



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN RANTAI SUPLAI BIOGASOLIN DAN
BIODIESEL UNTUK SEKTOR TRANSPORTASI DI WILAYAH
JABODETABEK**

SKRIPSI

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

UMAR KHOLIQ ABUYAZID

0706200516

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK**

Desember 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Umar Kholiq Abuyazid

NPM : 0706200516

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Desember 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Umar Kholiq Abuyazid

NPM : 0706200516

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Perancangan Rantai Suplai Biogasolin dan Biodiesel untuk Sektor Transportasi di Wilayah Jabodetabek

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. rer. nat. Ir. Yuswan Muharam, MT (.....)

Penguji I : Dr. Ir. Nelson Saksono, MT (.....)

Penguji II : Ir. Dijan Supramono, MSc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia;
2. Dr. rer. nat. Ir. Yuswan Muharam, MT selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Prof. Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng selaku pembimbing akademis penulis selama studi di UI;
4. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung;
5. Dhyana Rachmawati, tentu saja..
6. Antoni & Gondang, atas *acer*-nya. Thanks, dude..
7. M. Yusuf ‘ucup’ Mukti di UPMS III, nahun pisan dulur..

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 29 Desember 2009

Umar Kholiq Abuyazid
NPM: 0706200516

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Umar Kholiq Abuyazid
NPM : 0706200516
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**PERANCANGAN RANTAI SUPLAI BIOGASOLIN DAN BIODIESEL
UNTUK SEKTOR TRANSPORTASI DI WILAYAH JABODEBOTEK**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Desember 2009

Yang Menyatakan

(Umar Kholiq Abuyazid)

ABSTRAK

Nama : Umar Kholiq Abuyazid

Program Studi : Teknik Kimia

Judul :

PERANCANGAN RANTAI SUPLAI BIOGASOLIN DAN BIODIESEL UNTUK SEKTOR TRANSPORTASI DI WILAYAH JABODETABEK

Penelitian tentang rantai suplai biogasolin dan biodiesel di wilayah Jabodetabek telah dilakukan. Dalam penelitian ini dirancang sistem rantai suplai biogasolin dan biodiesel sebagai bahan bakar untuk sektor transportasi di wilayah Jabodetabek. Rantai suplai ini akan melibatkan seluruh entitas yang terkait dalam penyelenggaraan bahan bakar biogasolin dan biodiesel ini, yaitu: petani perkebunan singkong, pabrik CPO, pabrik olein, pabrik biodiesel, pabrik bioetanol, kilang, depot, dan SPBU.

Rencana untuk rantai suplai biogasolin dan biodiesel akan menggunakan dua skenario yaitu, skenario substitusi dan skenario alternatif. Skenario substitusi biogasolin dan biosolar akan merencanakan biogasolin dan biosolar sebagai BBM pengganti 10 % kebutuhan gasolin dan solar di Jabodetabek, sedangkan skenario alternatif merencanakan biogasolin dan biodiesel akan menjadi BBM pilihan yang dijual bersama-sama gasolin dan solar dalam suatu SPBU.

Dari hasil penelitian, kebutuhan dan biaya suplai kedua BBM tersebut akan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Kebutuhan biogasolin kota Jakarta dengan skenario substitusi merupakan yang tertinggi di Jabodetabek yaitu mencapai 106.764 KL pada akhir tahun 2025, sedangkan untuk kebutuhan biosolar kota Tangerang pada skenario alternatif merupakan yang tertinggi di Jabodetabek. Biaya suplai terendah untuk masing-masing kota di Jabodetabek untuk biogasolin dan biodiesel adalah skenario suplai dengan komposisi 5% volume.

Kata kunci : Rantai suplai, biogasolin, biodiesel, Jabodetabek, simulasi.

ABSTRACT

Name : Umar Kholiq Abuyazid

Study Program : Chemical Engineering

Title :

BIOGASOLIN AND BIODIESEL SUPPLY CHAIN DESIGN FOR TRANSPORTATION SECTOR IN JABODETABEK

The research of supply chain has done for biogasolin and biodiesel in Jabodetabek. Biogasolin and biodiesel supply chain in this research is designed as fuel for transportation sector in Jabodetabek. This supply chain involved all entity to produced of biofuel, i.e: cassava garden, CPO and olein factories, biodiesel and bioetanol factories, refinery, depot, and SPBU.

In this research, the planning for supply chain design will be use two scenario, substitute and alternative. Substitutes scenario for biogasolin and biosolar will be plan to changed 10% needs fuel of gasoline and diesel in Jabodetabek, whereas biogasolin and biosolar for alternative scenario will be plan to fuel alternative which sale together with gasoline and diesel.

Based on simulation result, needs and cost of both biofuel will be increase annually. Needs of biogasolin in Jakarta for substitution scenario is most high in Jabodetabek, 106.764 L in end of year 2025, whereas needs of biosolar in Tangerang for alternative substitution is most high than others city in Jabodetabek. The cheapest cost of supply for each city in Jabodetabek for biogasolin and biosolar is scenario of supply with composition 5% volume.

Keywords: Supply chain, biogasolin, biodiesel, simulation.

DAFTAR ISI

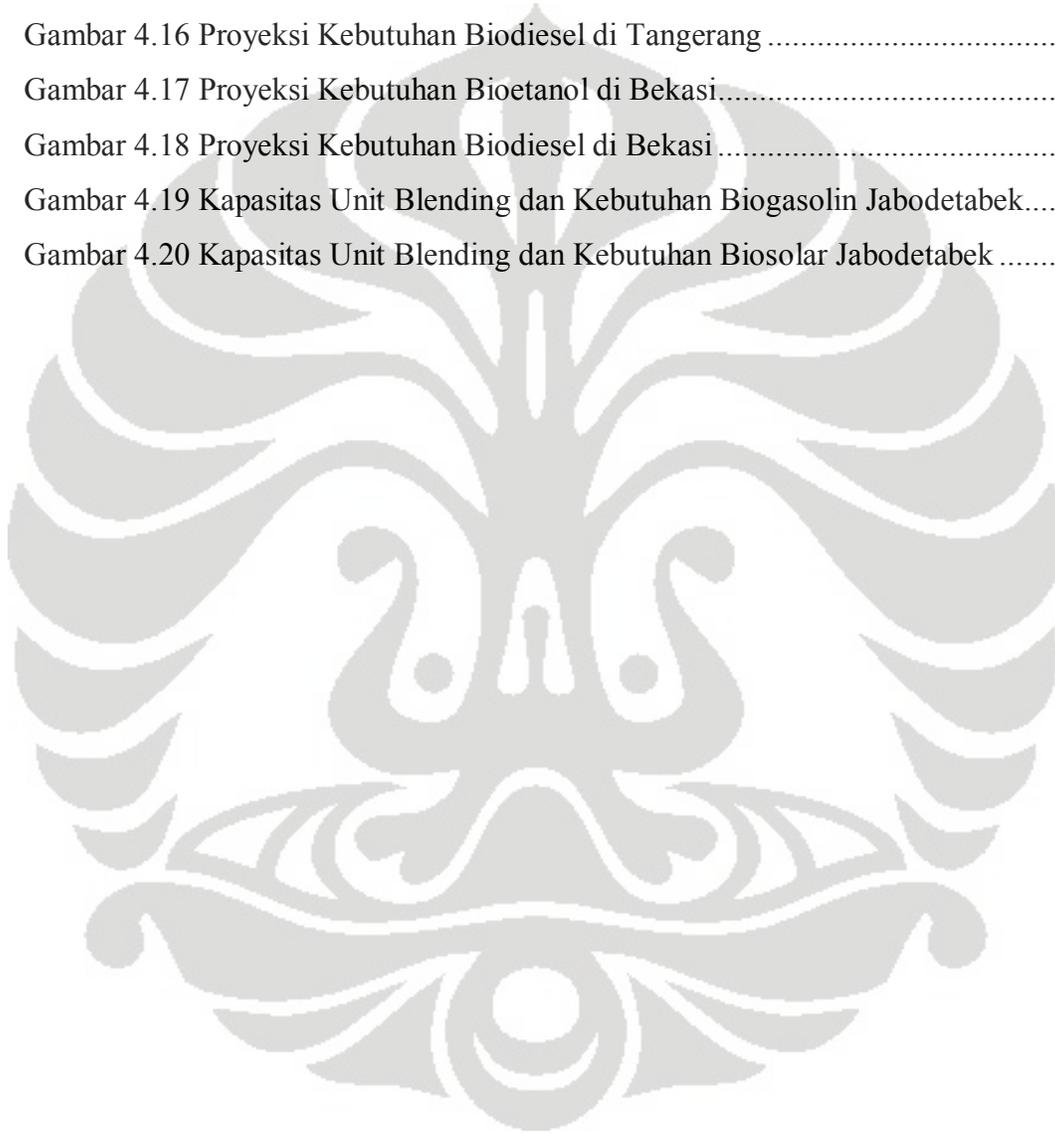
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Bioetanol dan Biodiesel	5
2.1.1 Spesifikasi Bioetanol.....	6
2.1.2 Kebijakan Penggunaan Biogasolin dan Biodiesel di Indonesia	7
2.1.3 Teknologi Pembuatan Bioetanol.....	9
2.1.4 Teknologi Pembuatan Biodiesel dari <i>Crude Palm Oil</i>	12
2.2 Proyeksi Kebutuhan Bahan Bakar Minyak.....	13
2.3 Manajemen Rantai Suplai	14
2.3.1 Kerangka Kerja Rantai Suplai	16
2.3.2 Logistik.....	17
2.3.3 Sistem Logistik Bahan Bakar Minyak	18
2.4 Teori Ekonomi.....	19
2.4.1 Konsep Ekuivalen dan Arus Kas	19
2.4.2 Estimasi Total Biaya dengan Metode Lang.....	19
2.4.3 <i>Chemical Engineering Cost Index</i>	21
2.5 Perangkat Lunak Visual Basic	22
BAB III. METODE PENELITIAN	25
3.1 Studi Literatur.....	28
3.2 Penentuan Proses Rantai Suplai Biogasolin dan Biodiesel.....	28
3.3 Pengumpulan Data.....	29
3.4 Penentuan Skenario Simulasi	30
3.5 Pembuatan Formulasi Matematis	31

3.5.1 Pembuatan Formulasi Matematis Skenario 1	32
3.5.2 Pembuatan Formulasi Matematis Skenario 2	35
3.5.3 Pembuatan Formulasi Matematis Skenario 3	38
3.5.4 Pembuatan Formulasi Matematis Skenario 4	41
3.5.5 Batasan (<i>Constraint</i>)	44
3.6 Simulasi Model.....	45
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin dan Biosolar di Jabodetabek.....	50
4.2 Proyeksi Jumlah Kendaraan di Jabodetabek	60
4.3 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Jabodetabek	61
4.3.1 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Jakarta	62
4.3.2 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Bogor	63
4.3.3 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Depok	64
4.3.4 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Tangerang	66
4.3.5 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Bekasi	68
4.4 Analisis Unit <i>Blending</i> /Pencampuran.....	69
4.5 Analisis Investasi Dispenser dan Tangki Pendam.....	72
4.6 Analisis Kondisi Infrastruktur	75
4.6.1 Pabrik Bioetanol.....	75
4.6.2 Pabrik Biodiesel.....	75
4.6.3 Kilang	76
4.6.4 Unit <i>Blending</i>	76
4.7 Analisis Biaya Total Rantai Suplai.....	79
4.7.1 Analisis Biaya Suplai Biogasolin Kota Jakarta	79
4.7.2 Analisis Biaya Suplai Biogasolin Kota Bogor	81
4.7.3 Analisis Biaya Suplai Biogasolin Kota Depok.....	82
4.7.4 Analisis Biaya Suplai Biogasolin Kota Tangerang.....	84
4.8 Analisis Sensitivitas Model.....	86
4.8.1 Pengaruh Biaya Gasolin dan Solar	88
4.8.2 Biaya Bahan Baku Bioetanol.....	88
4.8.3 Biaya Penambahan Infrastruktur Baru	89
4.9 Analisa Ekonomi Biogasolin dan Biodiesel.....	89
4.9.1 Analisa Harga Biogasolin dan Biodiesel di Jabodetabek.....	89
BAB V. KESIMPULAN	91
PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Target <i>Energy Mix</i> Indonesia 2025.....	7
Gambar 2.2 <i>Road Map</i> Pemanfaatan Bioetanol	8
Gambar 2.3 <i>Road Map</i> Pemanfaatan Biodiesel.....	9
Gambar 2.4 Proses Pembuatan Bioetanol dari Tetes Tebu	10
Gambar 2.5 Proses Pembuatan Bioetanol dari Singkong dan Ubi	11
Gambar 2.6 Proses Pembuatan Bioetanol dari bagas dan Jerami.....	11
Gambar 2.7 Diagram Blok Pembuatan Biodiesel dari CPO	12
Gambar 2.8 Aliran Barang dari <i>Supplier</i> ke Konsumen	15
Gambar 2.9 Diagram Logistik BBM	18
Gambar 2.10 Diagram Arus Kas	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian untuk Biogasolin.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian untuk Biodiesel.....	27
Gambar 3.3 Skema Proses Rantai Suplai Biogasolin untuk wilayah Jabodetabek	28
Gambar 3.4 Skema Proses Rantai Suplai Biodiesel untuk wilayah Jabodetabek.....	29
Gambar 3.5 Algoritma Pemodelan Simulasi Rantai Suplai Biogasolin.....	46
Gambar 3.6 Algoritma Pemodelan Simulasi Rantai Suplai Biodiesel.....	47
Gambar 4.1 Proyeksi Pertumbuhan PDRB di Wilayah Jabodetabek	52
Gambar 4.2 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Substitusi di Jakarta.....	56
Gambar 4.3 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Substitusi di Bodetabek	56
Gambar 4.4 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Alternatif di Jakarta	57
Gambar 4.5 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Alternatif di Bodetabek	58
Gambar 4.6 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Substitusi di Jakarta	58
Gambar 4.7 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Substitusi di Bodetabek.....	59
Gambar 4.8 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Alternatif di Bodetabek	60
Gambar 4.9 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Jakarta	61
Gambar 4.10 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Jakarta.....	62

Gambar 4.11 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Bogor.....	63
Gambar 4.12 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Bogor	63
Gambar 4.13 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Depok.....	64
Gambar 4.14 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Depok	65
Gambar 4.15 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Tangerang.....	66
Gambar 4.16 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Tangerang	66
Gambar 4.17 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Bekasi.....	67
Gambar 4.18 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Bekasi.....	67
Gambar 4.19 Kapasitas Unit Blending dan Kebutuhan Biogasolin Jabodetabek.....	76
Gambar 4.20 Kapasitas Unit Blending dan Kebutuhan Biosolar Jabodetabek	76



