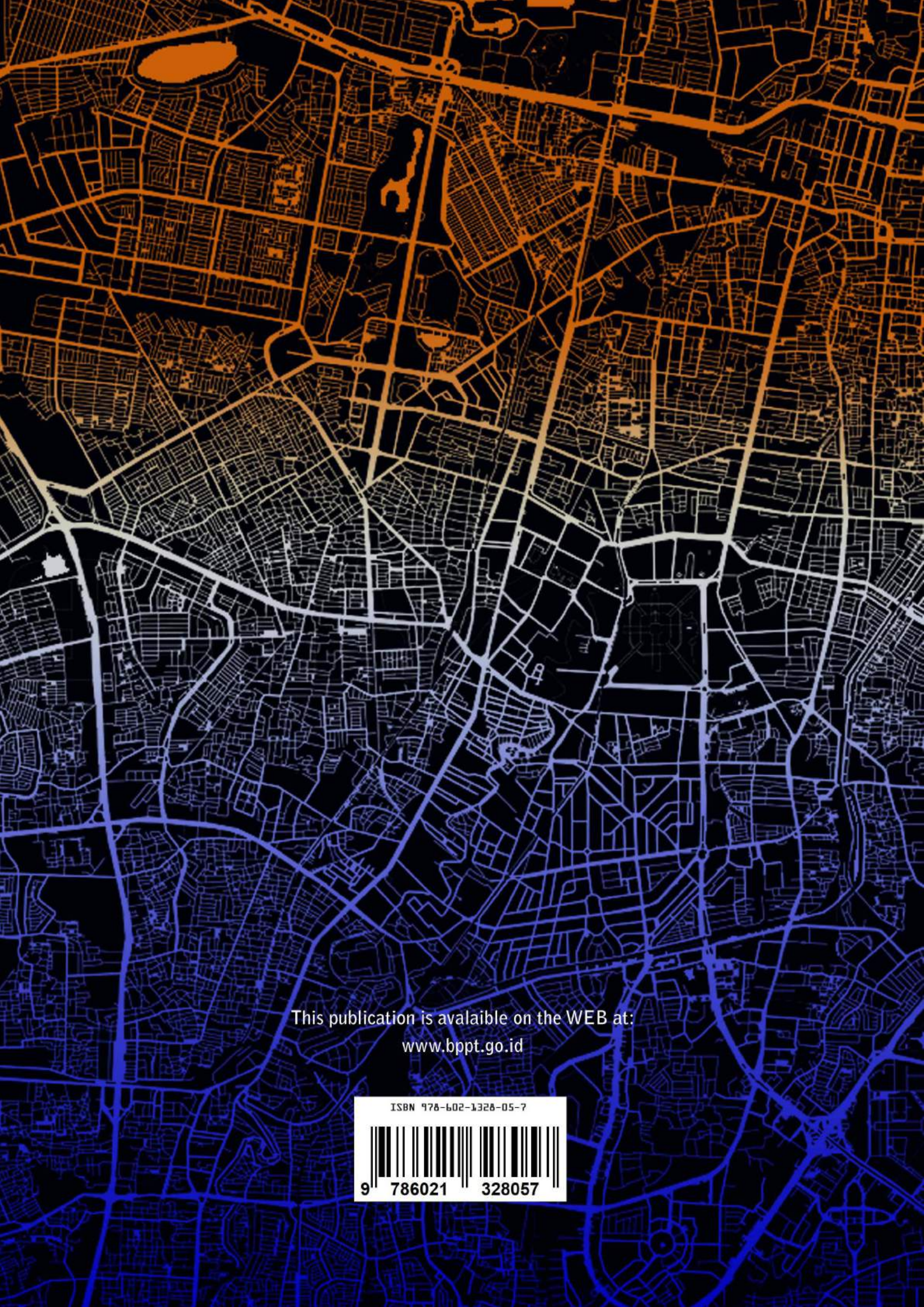
REFERENCES

- ANL (2018) *BatPaC: A Lithium-Ion Battery Performance and Cost Model for Electric-Drive Vehicle*, Argonne National Laboratory, www.cse.anl.gov.
- Bappenas (2013) *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional bekerja sama dengan Badan Pusat Statistik dan United Nations Population Fund, Jakarta.
- BCG (2010) *Batteries for Electric Cars Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020*, The Boston Consulting Group, www.bcg.com.
- BP (2018) *Statistical Review of World Energy 67th Edition*, BP Plc.
- BPS (2017) *Statistik Transportasi Darat 2016*, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS (2018) *Statistik Indonesia 2018*, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS Prov. Banten (2017) *Provinsi Banten Dalam Angka 2017*, BPS Provinsi Banten, Serang.
- BPS Prov. DKI (2017) *Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2017*, BPS Provinsi DKI Jakarta, Jakarta.
- BPS Prov. Jabar (2017) *Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2017*, BPS Provinsi Jawa Barat, Bandung.
- BPTJ (2018) *Pengembangan Transportasi Berbasis Listrik*, Paparan pada Focus Group Discussion Perencanaan Transportasi Darat Berkelanjutan, BPPT, Jakarta, 4-5 Juni 2018.
- Ditjen EBTKE (2013) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan 2013*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2014) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan 2014*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2015) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan 2015*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2016) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan 2016*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Hubdat (2015), *Perhubungan Darat Dalam Angka 2014*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Ditjen Migas (2015) *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2015*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2016) *Rencana Induk Infrastruktur Gas Bumi Nasional 2016-2030*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2017) *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi 2016*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2017a) *Neraca Gas Bumi Indonesia Tahun 2016-2035*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Minerba (2015) *Indonesia Mineral and Coal Information 2015*, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM, Jakarta.
- DJK (2018) *Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi GRK Bidang Energi Subbidang Ketenagalistrikan*, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, Jakarta.
- DOE (2013) *Vehicle Fuel Efficiency (CAFE)*, Alternative Fuels Data Center, U.S. Department of Energy.
- EC (2012) *Sustainability Assessment of Road Transport Technologies*, European Commission.
- EIA (2016) *Transportation Sector Energy Consumption*, International Energy Outlook, US Energy Information

Administration.

- Ernst & Young (2018) *Shale Gas and Coal Bed Methane – Potential Sources of Sustained Energy in the Future*, Ernst & Young, diakses tanggal 20 Juli 2018.
- Gol (2016) *First Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia*, Government of Indonesia.
- Hengstler, M., Enkel, E., and Duelli, S. (2016) *Applied Artificial Intelligence and Trust - The Case of Autonomous Vehicles and Medical Assistance Devices*, Technological Forecasting & Social Change, No. 105, Elsevier.