DAFTAR TABEL

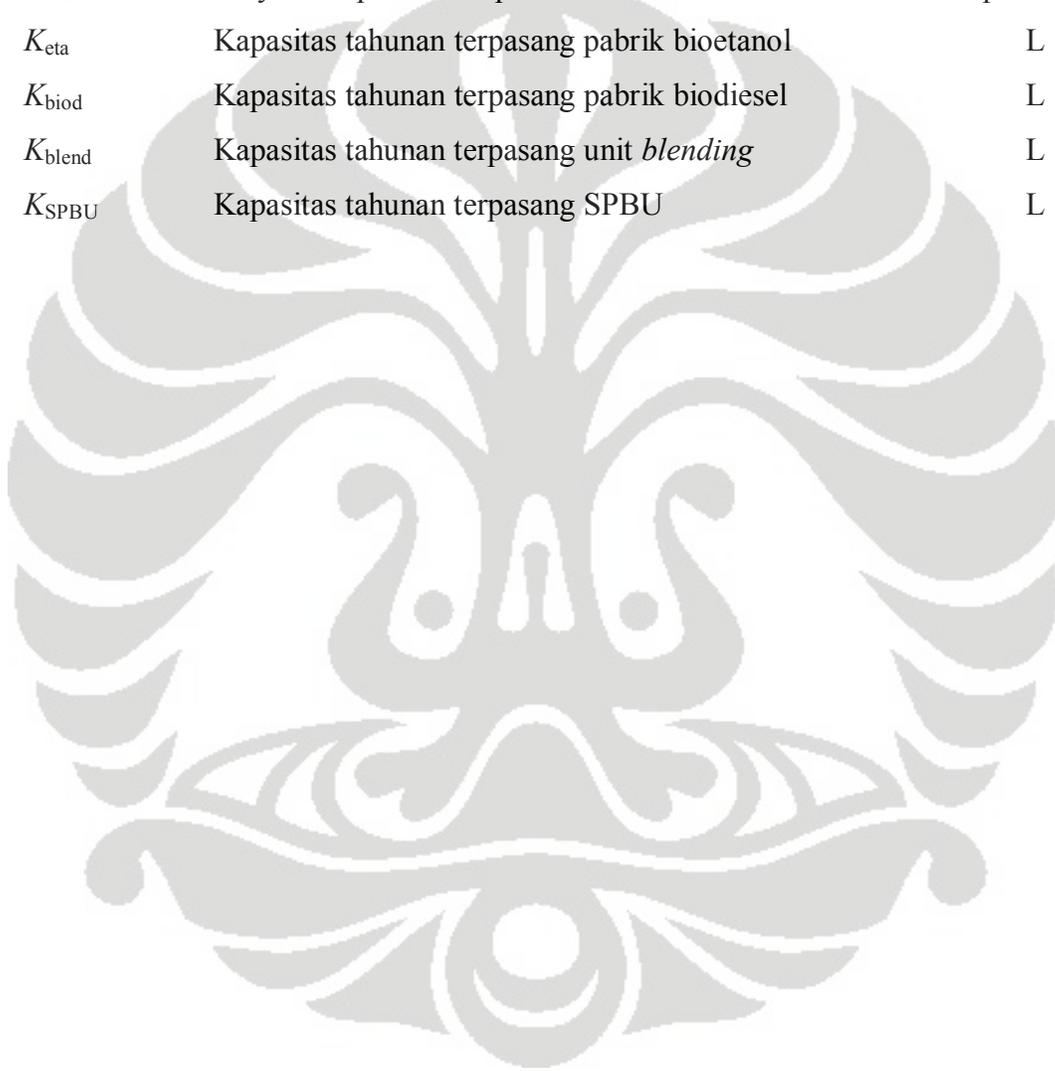
Tabel 2.1 Karakteristik Kimia dan Fisika Bioetanol	6
Tabel 2.2 Karakteristik Kimia dan Fisika Biodiesel.....	6
Tabel 2.3 Rincian Lang Faktor	21
Tabel 2.4 <i>Chemical Engineering Index</i>	22
Tabel 4.1 Elastisitas Gasolin di Jakarta.....	54
Tabel 4.2 Elastisitas Solar di Jakarta	55
Tabel 4.3 Elastisitas Gasolin dan Solar di Jabodetabek.....	55
Tabel 4.4 Rincian Investasi Unit Blending	69
Tabel 4.5 Biaya Blending Biogasolin di Jabodetabek	70
Tabel 4.6 Biaya Blending Biosolar di Jabodetabek.....	70
Tabel 4.7 Harga Tangki Pendam dan Dispenser	71
Tabel 4.8 Rincian Investasi Tangki Timbun dan Dispenser untuk Jabodetabek.....	72
Tabel 4.9 Biaya Infrastruktur Biogasolin di Jabodetabek.....	73
Tabel 4.10 Biaya Infrastruktur Biosolar di Jabodetabek.....	73
Tabel 4.11 Pasokan Kebutuhan Bioetanol untuk di Indonesia.....	74
Tabel 4.12 Pabrik biodiesel di Indonesia	75
Tabel 4.13 Perbandingan Harga Gasolin dengan Biogasolin.....	88

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
$Z_{1,2}$	Biaya rantai suplai biogasolin Skenario 1 dan 2	Rp
$Z_{1,2/L}$	Biaya rantai suplai biogasolin Skenario 1 dan 2 per liter	Rp/L
$Z_{3,4}$	Biaya rantai suplai biogasolin Skenario 3 dan 4	Rp
$Z_{3,4/L}$	Biaya rantai suplai biogasolin Skenario 3 dan 4 per liter	Rp/L
Z_{1a}	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1a	Rp
$Z_{1a/L}$	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1a per liter	Rp/L
Z_{1b}	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1b	Rp
$Z_{1b/L}$	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1b per liter	Rp/L
Z_{2a}	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 2a	Rp
$Z_{2a/L}$	Biaya rantai suplai biodiesel Skenario 2a per liter	Rp/L
a	tahun 2009-2025	Tahun
$\sum_a Z_{1,2}$	Akumulasi biaya rantai suplai biogasolin Skenario 1 dan 2 dari tahun 2009 – 2025	Rp
$\sum_a Z_{3,4}$	Akumulasi biaya rantai suplai biogasolin Skenario 3 dan 4 dari tahun 2009 – 2025	Rp
$\sum_a Z_{1a}$	Akumulasi biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1a dari tahun 2009 – 2025	Rp
$\sum_a Z_{1b}$	Akumulasi biaya rantai suplai biodiesel Skenario 1b dari tahun 2009 – 2025	Rp
$\sum_a Z_{2a}$	Akumulasi biaya rantai suplai biodiesel Skenario 2a dari tahun 2009 – 2025	Rp
$\sum_a Z_{2b}$	Akumulasi biaya rantai suplai biodiesel Skenario 2b dari tahun 2009 – 2025	Rp
$D_{\text{biog}_{1,2}}$	Permintaan biogasolin untuk Skenario 1 dan 2	L
$D_{\text{biog}_{3,4}}$	Permintaan biogasolin untuk Skenario 3 dan 4	L
$D_{\text{bios}_{1a}}$	Permintaan biosolar atau biosolar untuk Skenario 3	L
$D_{\text{bios}_{2a}}$	Permintaan biosolar atau biosolar untuk Skenario 4	L

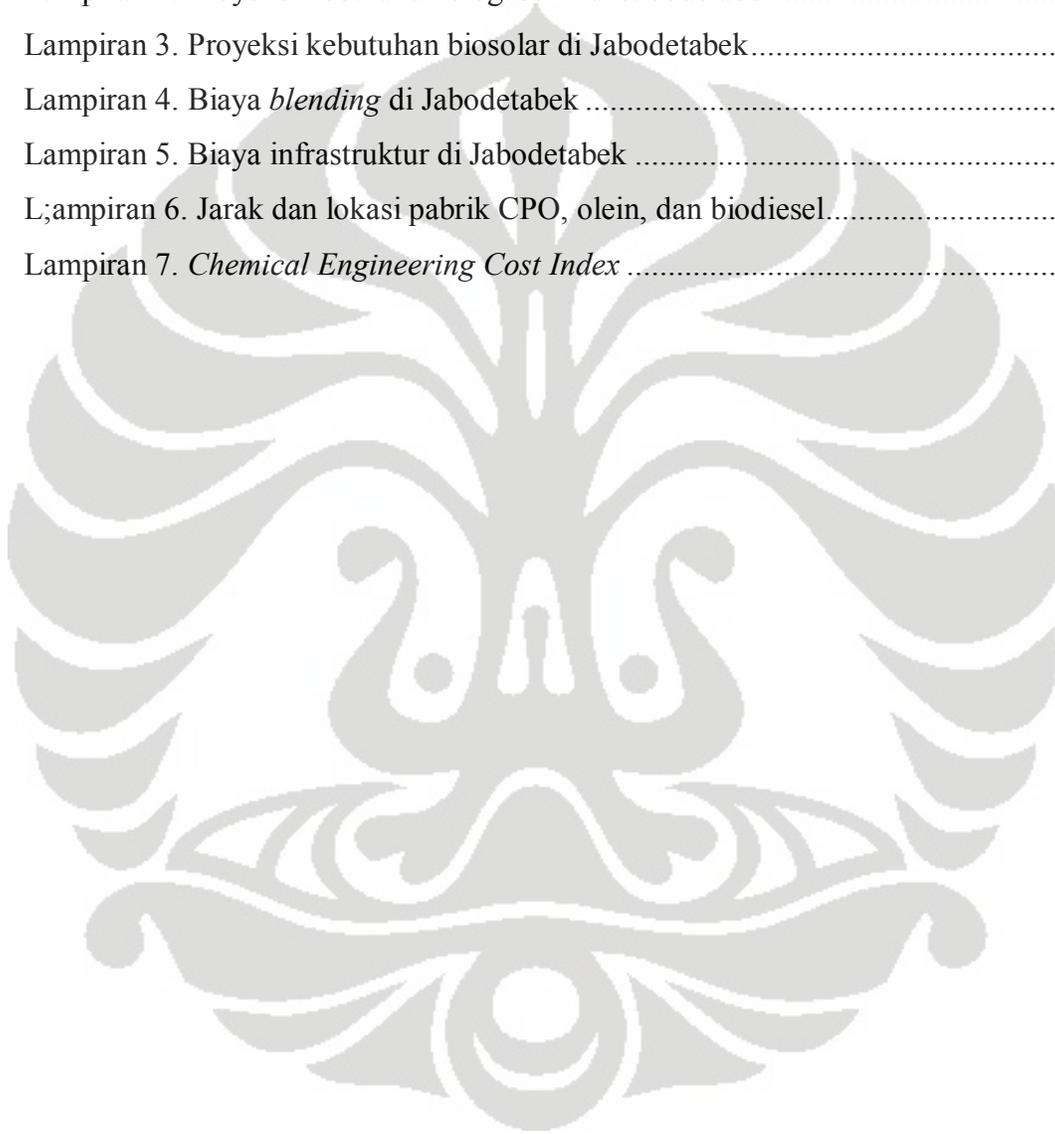
$D_{\text{eta}_{1,2}}$	Permintaan bioetanol untuk Skenario 1 dan 2	L
$D_{\text{eta}_{3,4}}$	Permintaan bioetanol untuk Skenario 3 dan 4	L
$D_{\text{oil}_{1,2}}$	Permintaan gasolin untuk Skenario 1 dan 2	Rp
$D_{\text{oil}_{3,4}}$	Permintaan gasolin untuk Skenario 3 dan 4	Rp
$D_{\text{oil}_{1a}}$	Permintaan solar untuk Skenario 1a	Rp
$D_{\text{oil}_{2a}}$	Permintaan solar untuk Skenario 2a	Rp
$C_{\text{eta/biod}}$	Biaya bahan bioetanol atau biodiesel	Rp
C_{oil}	Biaya bahan gasolin atau solar	Rp
C_{blen}	Biaya <i>blending</i> biogasolin atau biosolar	Rp
$C_{\text{blen/L}}$	Biaya <i>blending</i> biogasolin atau biosolar per liter	Rp
C_{tra}	Biaya distribusi ke SPBU	Rp
C_{inf}	Biaya penambahan infrastruktur baru	Rp
$C_{\text{inf/L}}$	Biaya penambahan infrastruktur baru per liter	Rp/L
C_{mat}	Biaya bahan baku singkong atau CPO dan olein	Rp
C_{pro}	Biaya pengolahan bioetanol atau biodiesel	Rp
C_{ref}	Biaya bahan baku ex kilang	Rp
C_{tra}	Biaya distribusi biogasolin atau biosolar ke SPBU	Rp
C_{inf}	Biaya penambahan infrastruktur baru	Rp
C_{stor}	Biaya penambahan tangki timbun dan dispenser	Rp
$C_{\text{stor/L}}$	Biaya penambahan tangki timbun dan dispenser per liter	Rp/L
f	Faktor konversi	Kg/L
P_{mat}	Harga singkong atau CPO dan olein	Rp/kg
$C_{\text{tra}_{\text{keb}}}$	Biaya transportasi dari kebun ke pabrik pengolahan	Rp
$C_{\text{tra}_{\text{plant}}}$	Biaya transportasi dari pabrik pengolahan ke depo	Rp
$C_{\text{tra}_{\text{ref}}}$	Biaya transpor dari kilang ke depo	Rp
J_{keb}	Jarak dari kebun ke pabrik	Km
J_{plant}	Jarak dari pabrik ke depo	Km

J_{ref}	Jarak dari kilang ke depo	Km
\bar{J}_{SPBU}	Rata-rata jarak dari SPBU ke depo	Km
T_{keb}	Biaya transpor dari kebun ke pabrik	Rp/liter/kg
T_{plant}	Biaya transpor dari pabrik ke depo	Rp/liter/km
T_{ref}	Biaya transpor dari kilang ke depo	Rp/liter/km
T_{SPBU}	Biaya transpor dari depo ke SPBU	Rp/liter/km
K_{eta}	Kapasitas tahunan terpasang pabrik bioetanol	L
K_{biod}	Kapasitas tahunan terpasang pabrik biodiesel	L
K_{blend}	Kapasitas tahunan terpasang unit <i>blending</i>	L
K_{SPBU}	Kapasitas tahunan terpasang SPBU	L



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi dan alamat SPBU di Jabodetabek.....	93
Lampiran 2. Proyeksi kebutuhan biogasolin di Jabodetabek	103
Lampiran 3. Proyeksi kebutuhan biosolar di Jabodetabek.....	105
Lampiran 4. Biaya <i>blending</i> di Jabodetabek	106
Lampiran 5. Biaya infrastruktur di Jabodetabek	108
Lampiran 6. Jarak dan lokasi pabrik CPO, olein, dan biodiesel.....	109
Lampiran 7. <i>Chemical Engineering Cost Index</i>	113



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sumber energi Indonesia akan mengalami perubahan pada beberapa tahun mendatang. Saat ini Indonesia masih bergantung pada bahan bakar gasolin dan solar dalam memenuhi kebutuhan energi untuk transportasi. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 tahun 2006 menyebutkan bahwa untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan, perlu menetapkan Kebijakan Energi Nasional sebagai pedoman dalam pengelolaan energi nasional [1]. *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025 menyebutkan tentang kondisi energi di Indonesia dimana impor BBM mencapai 487 ribu barrel per hari dengan kebutuhan pemakaian 611 ribu barrel per hari. Impor minyak diesel mencapai 30% dari total pemakaian minyak diesel di Indonesia [2]. Konsumsi bahan bakar gasolin pada tahun 2007 mencapai 17 juta kL atau 61% dari total konsumsi bahan bakar untuk transportasi [3]. Produksi gasolin tersebut didapat dari minyak bumi hasil domestik dan impor.

Keadaan ini disebabkan kondisi cadangan minyak Indonesia yang tidak cukup lagi untuk kebutuhan domestik. Walaupun dua tahun belakangan pemerintah berusaha meningkatkan produksi minyak [4] namun jumlah tersebut tetap tidak mencukupi. Selain itu, kesadaran akan pentingnya bahan bakar yang ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah polutan di dunia. Bahan bakar gasolin dan diesel kualitas sedang menghasilkan beberapa jenis polutan. Polusi yang dihasilkan berupa CO, NO_x, timbal dan sulfur. Jenis polutan tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas kesehatan manusia dalam waktu lama. Keberadaan CO₂ sebagai gas rumah kaca juga ikut memberi andil pada pemanasan dunia.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan gasolin dan solar. Salah satu bahan bakar yang dapat digunakan

adalah bioetanol dan biodiesel. Bioetanol dan biodiesel memiliki keunggulan dari sisi ketersediaan bahan baku, kualitas dan harga. Produksi pertanian Indonesia dapat diandalkan untuk mensuplai bahan baku bioetanol dan biodiesel, mengingat banyaknya lahan kosong yang tersedia di wilayah Indonesia.

Proses produksi bioetanol dan biodiesel berbeda dengan pengolahan minyak bumi. Produksi bioetanol dan biodiesel dapat dilakukan oleh setiap orang tanpa ada izin khusus seperti perusahaan eksplorasi minyak bumi. Produsen bioetanol dan biodiesel juga dapat melakukan ekspor atau impor tanpa seizin regulator. Karena itu, keberadaan produsen bioetanol dan biodiesel saat ini masih tersebar di beberapa daerah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga produknya belum terdistribusi secara merata.

Kebijakan penggunaan biogasolin di Indonesia dimulai pada Desember 2006. PERTAMINA, selaku perusahaan yang menyediakan bahan bakar gasolin dan solar mulai memasarkan *Biopertamax* dan *Biosolar* di Jabodetabek. *Biopertamax* merupakan campuran antara 5 % bioetanol dengan 95% *Pertamax* sedangkan *Biosolar* mengandung lima persen CPO yang telah dibentuk menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) dan 95 persen solar murni bersubsidi [5].

Dalam memasarkan bahan bakar biogasolin dan biodiesel tersebut diperlukan perencanaan sistem distribusi skala masif yang berbeda dengan sistem distribusi biasa. Disamping itu kebutuhan gasolin dan solar memiliki karakter yang berbeda, kebutuhan akan bahan bakar gasolin dan solar harus dipenuhi pada saat itu juga. Keterlambatan pemenuhan kebutuhan gasolin dan solar akan menyebabkan masalah besar. Masalah lain yang juga dihadapi pasar yang masih disubsidi pemerintah dan belum jelas arah ke depan.

Penelitian mengenai sistem distribusi bahan bakar nabati telah dilakukan sebelumnya oleh Andita Kusuma Dewi, 2008 [6]. Bahan bakar yang didistribusikan adalah biodiesel yang merupakan campuran antara solar dengan biodiesel. Penelitian tentang sistem distribusi biogasolin juga telah dilakukan oleh Rizki Mohammad Kahfi, 2008 [6]. Sistem distribusi tersebut dirancang untuk memenuhi kebutuhan SPBU di Jakarta.

Mengingat pentingnya ketersediaan biogasolin dan biodiesel di Jabodetabek maka sangatlah tepat merancang sebuah sistem rantai suplai agar penggunaan bahan bakar alternatif biogasolin dan biodiesel berjalan optimal.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem rantai suplai biogasolin dan biodiesel yang terintegrasi dengan biaya yang efisien di wilayah Jabodetabek.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah terbentuknya rantai distribusi bahan bakar biogasolin dan biodiesel dengan bantuan piranti lunak. Dari pencapaian tersebut luaran lain yang diharapkan adalah

1. Diketuainya infrastruktur yang perlu dipersiapkan untuk penggunaan biogasolin dan biodiesel untuk wilayah Jabodetabek sampai tahun 2025;
2. Diketuainya biaya rantai suplai biogasolin dan biodiesel dari produsen ke konsumen;
3. Sebagai bahan rekomendasi pengambil kebijakan di bidang energi

1.4 BATASAN MASALAH

1. Data-data yang berkenaan dengan bioetanol dan biodiesel diambil dari pabrik bioetanol dan biodiesel yang telah berdiri dan memproduksi di Indonesia;
2. Model yang digunakan adalah model matematis yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Visual Basic*;
3. Beberapa rumus dan data yang digunakan menggunakan kaidah “*Rule of Thumbs*“;
4. Kondisi selama 16 tahun ke depan diasumsikan sesuai dengan kebijakan pemerintah pada *Road Map Energy 2025* dimana bioetanol dijadikan sebagai campuran gasolin dan biodiesel sebagai campuran solar;
5. Perhitungan spesifikasi entitas yang berkaitan dengan rantai suplai dilakukan secara umum dan tidak mendetail;

6. Rantai suplai untuk gasolin dan solar dimulai saat gasolin dan solar keluar kilang;
7. Biogasolin yang dibahas pada penelitian ini adalah campuran bioetanol dan gasolin kualitas tinggi (Oktan 92) dengan komposisi tertentu, sedangkan untuk biosolar adalah campuran minyak solar 48 dengan FAME (biodiesel);
8. Biogasolin dan biodiesel digunakan untuk keperluan transportasi dan didistribusikan ke semua SPBU di Jabodetabek;
9. Proyeksi kebutuhan biogasolin dan biodiesel dilakukan dengan metode ekonometrik;
10. Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto wilayah Jabodetabek diasumsikan seiring dengan Produk Domestik Bruto Nasional;
11. Harga minyak dunia berada pada kisaran 60–80 US\$/barel dan dianggap tidak ada kenaikan drastis seperti pada awal tahun 2008.
12. Untuk kota Jakarta, laju konsumsi BBM dibatasi kondisi infrastruktur jalan raya dan jumlah kendaraan, karena kenaikan penambahan jalan raya setiap tahunnya sangat kecil, sehingga dari tahun 2011 sampai jumlah kendaraan di Jakarta dianggap konstan.
13. Sedangkan untuk kota selain Jakarta, penambahan infrastruktur jalan raya dianggap mengikuti jumlah kenaikan kendaraan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merancang suatu rantai suplai ada beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai gambaran umum bioetanol dan biodiesel pengantar tentang rantai suplai.

2.1 GAMBARAN UMUM BIOETANOL DAN BIODIESEL

Bioetanol dan biodiesel adalah bahan bakar yang terbuat dari sumberdaya hayati. Ada beberapa jenis tanaman yang dapat dibuat menjadi etanol, yaitu tanaman bergula dan tanaman berselulosa. Sedangkan biodiesel dapat dibuat dari minyak trigliserida (minyak kelapa sawit, kedelai, kacang tanah, biji bunga matahari, jarak pagar, kapuk, saga hutan, d.l.l.). Trigliserida tersebut diubah menjadi alkil ester dengan mereaksikannya dengan alkil alkohol [8].

Bioetanol dan biodiesel bersih dari pengotor seperti timbal dan sulfur karena terbuat dari bahan nabati. Pencampuran bioetanol dan biodiesel pada bahan bakar minyak menyebabkan bertambahnya suplai oksigen ekstra yang akan menurunkan kadar CO. Akibatnya, jumlah CO semakin sedikit sehingga lebih ramah lingkungan. CO₂ hasil pembakaran bahan bakar nabati pun tidak dianggap sebagai polusi karena akan direspirasi kembali oleh tumbuhan.

Penambahan etanol pada bensin sampai komposisi maksimal 20% dapat meningkatkan performa mesin tanpa perlu modifikasi apapun. Pada komposisi tersebut etanol juga berperan sebagai pengganti aditif MTBE (Metil Tersier Butil Eter). Komposisi yang lebih besar dari 20% dapat merusak karet pada mesin mobil [2]. Etanol 100% dapat digunakan pada mobil jenis *flexible fuel vehicle*. Bahan bakar etanol 100%, memiliki kelemahan yaitu kesulitan mengalami ignisi pada suhu dingin, sehingga perlu ditambahkan gasolin pada saat pemanasan awal. Tidak jauh berbeda dengan biogasolin, dalam penggunaannya biodiesel dapat dicampur dengan bahan bakar solar ataupun murni. Biodiesel yang tidak dicampur dengan bahan bakar solar

dikenal dengan nama B100. Biodiesel 100% ini dapat digunakan di dalam mesin tanpa modifikasi, tetapi memerlukan perhatian khusus. B100 ini dapat melarutkan atau mengembangkan karet neoprena sehingga perlu waspada terhadap selang karet (*hose*) di mesin. Pada suhu dibawah 5°C, biodiesel dapat menimbulkan gel yang bisa memblok filter [9].

2.1.1 Spesifikasi Bioetanol

Adapun karakteristik dari bioetanol dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2. 1 Karakteristik Kimia dan Fisika Bioetanol [2]

Massa molekular	46 gr/mol
Massa jenis	0,789 gr/cm ³
Titik beku	-114,3 C
Titik didih	78,4 C
Titik nyala	13 C
Kandungan Sulfur	0-0,024
Nilai Kalor	1366 kJ/gmol
Angka Oktan	102-104

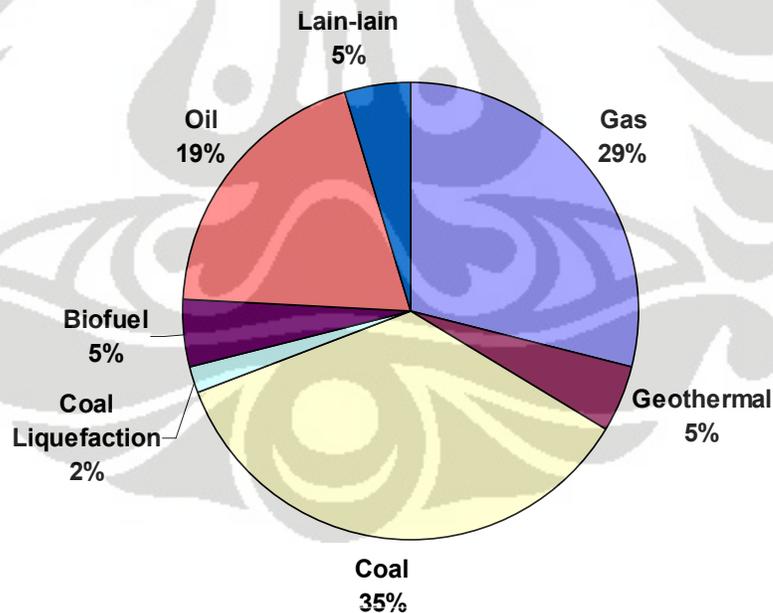
Tabel 2. 2 Karakteristik Kimia dan Fisika Biodiesel [11]

Gravitasi spesifik	0,87 – 0,89
Viskositas kinematik @ 40°C	3,7 – 5,8
Angka setana	46 – 70
Nilai pemanasan tertinggi (btu/lb)	16928 – 17996
Sulfur, wt%	0,0 – 0,0024
Titik asap (<i>Cloud point</i>) °C	-11 – 16
Titik tuang (<i>Pour point</i>) °C	-15 – 13
Angka iodine	60 – 135
Nilai pemanasan terendah (Btu/lb)	15700 – 16735

Dapat dilihat dari Tabel 2.1, angka oktan bioetanol lebih besar dari gasolin (RON = 92 - 95). Semakin besar angka oktan menunjukkan bahan bakar tersebut sulit terbakar. Akibatnya bioetanol akan terbakar pada posisi piston maksimal sehingga pembakaran lebih optimal. Pada biodiesel memiliki viskositas yang mirip dengan petrodiesel (solar). Biodiesel memiliki tingkat pelumasan lebih tinggi dan hampir tidak ada kandungan bilangan sulfur, dan seringkali digunakan sebagai aditif untuk bahan bakar diesel rendah sulfur (*Ultra-Low Sulfur Diesel-ULSD*).

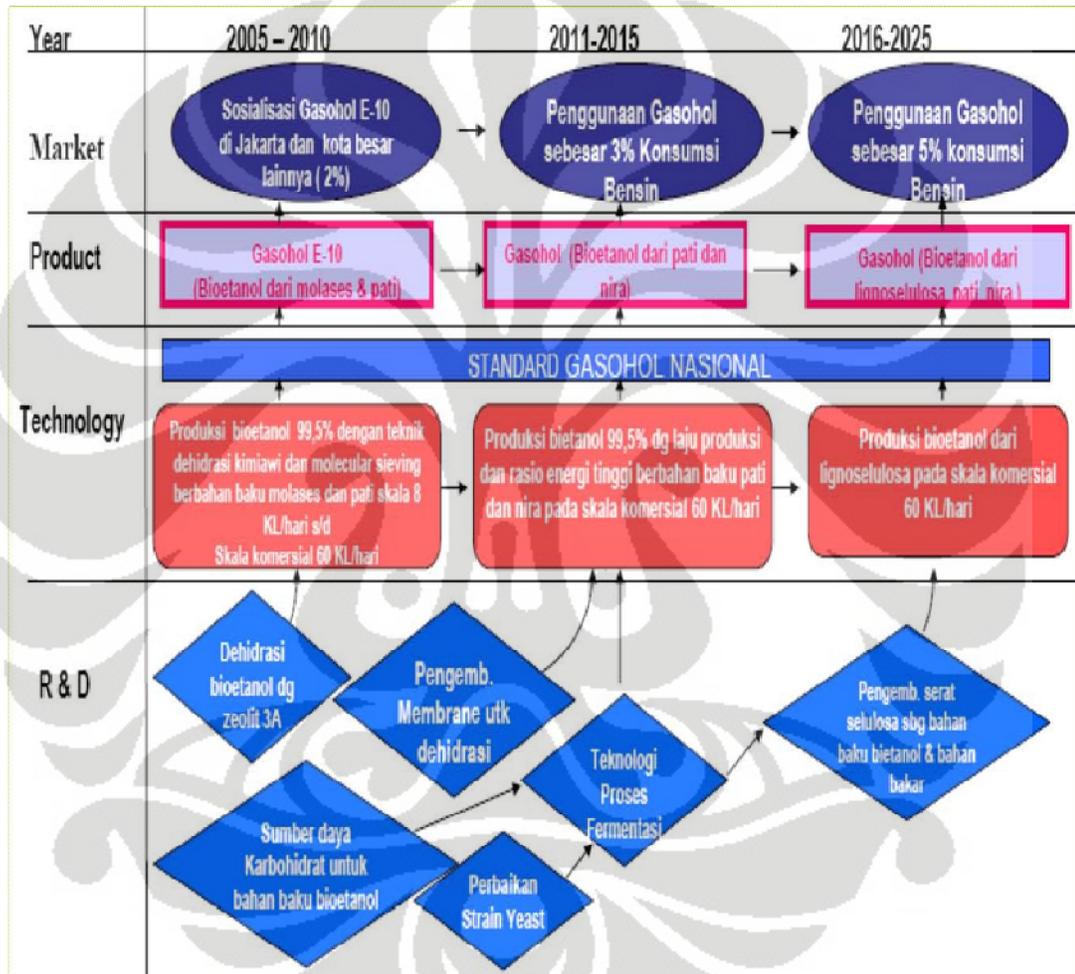
2.1.2 Kebijakan Penggunaan Biogasolin dan Biodiesel di Indonesia

Pemerintah melalui Instruksi Presiden No 1 tahun 2006 berusaha meningkatkan penggunaan bahan bakar nabati dalam berbagai sektor. Hal ini juga diperkuat dengan Peraturan Presiden No 5 tahun 2006 dan pendirian Timnas Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk mengembangkan energi alternatif. Pemerintah menargetkan secara total bahan bakar nabati dapat mensubstitusi bahan bakar fosil sebanyak 5 % dari konsumsi nasional. Proporsi target penggunaan energi pada tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 2.1.

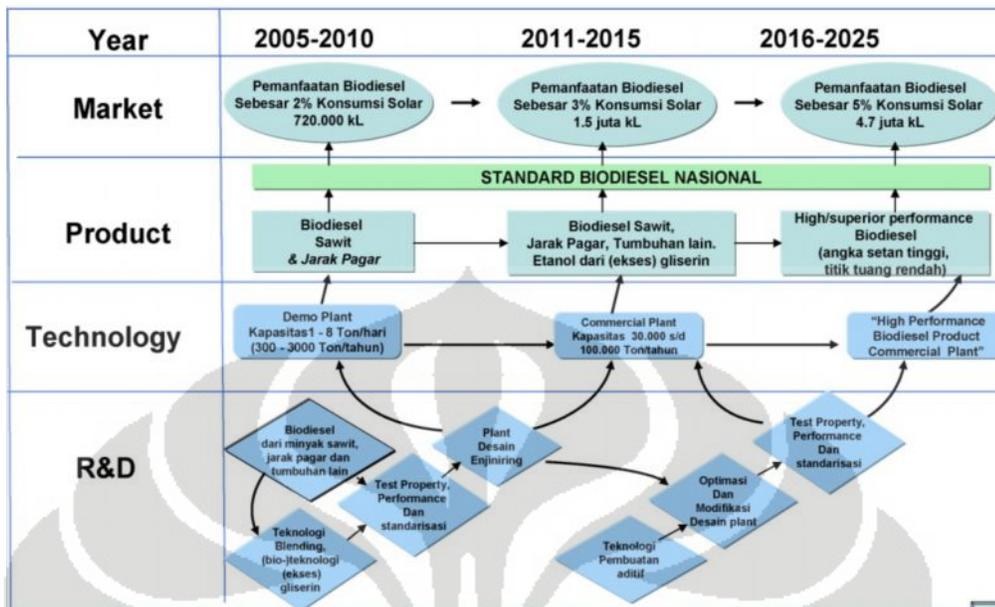


Gambar 2.1 Target *Energy Mix* Indonesia 2025 [2]

Penggunaan bahan bakar nabati mulai marak digunakan sejak akhir tahun 2005. Pada saat itu harga bahan bakar minyak mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Kondisi tersebut memberikan peluang bagi bahan bakar nabati yang selama ini tertutup karena harganya yang tidak kompetitif. Beberapa tahun ke depan permintaan bahan bakar nabati sebagai alternatif akan mengalami peningkatan karena harga bahan bakar nabati lebih murah dari bahan bakar minyak.