- IEA (2009) *Transport, Energy and CO2: Moving Toward Sustainability*, International Energy Agency, Jakarta.
- IEA (2010) *Transport Energy Efficiency: Implementation of IEA Recommendations Since 2009 and Next Steps*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017) *Energy Efficiency 2017*, Market Report Series, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017a) *Energy Efficiency Indicators*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017b) *Railway Handbook 2017: Energy Consumption and CO2 Emissions*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2018) *Global EV Outlook 2018 Towards Cross-Model Electrification*, International Energy Agency, Paris.
- Irfansyah, S. (2018) *Pengembangan Transportasi Berbasis Listrik*, Direktorat Perencanaan dan Pengembangan BPTJ, bahan paparan pada Focus Group Discussion Perencanaan Transportasi Darat Berkelanjutan yang diselenggarakan oleh BPPT, Jakarta, 4-5 Juni 2018.
- Jakpro (2018) *LRT Jakarta*, Paparan pada Focus Group Discussion Perencanaan Transportasi Darat Berkelanjutan, BPPT, Jakarta, 4-5 Juni 2018.
- Kemenhub (2017) *Statistik Perhubungan 2016, Buku I*, Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Kemenkeu (2018) *Nota Keuangan RAPBN 2018*, Kementerian Keuangan, Jakarta.
- KESDM (2017) *Buku Informasi Bioenergi*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Lambert, F. (2018) *Tesla Model S 100 D Officially Takes Top Spot for Longest Range EV with EPA 335-Mile Rating*, electrek.co, Diakses 14 Juni 2018.
- Lima, P. (2017) *Electric Car Range and Efficiency Table (NEDC)*, pushevs.com, Diakses 27 Juli 2017.
- Lipscy, P.Y. and Schipper, L. (2013) *Energy Efficiency in the Japanese Transport Sector*, *Energy Policy*, No. 56, Elsevier, New York.
- Meeus, M. (2018) *Review of Status of the Main Chemistries for the EV Market*, International Energy Agency, Paris.
- MEMR (2017) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2017*, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- PLN (2018) *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2018-2027*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- Porter, C. (2013) *Reducing Energy Use through Transport Planning in the United States: Proven and Promising Practices*, Cambridge Systematics, Inc., London.
- PT KCJ (2017) *Annual Report 2016: Towards Excellent Public Service and Beyond*, PT KAI Commuter Jakarta, Jakarta.
- Sekretariat RAN RAD GRK (2011) *Pedoman Umum, Petunjuk Teknis, dan Manual Perhitungan Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAN dan RAD GRK*, Bappenas, Jakarta.
- SKK Migas (2016) *Laporan Tahunan 2016*, Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.
- SKK Migas (2017) *Kebijakan Harga Gas Bumi di Indonesia*, Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.
- SKK Migas (2017a) *Laporan Tahunan SKK Migas 2016*, Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.

- UNIDO (2017) *Accelerating Clean Energy through Industry 4.0: Manufacturing the Next Revolution*, United Nations Industrial Development Organization, Vienna.
- VICO Indonesia (2015) *Progressing CBM Development in Indonesia: An Industry Perspective*, Dipresentasikan dalam Konferensi IndoGAS 2015, Jakarta.
- WB (2018) *Commodities Markets Outlook*, World Bank, Washington, DC.



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

ISBN 978-602-1328-05-7



9 786021 328057