Gambar 2.2 Road Map Pemanfaatan Bioetanol [2]



Gambar 2.3 Road Map Pemanfaatan Biodiesel [2]

Sesuai Gambar 2.2 dan 2.3, pada tahap awal biogasolin dan biodiesel disosialisasikan kepada masyarakat sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dengan kualitas angka oktan lebih baik. Produksi masih dilakukan pada *pilot plant* di beberapa laboratorium dan pabrik skala kecil. Karena kapasitas produksi yang tidak besar, harga bioetanol dan biodiesel masih belum ekonomis.

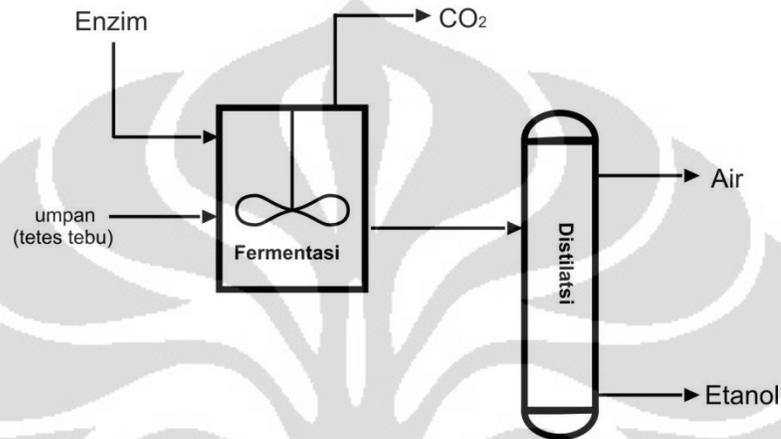
Pada tahun 2011-2025 konsumsi bioetanol dan biodiesel ditargetkan 3% dari konsumsi nasional. Kemampuan peningkatan produksi ini menyebabkan harga pengolahan bioetanol dan biodiesel yang lebih ekonomis teknologi yang digunakan telah berkembang sehingga konversi bahan baku menjadi lebih besar. Pada kurun waktu 2016-2025, bioetanol dan biodiesel ditargetkan dapat mensubstitusikan 5% dari konsumsi minyak nasional.

2.1.3 Teknologi Pembuatan Bioetanol

Ada beberapa tahapan dalam peningkatan teknologi pengolahan bioetanol.

- Tahap awal

Pembuatan bioetanol didapat dari tanaman yang mengandung glukosa seperti tetes tebu. Glukosa pada bahan baku tersebut difermentasi menjadi etanol seperti pada Gambar 2.4. Etanol yang terbentuk dipisahkan dari air melalui distilasi. Reaksi fermentasi yang terjadi adalah sebagai berikut

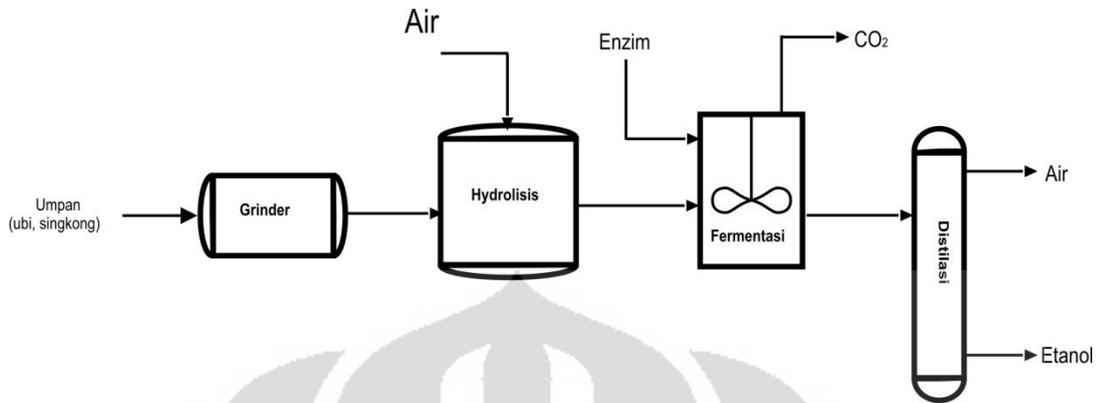


Gambar 2.4 Proses Pembuatan Bioetanol dari Tetes Tebu [14]

- Tahap lanjutan

Pembuatan bioetanol didapat dari tanaman yang mengandung polisakarida seperti pati, singkong dan ubi. Polisakarida yang terdiri dari molekul glukosa dihidrolisis menjadi glukosa kemudian difermentasi menjadi bioetanol seperti pada Gambar 2.5. Pada tahap ini teknologi pengolahan bahan baku yang langsung mengandung glukosa juga semakin baik sehingga konversi yang dicapai makin besar.

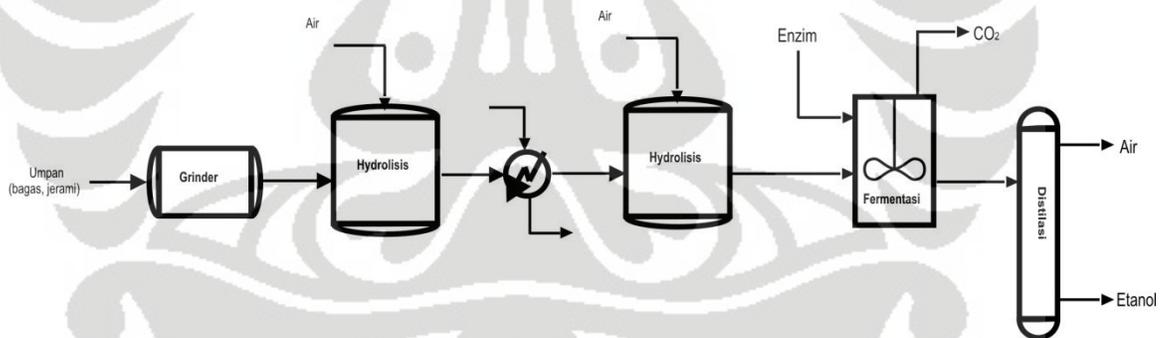




Gambar 2.5 Proses Pembuatan Bioetanol dari Singkong dan Ubi [14]

- Tahap akhir

Pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa seperti kayu, jerami dan bagas. Bahan ini memiliki lignin yang melindungi selulosa di bagian dalam sel. Selama ikatan antara lignin dengan selulosa tidak diputus, selulosa tidak dapat dihidrolisis. Untuk itu teknologi hidrolisis yang digunakan lebih kompleks dibandingkan tahap sebelumnya seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses Pembuatan Bioetanol dari Bagas dan Jerami [14]

Dari sisi produsen, bioetanol merupakan jenis bisnis baru, sehingga hanya ada beberapa pabrik yang berada dekat dengan sumber bahan baku bioetanol tersebut.

Molindo Raya Industrial memproduksi bioetanol dari tetes tebu hasil pengolahan pabrik gula di Malang. Kapasitas produksinya mencapai 40.000 kL. Produksi bioetanol tersebut digunakan sebagai campuran bioetanol pada *Biopertamax*. Di daerah Jawa Timur yang lain, Pasuruan, PTPN X berencana

membangun pabrik bioetanol yang bersebelahan dengan pabrik pengolahan tebu. Kapasitas produksi direncanakan mencapai 40.000 kL pada akhir tahun 2008 [11].

Medco Energi juga telah mengembangkan pabrik bioetanol sejak tahun 2005 untuk keperluan bahan bakar. Bahan bakunya berasal dari perkebunan singkong dan tetes tebu di daerah Lampung. Total produksi mencapai 180.000 kL dan akan meningkat sampai 20 tahun ke depan [12].

Jawa Barat juga akan memiliki pabrik bioetanol. Dua perusahaan besar, Rajawali Nasional Indonesia dan Mitra Sae Internasional akan membangun pabrik bioetanol dengan kapasitas 40.000 dan 200.000 kL pada tahun 2008. Bahan baku yang digunakan adalah singkong, Jawa Barat dipilih sebagai lokasi karena memiliki potensi lahan pertanian yang cukup besar [13].

2.1.4 Teknologi Pembuatan Biodiesel dari *Crude Palm Oil*

Secara umum, pengembangan biodiesel termasuk teknologi menengah bahkan bisa dikatakan cukup sederhana, tidak memerlukan unit-unit operasi dengan tingkat kerumitan maupun resiko yang tinggi. Reaktor berpengaduk adalah unit utama dalam pembuatan biodiesel disamping unit penting lainnya berupa unit-unit pemisahan dan pemurnian. Bahkan pembuatan biodiesel ini dimungkinkan dilakukan dengan skala rumah tangga atau skala kecil. Biodiesel dibuat dengan mereaksikan *Crude Palm Oil* (CPO) dengan methanol atau etanol melalui reaksi esterifikasi dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi berkatalis menjadi senyawa ester dengan produk samping gliserin. Pada saat ini gliserin juga merupakan produk dengan harga jual yang cukup tinggi [8].



Gambar 2.7 Diagram Blok Pembuaan Biodiesel dari CPO [8]

Crude Palm Oil (CPO) dipasaran biasanya mengandung sekitar 5% *Free Fatty Acid* (FFA) yang akan mengganggu reaksi utama pembentukan biodiesel, karena itu FFA ini harus dihilangkan atau dikonversi dengan menggunakan katalis asam melalui reaksi Esterifikasi [8].

2.2 PROYEKSI KEBUTUHAN BAHAN BAKAR MINYAK

Bahan bakar minyak adalah jenis sumber energi yang paling vital di dunia. Secara umum, ada dua metode yang dapat digunakan untuk melakukan perkiraan permintaan bahan bakar minyak di suatu daerah. Dua metode tersebut adalah metode ekonometrik dan metode *end use* [1] seperti yang akan dijelaskan di bawah ini

- Metode ekonometrik: Metode ekonometrik dikembangkan berdasarkan studi mengenai perilaku data statistik. Metode ini didasarkan pada faktor ekonomi makro yaitu Produk Domestik Bruto (PDB) dan harga sumber energi (*Price*). Persamaan yang digunakan pada metode ini adalah

$$\eta = \frac{\frac{(\Delta D / D)}{(\Delta PDB / PDB)}}{\frac{(\Delta D / D)}{(\Delta Price / Price)}} \quad (2.1)$$

Untuk negara-negara berkembang, kebutuhan akan energi cenderung naik dari tahun ke tahun sehingga faktor $\frac{(\Delta D / D)}{(\Delta Price / Price)}$ dapat diabaikan, selain itu ketiadaan energi alternatif selain bahan bakar minyak menyebabkan faktor

perubahan harga tidak mempengaruhi jumlah permintaan bahan bakar tersebut. Berdasarkan penjelasan tersebut Persamaan 2.1 dapat disederhanakan menjadi Persamaan 2.2 yaitu

$$\eta = \frac{(\Delta D / D)}{(\Delta PDB / PDB)} \quad (2.2)$$

Elastisitas (η) pada Persamaan 2.2 menunjukkan besaran yang menunjukkan perubahan konsumsi energi terhadap perubahan Produk Domestik Bruto (PDB). Biasanya pertumbuhan PDB suatu negara akan diiringi kenaikan kebutuhan sumber energi sehingga elastisitas energi akan bernilai positif. Metode inilah yang akan digunakan pada penelitian ini.

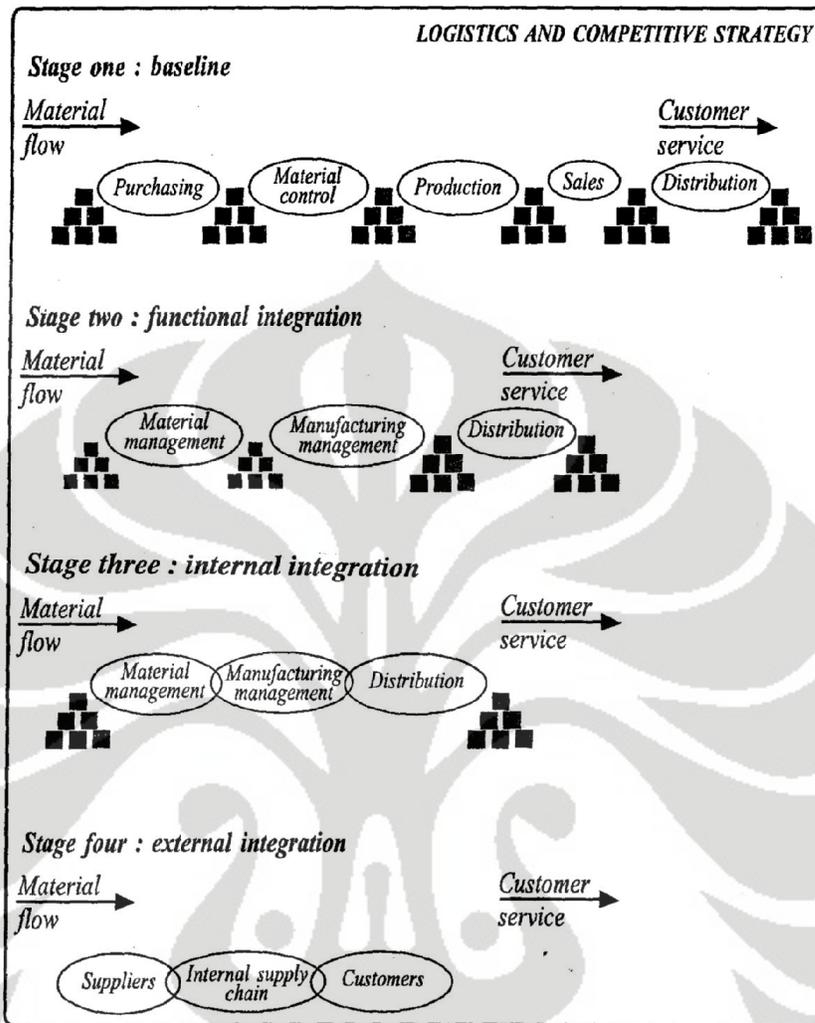
- Metode *end use (engineering oriented)*: Metode ini spesifik untuk tiap sektor. Metode *end use* didasarkan pada faktor-faktor yang menggambarkan tingkat aktivitas ekonomi dan intensitas konsumsi di setiap sektor. Metode ini memerlukan jenis data yang lebih banyak dan lebih rinci dibandingkan metode ekonometrik.

2.3 MANAJEMEN RANTAI SUPLAI

Manajemen rantai suplai mencakup kegiatan penyaluran barang dan pasokan bahan baku. Adapun definisi manajemen rantai suplai adalah filosofi manajemen yang secara berkelanjutan mencari sumber fungsi bisnis yang kompeten untuk digabungkan di internal dan eksternal perusahaan untuk memperhatikan sistem suplai yang berkeandalan tinggi dan memperhatikan kebutuhan pelanggan untuk mencapai *customer value* yang baik [16].

Konsep rantai suplai telah dimulai pada tahun 1990 dilandasi keadaan dimana perusahaan menyadari tidak mungkin bersaing sendiri tanpa adanya kerjasama dengan para supplier.

Tujuan utama rantai suplai adalah mengurangi atau mungkin menghilangkan *buffer* yang terlibat antara beberapa departemen dalam satu rantai dengan cara *sharing* informasi mengenai permintaan dan persediaan.



Gambar 2.8 Aliran Barang dari Supplier ke Konsumen [16]

Terdapat beberapa tingkat aliran barang seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Tingkatan tersebut antara lain:

1. *Baseline* (dasar)

Posisi dari kebebasan fungsional yang lengkap di mana masing-masing fungsi bisnis seperti produksi dan pembelian melakukan aktivitas mereka sendiri-sendiri dan terpisah dari fungsi bisnis yang lain. Sebagai contoh adalah produsen yang mengoptimalkan harga per unit dengan memproduksi barang yang sama/sejenis dalam jangka waktu panjang tanpa mengabaikan persediaan dan lokasi penyimpanan serta modal yang dikeluarkan.

2. Integrasi Fungsional

Perusahaan telah menyadari perlunya sekurang-kurangnya ada penggabungan antara fungsi-fungsi yang melakukan aktivitas hampir sama, contoh antara bagian distribusi dan manajemen persediaan atau pembelian dengan pengendalian material.

3. Integrasi secara internal

Diperlukan pengadaan dan pelaksanaan perencanaan kerangka kerja *end-to-end*.

4. Integrasi secara eksternal

Integrasi rantai suplai yang sebenarnya dengan konsep menghubungkan dan koordinasi yang dicapai pada tingkat ketiga. yang diperluas dengan bagian *supplier* dan pelanggan.

2.3.1 Kerangka Kerja Rantai Suplai

Pelaksanaan rantai suplai meliputi pengenalan anggota rantai suplai, dengan siapa dia berhubungan, proses apa yang perlu dihubungkan dengan tiap anggota dan jenis penggabungan apa yang perlu diterapkan.

Ada dua anggota jaringan rantai suplai secara umum. *Primary member* merupakan semua unit yang menjalankan aktivitas operasional dan manajerial dalam proses bisnis yang telah dirancang. *Secondary member* adalah unit/perusahaan yang menyediakan sumber daya, pengetahuan, utilitas atau aset bagi *primary member*.

Anggota-anggota pada jaringan rantai suplai berada pada suatu jaringan. Salah satu jaringan yang umumnya digunakan adalah *managed process link* dimana perusahaan *focal* bersatu dan berkolaborasi dengan anggota lain dari rantai suplai.

Langkah pertama dalam perancangan rantai suplai adalah mengidentifikasi pelanggan utama yang berkaitan dengan bisnis perusahaan. *Customer Service* melayani para pelanggan terkait informasi tanggal pengiriman dan ketersediaan produk melalui hubungannya dengan bagian produksi dan distribusi. Permintaan yang telah diketahui perlu diseimbangkan dengan suplai yang dimiliki perusahaan. Permintaan tersebut biasanya telah diperkirakan perusahaan melalui teknik peramalan

permintaan. Barang hasil produksi harus fleksibel dengan perubahan pasar seperti jumlah, kemasan dan jenis barang.

2.3.2 Logistik

Manajemen rantai suplai sebuah komoditas sangat bergantung pada sistem logistik komoditas tersebut. Bagian dari proses rantai suplai yaitu logistik adalah bagian yang merencanakan, mengimplementasikan dan mengontrol keefisienan dan keefektifan aliran penyimpanan barang, pelayanan dan informasi yang terkait pada internal perusahaan.

Tiga komponen utama dalam sistem logistik:

1. Infrastruktur logistik
2. Kebutuhan Pergerakan
3. Jaringan Transportasi

Terdapat beberapa elemen penting pada sistem logistik yaitu:

a. Manajemen Persediaan

Persediaan suatu barang sangatlah penting sebagai *buffer* pada rantai suplai. Namun, semakin lama suatu barang berada pada penyimpanan, barang tersebut membutuhkan biaya penyimpanan makin mahal dan menghambat perputaran uang. Untuk itu manajemen persediaan akan mengatur stok penyimpanan untuk mencapai nilai ekonomis.

b. Komunikasi Logistik

Komunikasi merupakan jaringan vital diantara seluruh proses logistik. Komunikasi yang akurat dan pada saat yang tepat merupakan dasar dari keberhasilan manajemen logistik. Timbulnya masalah pada komunikasi dapat menyebabkan kerugian akibat peningkatan biaya dan waktu.

c. Transportasi

Transportasi komoditas dapat dilakukan lewat jalan darat, laut dan udara. Transportasi biogasolin hanya menggunakan jalan darat melalui pipa dan truk.

d. Ramalan Permintaan

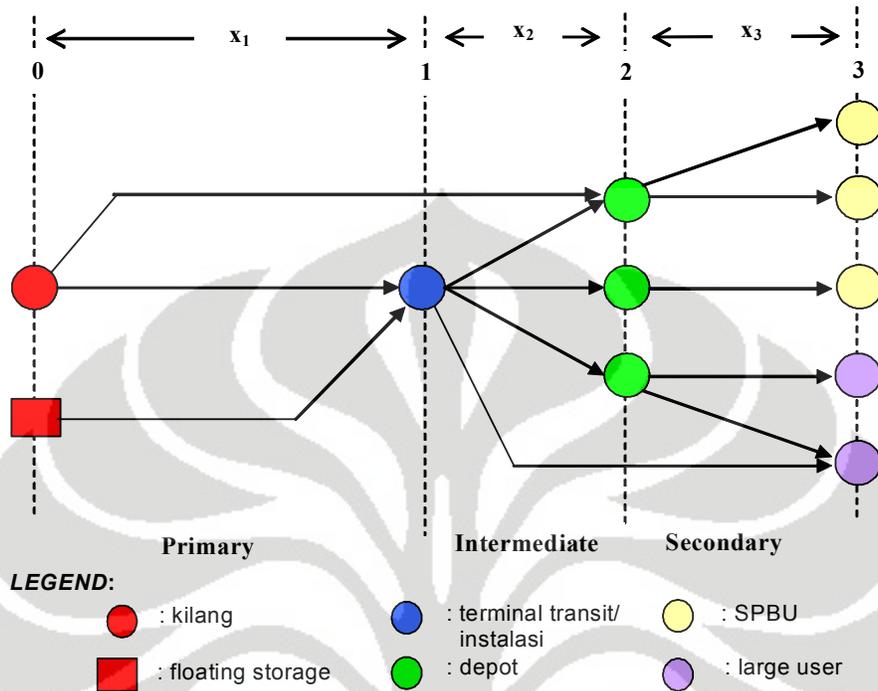
Ramalan permintaan menentukan berapa banyak barang yang harus dikirim ke konsumen. Untuk itu kita juga harus memperhatikan kapan dan dimana pengiriman dilaksanakan agar mencapai nilai tambah bagi pelanggan.

e. Pelayanan Konsumen

Pelayanan pada konsumen pada komoditas biogasolin dan biodiesel menyangkut kondisi sebelum transaksi dimana harus terdapat kejelasan prosedur pemesanan dan fleksibilitas terhadap kejadian yang tidak terencana. Sedangkan pada tahap transaksi menyangkut ketersediaan barang, ketepatan waktu dan sistem jual-beli yang akurat.

2.3.3 Sistem Logistik Bahan Bakar Minyak

Distribusi bahan bakar minyak di Indonesia sampai saat ini masih didominasi oleh PERTAMINA [17]. Oleh karena itu sistem logistik biogasolin yang akan dibahas menggunakan sistem BBM versi PERTAMINA. Gambaran mengenai sistem logistik BBM versi PERTAMINA dapat dilihat pada Gambar 2.8. Secara umum logistik BBM dimulai dari titik kilang atau *floating storage* menuju terminal transit/instalasi yang kemudian diteruskan ke depot. Dari depot BBM selanjutnya didistribusikan ke beberapa SPBU atau pengguna besar (*secondary distribution*). Kapasitas penyimpanan BBM di seluruh depot adalah 20 hari konsumsi nasional [18].



Gambar 2.9 Diagram Logistik BBM

Pertamina membagi wilayah pemasaran di seluruh Indonesia menjadi 8 bagian atau UPMS. Daerah Jakarta merupakan bagian dari UPMS 3 yang mencakup Jawa Barat, Banten dan Jakarta. Kebutuhan BBM di Jabodetabek umumnya disuplai oleh depo Plumpang yang berada di bagian utara Jakarta. Dari depo tersebut BBM akan didistribusikan ke berbagai sektor baik transportasi, industri dan rumah tangga.

Komponen utama dalam logistik BBM:

1. Infrastruktur rantai suplai seperti lokasi fisik kilang, depot dan penyimpanan. Ini juga termasuk beberapa koneksi grup teritorial antar lokasi dan sebaran SPBU di Jakarta.
2. Kebutuhan pergerakan BBM yang terdiri dari seluruh informasi transportasi BBM termasuk di dalamnya jenis BBM, dengan apa BBM ditransportasikan, kapan BBM ditransportasikan dan instruksi khusus untuk pendistribusian BBM

3. Jaring transportasi yang merupakan objek transportasi yang terdiri dari komponen fisik meliputi jalan, pelabuhan, depot tangki timbun dan kapal. Aspek lainnya meliputi kecepatan kendaraan, jarak tempuh dan kapasitas muatan

Dalam logistik, komponen biaya total yang harus dibebankan kepada konsumen adalah penjumlahan dari komponen-komponen logistik. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Biaya suplai} = & \text{Biaya bahan baku} + \text{Biaya Pengolahan} + \text{Biaya Transportasi} \\ & + \text{Biaya Infrastruktur} \end{aligned} \quad (2.3)$$

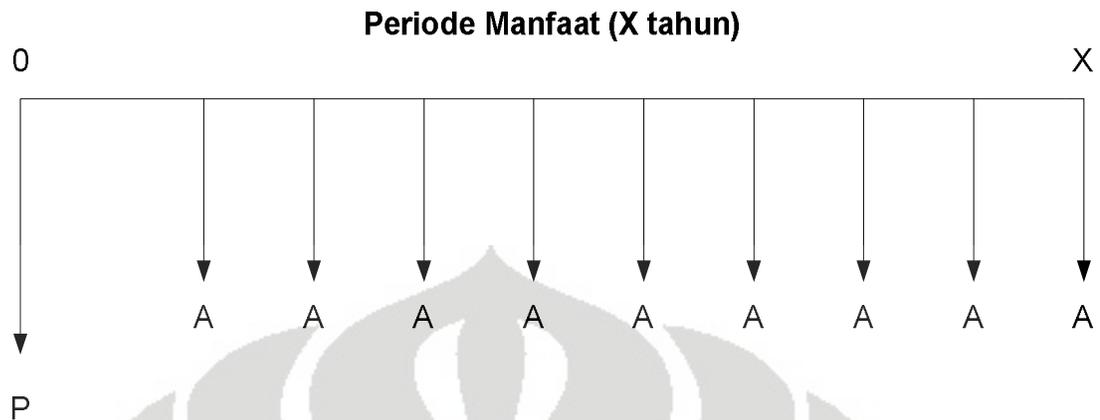
2.4 TEORI EKONOMI

Pada bagian ini akan dibahas teori-teori ekonomi yang berkaitan dengan analisa ekonomi beberapa unit yang dibutuhkan pada proses rantai suplai biogasolin.

2.4.1 Konsep Ekuivalen dan Arus Kas

Pembuatan perkiraan arus kas sangat disarankan dalam situasi yang memerlukan analisis untuk menjelaskan atau memberikan gambaran mengenai apa yang terjadi pada suatu rentang waktu tertentu. Yang perlu diperhatikan dalam merancang arus kas adalah pengaruh periode pembungaan/umur manfaat. Periode pembungaan akan sebanding dengan frekuensi arus kas. Semakin lama periode/umur suatu benda maka frekuensi arus kas akan semakin banyak, namun dalam besaran arus kas setiap tahun lebih kecil dibandingkan periode yang lebih singkat.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode *Present Amount Annuity Factor* dalam memperkirakan arus kas. Metode ini digunakan untuk mengetahui besar penerimaan/pengeluaran tetap per periode (A) selama suatu periode (n) yang ekuivalen dengan investasi sejumlah uang pada saat ini (P). Gambar 2. 10 menunjukkan arus kas untuk metode *Present Amount Annuity Factor*.



Gambar 2.10 Diagram Arus Kas

Persamaan yang digunakan untuk metode ini dapat dilihat pada Persamaan 2.4-2.6

$$A = P \quad (2.4)$$

$$A = P(A/P, i, n) \quad (2.5)$$

$$A = P \cdot \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2.6)$$

Untuk menentukan besarnya arus kas setiap tahun, diperlukan *capital recovery factor* (CRF) yaitu besaran yang berada di sebelah kanan variabel P pada Persamaan 2.6. Perkalian *capital recovery factor* tersebut dengan nilai *present value* (P) atau investasi akan menghasilkan *annual cash flow* (A).

2.4.2 Estimasi Total Biaya dengan Metode Lang

Untuk beberapa unit atau kesatuan proses yang sudah umum, kita dapat memperkirakan besar biaya yang dibutuhkan sebelum memulai konstruksi (*preliminary estimate*). Lang merancang metode untuk mengestimasi biaya kapital dari sebuah unit yang juga terdiri dari faktor-faktor lain yang berhubungan dengan suatu alat [19]. Beberapa besaran *Lang factor* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Rincian Lang Factor

	Persentase dari Biaya Peralatan		
	<i>Solid Processing Plant</i>	<i>Solid-Fluid Processing Plant</i>	<i>Fluid Processing Plant</i>
Biaya Peralatan	100	100	100
Instalasi	45	39	47
Instrumentasi	9	13	18
Perpipaan	16	31	66
Listrik	10	10	11
Bangunan	25	29	18
Pengembangan lahan	13	10	10
Fasilitas pendukung	40	55	70
Tanah	6	6	6
Total biaya langsung	264	293	346

2.4.3 Chemical Engineering Cost Index

Dalam analisa ekonomi biaya sebuah unit atau peralatan, estimasi biaya menjadi hal yang krusial. Estimasi biaya pembelian sebuah alat biasanya didapat dari grafik, persamaan atau vendor. Harga sebuah alat cenderung naik dari tahun ke tahun karena pengaruh inflasi. Estimasi biaya pembelian dilakukan dengan menggunakan rasio yang disebut index biaya (*cost index*). Persamaan 2.7 dapat digunakan dalam mengestimasi biaya.

$$\text{Cost} = \text{Base Cost} \left(\frac{I}{I_{\text{base}}} \right) \quad (2.7)$$

Base cost adalah biaya yang besarnya telah diketahui pada tahun tertentu, pada tahun tersebut juga ditentukan nilai *base index* (I_{base}). Dengan menggunakan perbandingan antara *base index* (I_{base}) dengan index pada tahun saat akan melakukan pembelian (I) kita dapat mengestimasi biaya pembelian pada tahun tersebut (Cost). Index yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index*. Index tersebut diterbitkan bulanan pada jurnal *Chemical Engineering*. Tabel 2.4 menunjukkan besaran indeks dari tahun 1998 sampai tahun 2007.

Tabel 2. 4 *Chemical Engineering Index* [18]

Tahun	<i>CE Index</i>
1998	390
1999	391
2000	394
2001	395
2002	395
2003	401
2004	444
2005	468
2006	499
2007	525

2.5 PERANGKAT LUNAK VISUAL BASIC

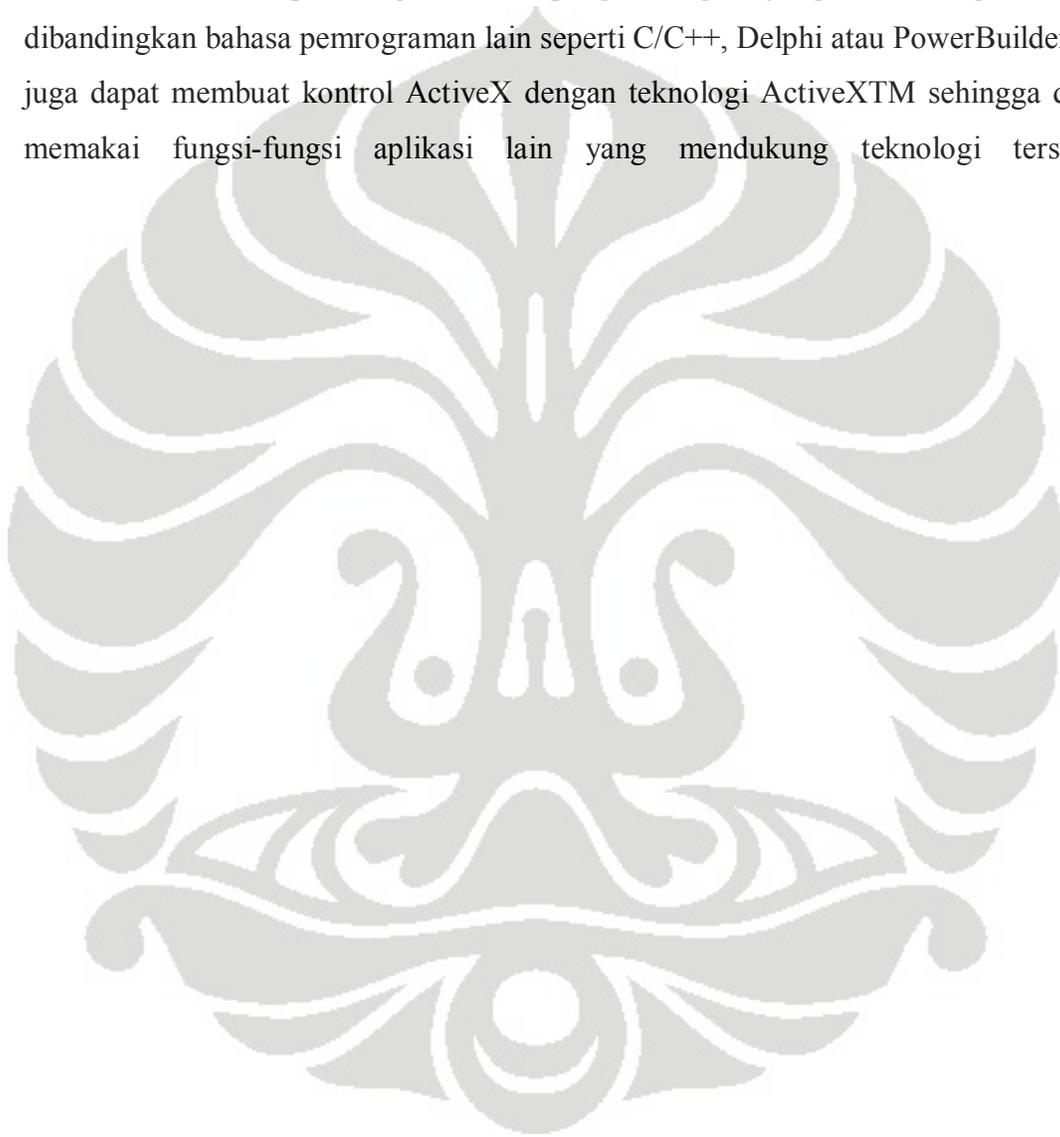
Dengan semakin bertambahnya *vendor* pembuat komputer serta semakin luas pemakaiannya, maka dirasakan mulai perlunya suatu cara berkomunikasi (pemrograman) yang lebih praktis, sederhana, mudah dipelajari, sesuai untuk berbagai komunitas pemakai, dan tidak tergantung mesin komputer yang digunakan. Kesederhanaan yang dimaksud adalah bahwa ekspresi matematik yang kompleks dapat dijabarkan sebagai notasi aljabar yang umum, dengan efisiensi yang mendekati bahasa *assembler* [20].

Meskipun Fortran bagi beberapa kalangan senior masih merupakan bahasa komputer teknik dan sains, tapi seiring dengan kemajuan teknologi maka bahasa pemrograman lain telah maju pesat dan dapat menghasilkan aplikasi dengan ketelitian dan kecepatan yang sama, bahkan mampu melakukan pekerjaan lain misalnya multimedia. Bahasa pemrograman yang dimaksud adalah Microsoft Visual Basic yang disingkat sebagai VB.

Microsoft Visual Basic menyediakan prasarana yang dapat dipergunakan secara cepat dan mudah untuk menciptakan aplikasi komputer dengan antar muka

berbasis visual di lingkungan Windows. Visual Basic (VB) adalah bahasa pemrograman yang evolusioner, baik dalam hal teknik (mengacu pada event dan berorientasi objek) maupun cara operasinya [20].

Keuntungan menggunakan VB dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain adalah kurva pembelajaran dan pengembangan yang lebih singkat/mudah dibandingkan bahasa pemrograman lain seperti C/C++, Delphi atau PowerBuilder. VB juga dapat membuat kontrol ActiveX dengan teknologi ActiveX™ sehingga dapat memakai fungsi-fungsi aplikasi lain yang mendukung teknologi tersebut.



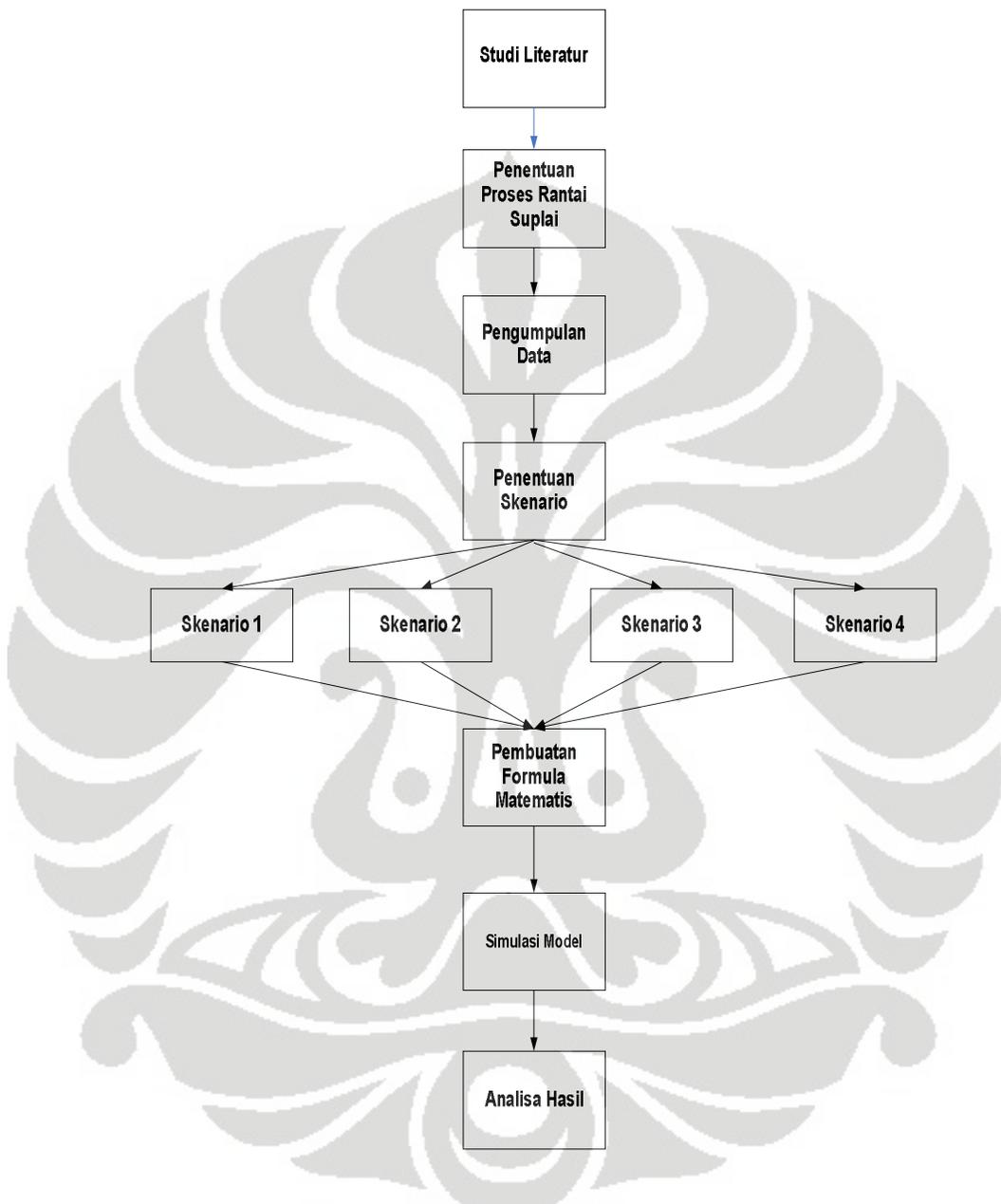
BAB III

METODE PENELITIAN

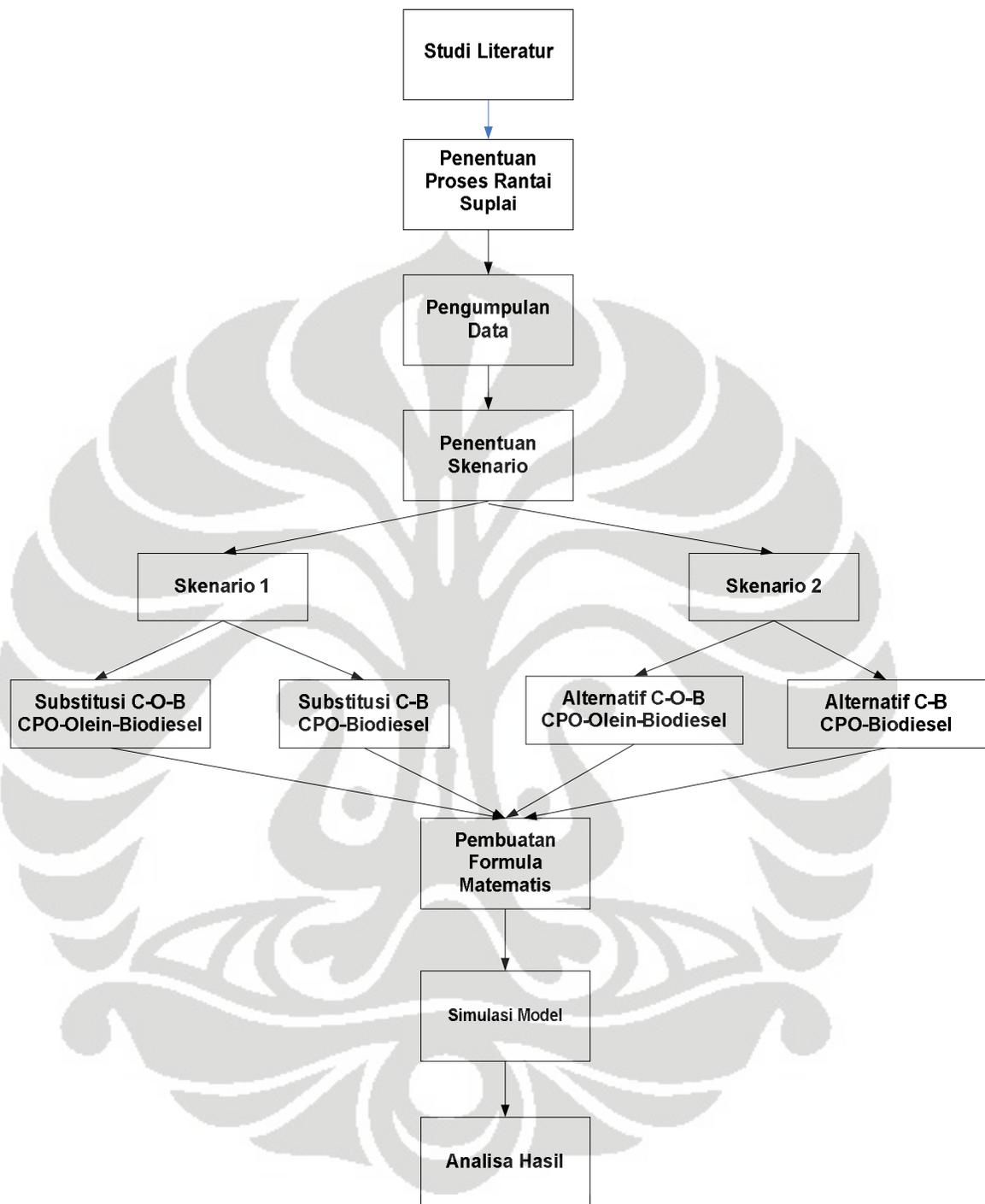
Perancangan simulasi rantai suplai biogasolin dan biodiesel ini memerlukan beberapa tahapan. Rangkaian tahapan dalam metode penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Penentuan proses rantai suplai biogasolin dan biodiesel
3. Pengumpulan data
4. Penentuan skenario
5. Pembuatan formulasi matematis
6. Simulasi model
7. Analisis hasil

Adapun diagram alir penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian untuk Biogasolin



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian untuk Biodiesel

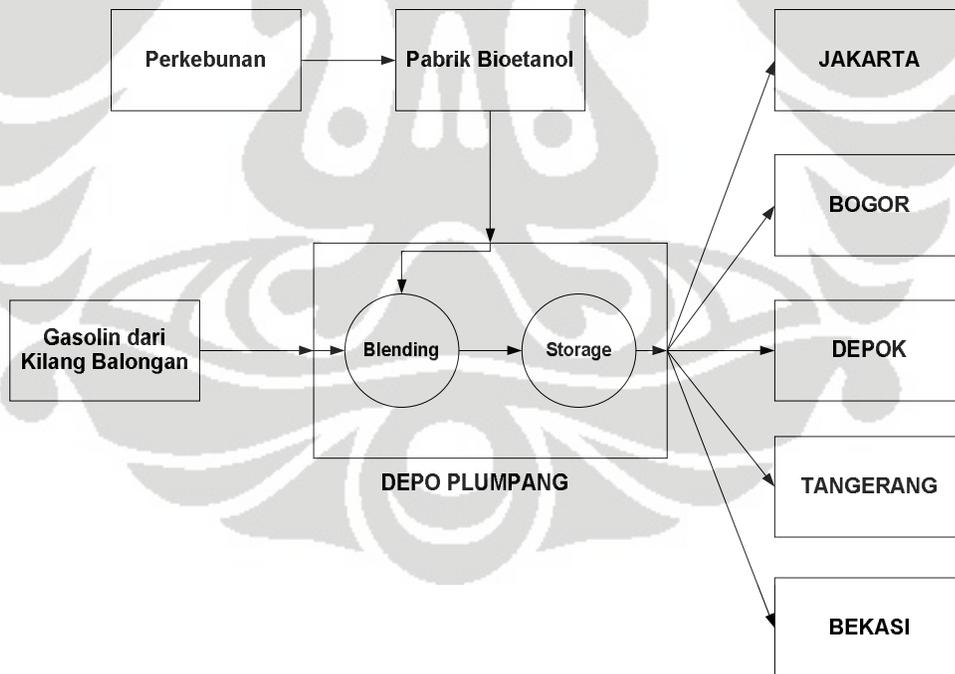
3.1 STUDI LITERATUR

Pada tahap ini dilakukan studi yang berkaitan dengan materi-materi yang diperlukan dalam penelitian ini. Materi tersebut adalah mata rantai distribusi bahan bakar minyak untuk daerah Jabodetabek.

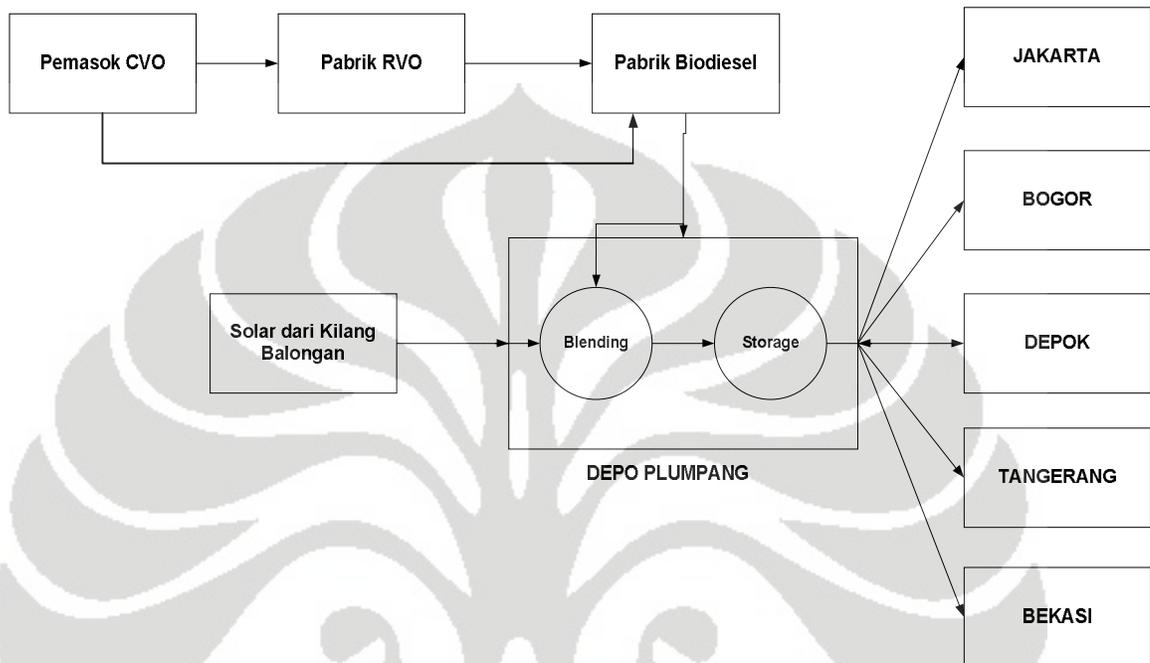
3.2 PENENTUAN PROSES RANTAI SUPLAI BIOGASOLIN & BIODIESEL

Ada beberapa pelaku bisnis atau *entity* yang terlibat dalam penyelenggaraan bahan bakar biogasolin; petani perkebunan singkong, pabrik kelapa sawit, pabrik bioetanol, kilang, depo (unit *blending*), dan SPBU. Sedangkan untuk biodiesel; pabrik minyak nabati (*crude vegetable oil/CVO*), pabrik RVO (*refined vegetable oil*), pabrik biodiesel, depot dan unit *blending*, dan SPBU.

Skema proses rantai suplai bioetanol dan biodiesel untuk daerah Jabodetabek dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3. 3 Skema Proses Rantai Suplai Biogasolin untuk Wilayah Jabodetabek



Gambar 3. 4 Skema Proses Rantai Suplai Biodiesel untuk Wilayah Jabodetabek

Bahan baku biogasolin yang dibahas dalam penelitian ini adalah campuran gasolin berkualitas tinggi (Oktan 92) dengan bioetanol, sedangkan bahan baku biodiesel adalah campuran solar 48 dengan biodiesel (FAME). Gasolin dan solar produksi domestik dipasok dari Kilang Balongan. Gasolin dan solar dikirim ke depot di Plumpang yang melayani daerah Jakarta dan sekitarnya. Bioetanol dan biodiesel dipasok dari beberapa pabrik bioetanol dan biodiesel di Jawa dan kemudian dikirim ke depo. Di depo, gasolin dan bioetanol diblending dengan komposisi yang telah ditentukan (E5 dan E20), sedangkan komposisi yang ditentukan untuk biodiesel adalah B5 dan B20. Setelah keluar dari unit blending, biogasolin dan biodiesel masuk ke unit penyimpanan sebelum didistribusikan ke SPBU di Jabodetabek.

Proses rantai suplai biodiesel sektor transportasi berawal dari titik pabrik-pabrik pemasok CVO yang kemudian akan mendistribusikan CVO tersebut ke pabrik

penghasil RVO. Dari pabrik RVO, RVO akan didistribusikan ke pabrik biodiesel sebagai bahan baku pembuatan biodiesel atau yang biasa disebut juga FAME (*fatty acid methyl ester*). Disamping itu, terdapat pula kemungkinan alternatif pendistribusian CVO langsung ke pabrik biodiesel sebagai bahan baku. Selanjutnya, biodiesel dari para produsen akan didistribusikan ke depot wilayah DKI Jakarta untuk disimpan dan di-blending. Lalu biodiesel yang telah di-blending akan didistribusikan ke SPBU di seluruh Jabodetabek. Jenis CVO yang akan digunakan dalam simulasi rantai suplai ini adalah CVO yang berasal dari bahan baku kelapa sawit yaitu CPO (*crude palm oil*) sehingga jenis RVO yang digunakan adalah turunan dari CPO yaitu olein.

3.3 PENGUMPULAN DATA

Untuk mendukung proses perancangan simulasi rantai suplai biogasolin, perlu dilakukan pengumpulan data baik melalui penelusuran literatur, pengolahan data maupun komunikasi personal. Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Realisasi penjualan Gasolin (Oktan 92) dan Biogasolin di Jabodetabek;
- b. Realisasi penjualan Solar dan Biodiesel di Jabodetabek;
- c. Pendapatan Regional Domestik Bruto (PDRB) di wilayah Jabodetabek;
- d. Jumlah, lokasi dan kapasitas SPBU di Jabodetabek;
- e. Jumlah, lokasi dan kapasitas Depo di Jabodetabek;
- f. Biaya pengolahan gasolin dan solar (*ex kilang*);
- g. Jumlah, lokasi dan kapasitas pabrik bioetanol;
- h. Jumlah, lokasi dan kapasitas pabrik CPO, olein, dan biodiesel;
- i. Harga bahan baku bioetanol;
- j. Harga bahan baku biodiesel;
- k. Biaya pengolahan biodiesel;
- l. Biaya pengolahan bioetanol;
- m. Biaya *blending* biogasolin dan biodiesel;
- n. Jarak perkebunan ke pabrik bioetanol;

- o. Jarak antar pabrik CPO dengan pabrik olein, pabrik olein dengan pabrik biodiesel, dan pabrik CPO dengan biodiesel;
- p. Jarak pabrik bioetanol dan biodiesel ke depot;
- q. Jarak kilang ke depot;
- r. Jarak depot ke SPBU-SPBU di Jabodetabek;

3.4 PENENTUAN SKENARIO SIMULASI

Untuk melengkapi penelitian simulasi rantai suplai biogasolin dan biodiesel, perlu ditetapkan skenario simulasi yang akan digunakan. Terdapat empat skenario yang dipilih dalam penelitian ini:

1. Skenario BBM Substitusi (E5 dan B5)

Pada skenario ini biogasolin akan mensubstitusi 10% konsumsi gasolin di Jabodetabek. Sedangkan biodiesel akan mensubstitusi kebutuhan solar sepenuhnya di Jabodetabek. Sebanyak 10% dari seluruh SPBU akan mensubsitusi penjualan gasolin dengan biogasolin, sedangkan solar akan disubsitusi sepenuhnya dengan biosolar. Komposisi bioetanol pada campuran biogasolin dan biodiesel pada biosolar sebesar 5% volume. Rute pembuatan biodiesel terdiri dari dua jalur, yaitu biodiesel dari olein dan biodiesel dari CPO.

2. Skenario BBM Substitusi (E20 dan B20)

Pada skenario ini biogasolin akan mensubstitusi 10% konsumsi gasolin di Jabodetabek. Sedangkan biodiesel akan mensubstitusi kebutuhan solar sepenuhnya di Jabodetabek. Sebanyak 10% dari seluruh SPBU akan mensubsitusi penjualan gasolin dengan biogasolin, sedangkan solar akan disubsitusi sepenuhnya dengan biosolar. Komposisi bioetanol pada campuran biogasolin dan biodiesel sebesar 20% volume. Rute pembuatan biodiesel terdiri dari dua jalur, yaitu biodiesel dari olein dan biodiesel dari CPO.

3. Skenario BBM Alternatif (E5 dan B5)

Pada skenario ini biogasolin dan biodiesel akan menjadi bahan bakar alternatif/pilihan yang dijual bersama dengan gasolin dengan komposisi

bioetanol dan biodiesel 5% volume. Rute pembuatan biodiesel terdiri dari dua jalur, yaitu biodiesel dari olein dan biodiesel dari CPO.

4. Skenario BBM Alternatif (E20 dan B20)

Pada skenario ini biogasolin dan biodiesel akan menjadi bahan bakar alternatif/pilihan yang dijual bersama dengan gasolin dengan komposisi bioetanol dan biodiesel 20% volume. Rute pembuatan biodiesel terdiri dari dua jalur, yaitu biodiesel dari olein dan biodiesel dari CPO.

3.5 PEMBUATAN FORMULASI MATEMATIS

Dalam perancangan rantai suplai ini, diperlukan suatu formulasi matematis sebagai kerangka perhitungan biaya rantai suplai. Metode yang digunakan dalam pembuatan formulasi matematis ini adalah pendekatan secara linear. Pada formulasi matematis yang akan dirancang akan dijumpai berbagai jenis variabel yang akan digunakan. Adapun klasifikasi dari variabel tersebut adalah:

- Variabel respons (*response variable*) adalah suatu jenis variabel yang akan dilihat perilakunya dalam simulasi. Variabel yang termasuk dalam klasifikasi ini yaitu total biaya suplai (*cost of supply*) dari biogasolin. Adapun total biaya suplai ini terdiri dari akumulasi total biaya suplai secara keseluruhan, total biaya suplai per tahun, dan total biaya suplai per liter (harga per liter) dari biogasolin dan biodiesel;
- Variabel bebas (*dependent variable*) adalah suatu jenis variabel yang dapat menentukan dan mempengaruhi nilai dari variabel respons yang dihasilkan. Adapun yang termasuk dalam variabel bebas dalam simulasi ini yaitu campuran bioetanol dan biodiesel yang digunakan, pembagian persentase penyediaan bioetanol dan biodiesel dari kebutuhan gasolin dan solar, dan penambahan infrastruktur;
- Variabel keputusan (*decision variable*) yaitu variabel yang merupakan nilai batas dari simulasi yang akan dilakukan. Adapun batasan dalam simulasi ini yaitu

jumlah tahun yang digunakan, kapasitas pabrik etanol, kapasitas unit *blending*, dan kapasitas tangki pendam SPBU.

Selain itu beberapa asumsi digunakan dalam menghitung biaya rantai suplai, yaitu:

- Harga bahan baku singkong, CPO, dan olein dianggap tetap setiap tahun;
- Gasolin (Oktan 92) dan minyak solar 48 dipasok dari kilang Balongan;
- Biaya pengolahan bioetanol, CPO, olein dan biodiesel serta biaya angkut transportasi dianggap tetap setiap tahun
- Untuk perhitungan biaya bahan gasolin dan solar, dimulai dari titik *ex* kilang yang sudah mencakup biaya eksplorasi, biaya pengolahan, dan transportasi ke kilang;
- Kenaikan harga minyak berdasarkan proyeksi kenaikan harga minyak dunia, dengan basis harga minyak sebesar 80 US\$/barrel
- Umur manfaat untuk setiap infrastruktur baru adalah 20 tahun
- *Cost of capital* 10%
- Kurs 1 US \$ = Rp 9500
- Tidak ada kehilangan (*loss*);

Berdasarkan skenario yang telah ada, dibuat empat formula matematis yang akan dijabarkan pada sub bab berikut.

3.5.1 Formula Matematis Skenario Substitusi

a. Biogasolin (Skenario 1 dan 2)

Biaya rantai suplai biogasolin skenario 1 (Z_1) adalah penjumlahan biaya masing-masing entitas pada rantai suplai biogasolin dan biodiesel. Pada skenario 1, kandungan bioetanol adalah 5%, sedangkan Skenario 2 adalah 20% dari volume biogasolin. Persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai biogasolin per liter dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$Z_{1,2/L} = (C_{\text{eta}} + C_{\text{oil}} + C_{\text{blen}} + C_{\text{tra}} + C_{\text{inf}}) / D_{\text{biog}_{1,2}} \quad (3.1)$$

Biaya rantai suplai biogasolin setiap tahunnya untuk Skenario1 dan 2 dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 yaitu

$$Z_{1,2} = (C_{\text{eta}} + C_{\text{oil}} + C_{\text{blen}} + C_{\text{tra}} + C_{\text{inf}}) \quad (3.2)$$

Adapun persamaan matematis untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai biogasolin atau biodiesel dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$\sum_a Z_{1,2} = \sum_a (C_{\text{eta}} + C_{\text{oil}} + C_{\text{blen}} + C_{\text{tra}} + C_{\text{inf}}) \quad (3.3)$$

Perbedaan Persamaan 3.2 dan 3.3 adalah pada periode waktu perhitungan, Persamaan 3.2 digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai pada tahun tertentu, sedangkan Persamaan 3.3 digunakan untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai sampai tahun 2025. Variabel a pada Persamaan 3.3 adalah urutan waktu dari tahun 2009 sampai tahun 2025. Variabel-variabel yang tercantum pada Persamaan 3.2 dan 3.3 akan dijelaskan pada bagian di bawah ini

- Biaya Bahan Bioetanol (C_{eta})

Biaya bahan bioetanol (C_{eta}) dipengaruhi oleh faktor permintaan bioetanol Skenario 1 dan 2 yaitu (D_{eta}). Biaya tersebut terdiri dari biaya bahan baku (C_{mat}), biaya transportasi dari kebun ke pabrik pengolahan ($C_{\text{tra-keb}}$), biaya pengolahan (C_{pro}) dan biaya transportasi dari dari pabrik ke depot ($C_{\text{tra-plant}}$). Penjabaran mengenai variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.4.

$$C_{\text{eta}} = D_{\text{eta}} \cdot (C_{\text{mat}} + C_{\text{tra-keb}} + C_{\text{pro}} + C_{\text{tra-plant}}) \quad (3.4)$$

Biaya bahan baku (C_{mat}) dipengaruhi oleh harga bahan baku dan faktor konversi (f). Faktor konversi (f) adalah kostanta yang menunjukkan massa bahan baku (kg) yang dibutuhkan untuk membuat 1 liter bioetanol. Perincian biaya bahan baku bioetanol (C_{mat}) dapat dilihat pada Persamaan 3.5.

$$C_{\text{mat}} = P_{\text{mar}} \cdot f \quad (3.5)$$

Biaya transportasi dari kebun ke pabrik ($C_{\text{tra-keb}}$) adalah perkalian antara jarak dari kebun ke pabrik (J_{keb}), biaya pengiriman per kg per km (T_{keb}) dan faktor konversi (f), seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.6.

$$C_{\text{tra-keb}} = J_{\text{keb}} \cdot f \cdot T_{\text{keb}} \quad (3.6)$$

Biaya transportasi dari pabrik bioetanol ke depot ($C_{\text{tra-plant}}$) dipengaruhi oleh jarak dari pabrik ke depot (J_{plant}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{plant}) seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.7.

$$C_{\text{tra-plant}} = J_{\text{plant}} \cdot T_{\text{plant}} \quad (3.7)$$

- Biaya Bahan Gasolin (C_{oil})

Biaya bahan gasolin (C_{oil}) oleh faktor permintaan biogasolin skenario 1 dan 2 ($D_{\text{oil}_{1,2}}$). Komponen biaya bahan gasolin adalah biaya bahan baku ex kilang (C_{ref}) dan biaya transportasi dari kilang ke unit *blending* ($C_{\text{tra-ref}}$). Penjabaran mengenai variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.8.

$$C_{\text{oil}} = D_{\text{oil}_{1,2}} \cdot (C_{\text{ref}} + C_{\text{tra-ref}}) \quad (3.8)$$

Biaya transportasi gasolin dari kilang ke depot ($C_{\text{tra-ref}}$) dipengaruhi oleh jarak dari kilang ke depot (J_{ref}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{ref}) seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.9.

$$C_{\text{tra-ref}} = J_{\text{ref}} \cdot T_{\text{ref}} \quad (3.9)$$

- Biaya *Blending* (C_{blend})

Variabel ini merupakan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses *blending*. Biaya ini dipengaruhi oleh permintaan biogasolin skenario 1 dan 2 ($D_{\text{biog}_{1,2}}$) dan biaya *blending* per liter ($C_{\text{blen/L}}$). Penjabaran mengenai biaya *blending* dapat dilihat pada Persamaan 3.10.

$$C_{\text{blend}} = D_{\text{biog}_{1,2}} \cdot C_{\text{blen/L}} \quad (3.10)$$

- Biaya Distribusi (C_{tra})

Biaya distribusi adalah biaya yang dibutuhkan untuk mengirimkan biogasolin ke SPBU di seluruh Jabodetabek. Biaya ini dipengaruhi oleh permintaan biogasolin skenario 1 dan 2 ($D_{\text{biog}_{1,2}}$), rata-rata jarak dari tiap SPBU ke depot (\bar{J}_{SPBU}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{SPBU}). Penjabaran biaya distribusi (C_{tra}) dapat dilihat pada Persamaan 3.11.

$$C_{\text{tra}} = D_{\text{biog}_{1,2}} \cdot \bar{J}_{\text{SPBU}} \cdot T_{\text{SPBU}} \quad (3.11)$$

- Biaya Penambahan Infrastruktur (C_{inf})

Jika ada penambahan unit baru karena kapasitas yang tidak mencukupi maka dibutuhkan biaya tambahan untuk mengoperasikan unit yang baru. Biaya penambahan infrastruktur dipengaruhi oleh permintaan biogasolin Skenario 1 dan 2 ($D_{\text{biog}_{1,2}}$) dan biaya penambahan unit baru per liter ($C_{\text{inf/L}}$). Penjabaran biaya penambahan infrastruktur dapat dilihat pada Persamaan 3.12.

$$C_{\text{inf}} = (C_{\text{inf/L}} \cdot D_{\text{biog}_{1,2}}) \quad (3.12)$$

b. Biodiesel (Skenario 1a dan 1b)

Secara umum persamaan matematis yang digunakan pada skenario biodiesel sama dengan skenario biogasolin untuk skenario substitusi BBM di Jabodetabek. Perbedaannya hanya pada komposisi kondisi substitusinya. Pada skenario substitusi ini, biodiesel akan mensubstitusi BBM solar sepenuhnya di wilayah Jabodetabek. Hal ini karena pada kondisi SPBU di Jabodetabek sekarang mayoritas telah menjual campuran biodiesel dan solar (biosolar).

Perbedaan pada skenario 1a dan 1b adalah rute bahan baku yang digunakan untuk produksi biodiesel. Rute skenario 1a adalah pabrik CPO, pabrik olein dan pabrik biodiesel. Sedangkan untuk skenario 1b, rute bahan baku tidak melewati

pabrik olein terlebih dahulu, hal ini dikarenakan karena CPO bisa langsung diproduksi menjadi biodiesel tanpa melalui proses pemurnian terlebih dahulu. Tetapi pada kenyataan kondisi sekarang ini, mayoritas pabrik biodiesel menggunakan olein sebagai bahan bakunya.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai biodiesel per liter untuk skenario 1a dan 1b dapat dilihat pada Persamaan 3.13 dan 3.14.

$$Z_{1a/L} = (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) / D_{bios} \quad (3.13)$$

$$Z_{1b/L} = (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) / D_{bios} \quad (3.14)$$

Biaya rantai suplai biodiesel skenario 1a dan 1b setiap tahunnya dapat dihitung dengan Persamaan 3.15 dan 3.16 yaitu

$$Z_{1a} = (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) \quad (3.15)$$

$$Z_{1b} = (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) \quad (3.16)$$

Adapun persamaan matematis untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai biodiesel skenario 1a dan 1b dapat dilihat pada Persamaan 3.15.

$$\sum_a Z_{1a} = \sum_a (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) \quad (3.17)$$

$$\sum_a Z_{1b} = \sum_a (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) \quad (3.18)$$

Perbedaan persamaan 3.15 dan 3.16 dengan 3.17 dan 3.18 adalah pada periode waktu perhitungan, persamaan 3.15 dan 3.16 digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai pada tahun tertentu, sedangkan Persamaan 3.17 dan 3.18 digunakan untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai sampai tahun 2025. Variabel a pada Persamaan 3.17 dan 3.18 adalah urutan waktu dari tahun 2009 sampai tahun 2025.

Pada persamaan 3.15 dan 3.16 dapat dilihat bahwa total biaya suplai pertahun merupakan hasil penjumlahan dari biaya pembelian kebutuhan CPO setiap tahun (C_{CPO}), biaya pengolahan olein setiap tahun (C_{ole}), biaya pengolahan kebutuhan biodiesel setiap tahun (C_{biod}), biaya kebutuhan blending setiap tahun (C_{blen}), total biaya untuk seluruh transportasi distribusi entitas yang terlibat (CPO, olein, biodiesel, dan biosolar) setiap tahunnya, dan total biaya jika ada penambahan infrastruktur.

Penjabaran dari setiap suku pada persamaan 3.15 dan 3.16 dapat dilihat pada persamaan 3.19 dan 3.20 dimana biaya kebutuhan CPO bergantung dari harga beli CPO (P) dan jumlah kebutuhan CPO (D_{CPO}), biaya kebutuhan olein bergantung dari biaya pengolahan olein (BP_{ole}) dan jumlah kebutuhan olein (D_{ole}). Sedangkan biaya kebutuhan biodiesel bergantung dari biaya pengolahan biodiesel (BP_B) dan jumlah kebutuhan biodiesel (D_B). Biaya kebutuhan solar dipengaruhi oleh kebutuhan solar dan harga solar.

$$Z_{1a} = (D_{CPO} \cdot P) + (D_{ole} \cdot BP_{ole}) + (D_B \cdot BP_B) + (D_{oil} \cdot P_{oil}) + (C_{blend}) + (C_{tra}) + (C_{inf}) \quad (3.19)$$

$$Z_{1b} = (D_{CPO} \cdot P) + (D_B \cdot BP_B) + (D_{oil} \cdot P_{oil}) + (C_{blend}) + (C_{tra}) + (C_{inf}) \quad (3.20)$$

Dari persamaan diatas, kebutuhan dari CPO, olein, dan biodiesel sangat bergantung pada kebutuhan solar (D_s) sesuai dengan proyeksi yang dihasilkan. Dari proyeksi ini dapat ditetapkan proyeksi kebutuhan CPO, olein, dan biodiesel dengan mengalikannya sesuai dengan faktor konversi (f) dan persentase biodiesel yang diinginkan. Pada skenario biodiesel untuk substitusi ini digunakan dua komposisi berbeda dalam campuran solar-biodiesel (M_B), yaitu 5 % dan 20%.

$$D_{CPO} = f_{CPO} \cdot D_{ole} \quad (3.21)$$

$$D_{ole} = f_{ole} \cdot D_B \quad (3.22)$$

$$D_B = M_B \cdot D_s \quad (3.23)$$

Perhitungan biaya total transportasi (C_t) terdiri dari perhitungan biaya transportasi untuk mendistribusikan CPO (C_{ICPO}), mendistribusikan olein (C_{IOle}), mendistribusikan biodiesel (C_{tbiod}), dan mendistribusikan campuran biosolar (C_{tBios}). Persamaan umum dari total biaya transportasi ini dapat dilihat pada persamaan 3.24:

$$C_t = C_{ICPO} + C_{IOle} + C_{tbiod} + C_{tBios} \quad (3.24)$$

Persamaan diatas berlaku untuk skenario 1a yang melalui rute olein, sedangkan untuk skenario 1b tidak menggunakan transportasi olein, sehingga suku C_{IOle} dihilangkan dari persamaan.

Rincian dari setiap variabel penyusun biaya transportasi ini terdiri dari:

- Biaya distribusi CPO (C_{CPO})

Perhitungan biaya distribusi CPO (C_{CPO}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan CPO (D_{CPO}), biaya angkut dari pabrik CPO ke pabrik olein ($C_{CPO-ole}$), biaya angkut dari pabrik CPO ke pabrik biodiesel ($C_{CPO-biod}$), jarak pabrik CPO ke pabrik olein ($J_{CPO-ole}$), dan jarak pabrik CPO ke pabrik biodiesel ($J_{CPO-biod}$)

$$C_{CPO_1a} = D_{CPO} \cdot C_{CPO-ole} \cdot J_{CPO-ole} \quad (3.25)$$

$$C_{CPO_1a} = D_{CPO} \cdot C_{CPO-biod} \cdot J_{CPO-biod} \quad (3.26)$$

Biaya angkut dan jarak angkut akan bergantung pada lokasi pabrik CPO yang dipilih. Jika lokasi berada di pulau Jawa maka biaya angkut akan menggunakan transportasi laut (kapal laut) dan darat (truk) dan jika lokasi ada di pulau Jawa, transportasi hanya menggunakan jalur darat (truk).

- Biaya distribusi olein (C_{Ole})

Perhitungan biaya distribusi olein (C_{Ole}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan olein (D_{Ole}), biaya angkut dari pabrik olein ke pabrik biodiesel ($C_{Ole-biod}$), jarak pabrik olein ke pabrik biodiesel ($J_{Ole-biod}$).

$$C_{Ole} = D_{Ole} \cdot C_{Ole-biod} \cdot J_{Ole-biod} \quad (3.27)$$

Biaya angkut dan jarak angkut akan bergantung pada lokasi pabrik olein yang dipilih. Jika lokasi berada di pulau Jawa maka biaya angkut akan menggunakan transportasi laut (kapal laut) dan darat (truk) dan jika lokasi ada di pulau Jawa, transportasi hanya menggunakan jalur darat (truk).

Persamaan diatas hanya berlaku untuk skenario 1a, karena melalui rute olein dalam rantai suplainya dan tidak digunakan untuk skenario 1b.

- Biaya distribusi biodiesel (C_{Biod})

Perhitungan biaya distribusi biodiesel (C_{Biod}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan biodiesel (D_{biod}), biaya angkut dari pabrik biodiesel ke depot ($C_{biod-dep}$), jarak pabrik biodiesel ke depot (J_{Biod}).

$$C_{Biod} = D_{biod} \cdot C_{biod-dep} \cdot J_{Biod} \quad (3.28)$$

3.5.2 Formula Matematis Skenario Alternatif

a. Biogasolin (Skenario 3 dan 4)

Pada skenario 3 dan 4 komposisi bioetanol terhadap keseluruhan biogasolin adalah 5% dan 20%. Pada skenario ini biogasolin dijadikan BBM alternatif dari gasolin. Sebagai bahan bakar alternatif, diperlukan penambahan infrastruktur penyimpanan berupa tangki timbun dan dispenser di setiap SPBU. Penambahan infrastruktur tersebut membutuhkan biaya penyimpanan baru (C_{stor}) yang akan menjadi bagian dari biaya suplai ($Z_{3,4}$).

Biaya rantai suplai biogasolin skenario 3 dan 4 ($Z_{3,4}$) adalah penjumlahan biaya masing-masing entitas pada rantai suplai biogasolin. Persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai biogasolin per liter dapat dilihat pada Persamaan 3.29.

$$Z_{3,4/L} = (C_{eta} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) / D_{biog_{3,4}} \quad (3.29)$$

Biaya rantai suplai biogasolin atau biosolar setiap tahunnya untuk Skenario 2 dapat dihitung dengan Persamaan 3.30

$$Z_{3,4} = C_{eta} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor} \quad (3.30)$$

Adapun persamaan matematis untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai biogasolin dapat dilihat pada Persamaan 3.31.

$$\sum_a Z_{3,4} = \sum_a (C_{eta/biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf}) \quad (3.31)$$

Perbedaan Persamaan 3.30 dan 3.31 adalah pada periode waktu perhitungan, Persamaan 3.30 digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai pada tahun tertentu, sedangkan Persamaan 3.31 digunakan untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai sampai tahun 2025. Variabel a pada Persamaan 3.31 adalah urutan waktu dari tahun 2009 sampai tahun 2025. Variabel-variabel yang tercantum pada Persamaan 3.30 dan 3.31 akan dijelaskan pada bagian di bawah ini

- Biaya Bahan Bioetanol (C_{eta})

Biaya bahan bioetanol (C_{eta}) dipengaruhi oleh faktor permintaan bioetanol Skenario 3 dan 4 yaitu (D_{eta_3}). Biaya tersebut terdiri dari biaya bahan baku (C_{mat}),

biaya transportasi dari kebun ke pabrik pengolahan ($C_{tra-keb}$), biaya pengolahan (C_{pro}) dan biaya transportasi dari dari pabrik ke depot ($C_{tra-plant}$). Penjabaran mengenai variabel – variabel tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.32.

$$C_{eta} = D_{eta_3} \cdot (C_{mat} + C_{tra-keb} + C_{pro} + C_{tra-plant}) \quad (3.32)$$

Biaya bahan baku (C_{mat}) dipengaruhi oleh harga bahan baku dan faktor konversi (f). Faktor konversi (f) adalah konstanta yang menunjukkan massa bahan baku (kg) yang dibutuhkan untuk membuat 1 liter bioetanol atau biodiesel. Perincian biaya bahan baku bioetanol atau biodiesel (C_{mat}) dapat dilihat pada Persamaan 3.29.

$$C_{mat} = P_{mar} \cdot f \quad (3.33)$$

Biaya transportasi dari kebun ke pabrik ($C_{tra-keb}$) adalah perkalian antara jarak dari kebun ke pabrik (J_{keb}), biaya pengiriman per kg per km (T_{keb}) dan faktor konversi (f), seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.34.

$$C_{tra-keb} = J_{keb} \cdot f \cdot T_{keb} \quad (3.34)$$

Biaya transportasi dari pabrik bioetanol atau biodiesel ke depot ($C_{tra-plant}$) dipengaruhi oleh jarak dari pabrik ke depot (J_{plant}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{plant}) seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.35.

$$C_{tra-plant} = J_{plant} \cdot T_{plant} \quad (3.35)$$

- Biaya Bahan Gasolin

Biaya bahan gasolin dipengaruhi (C_{oil}) oleh faktor permintaan biogasolin Skenario 3 dan 4 ($D_{oil_3,4}$). Komponen biaya bahan gasolin atau solar adalah biaya bahan baku ex kilang (C_{ref}) dan biaya transportasi dari kilang ke unit *blending* ($C_{tra-ref}$). Penjabaran mengenai variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.36.

$$C_{oil} = D_{oil_3} \cdot (C_{ref} + C_{tra-ref}) \quad (3.36)$$

Biaya transportasi gasolin dari kilang ke depot ($C_{tra-ref}$) dipengaruhi oleh jarak dari kilang ke depot (J_{ref}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{ref}) seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.37.

$$C_{tra-ref} = J_{ref} \cdot T_{ref} \quad (3.37)$$

- Biaya *Blending* (C_{blend})

Variabel ini merupakan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses *blending*. Biaya ini dipengaruhi oleh permintaan biogasolin Skenario 3 dan 4 ($D_{biog_3,4}$) dan biaya *blending* per liter ($C_{blen/L}$). Penjabaran mengenai biaya *blending* dapat dilihat pada Persamaan 3.38.

$$C_{blend} = D_{biog_3,4} \cdot C_{blen/L} \quad (3.38)$$

- Biaya Distribusi (C_{tra})

Biaya distribusi adalah biaya yang dibutuhkan untuk mengirimkan biogasolin ke SPBU di seluruh Jabodetabek. Biaya ini dipengaruhi oleh permintaan biogasolin atau biosolar Skenario 3 dan 4 ($D_{biog_3,4}$), rata-rata jarak dari tiap SPBU ke depot (\bar{J}_{SPBU}) dan biaya pengiriman per liter per km (T_{SPBU}). Penjabaran biaya distribusi (C_{tra}) dapat dilihat pada Persamaan 3.39.

$$C_{tra} = D_{biog_3,4} \cdot \bar{J}_{SPBU} \cdot T_{SPBU} \quad (3.39)$$

- Biaya Penambahan Infrastruktur (C_{inf})

Jika ada penambahan unit baru karena kapasitas yang tidak mencukupi maka dibutuhkan biaya tambahan untuk mengoperasikan unit yang baru. Biaya penambahan infrastruktur dipengaruhi oleh permintaan biogasolin Skenario 3 dan 4 ($D_{biog_3,4}$) dan biaya penambahan unit baru per liter ($C_{inf/L}$). Penjabaran biaya penambahan infrastruktur dapat dilihat pada Persamaan 3.40.

$$C_{inf} = (C_{inf/L} \cdot D_{biog_3,4}) \quad (3.40)$$

- **Biaya Penyimpanan**

Penambahan tangki timbun dan dispenser baru memerlukan biaya penyimpanan yaitu (C_{stor}). Biaya penyimpanan dipengaruhi oleh permintaan biogasolin Skenario 3 dan 4 ($D_{biog_3,4}$) dan biaya penyimpanan per liter ($C_{stor/L}$). Penjabaran biaya penambahan infrastruktur dapat dilihat pada Persamaan 3.41.

$$C_{stor} = (C_{stor/L} \cdot D_{biog_3,4}) \quad (3.41)$$

b. Biodiesel (Skenario 2a dan 2b)

Secara umum persamaan matematis yang digunakan pada skenario biodiesel sama dengan skenario biogasolin untuk skenario alternatif BBM di Jabodetabek. Perbedaannya hanya pada komposisi kondisi alternatifnya. Pada skenario alternatif ini, biodiesel akan menjadi BBM pendamping BBM solar di wilayah Jabodetabek.

Perbedaan pada skenario 2a dan 2b adalah rute bahan baku yang digunakan untuk produksi biodiesel. Rute skenario 2a adalah pabrik CPO, pabrik olein dan pabrik biodiesel. Sedangkan untuk skenario 2b, rute bahan baku tidak melewati pabrik olein terlebih dahulu, hal ini dikarenakan karena CPO bisa langsung diproduksi menjadi biodiesel tanpa melalui proses pemurnian terlebih dahulu. Tetapi pada kenyataan kondisi sekarang ini, mayoritas pabrik biodiesel menggunakan olein sebagai bahan bakunya.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai biodiesel per liter untuk skenario 2a dan 2b dapat dilihat pada Persamaan 3.42 dan 3.43.

$$Z_{2a/L} = (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) / D_{bios_3,4} \quad (3.42)$$

$$Z_{1b/L} = (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) / D_{bios_3,4} \quad (3.43)$$

Biaya rantai suplai biodiesel skenario 2a dan 2b setiap tahunnya dapat dihitung dengan Persamaan 3.44 dan 3.45 yaitu

$$Z_{2a} = (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) \quad (3.44)$$

$$Z_{2b} = (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) \quad (3.45)$$

Adapun persamaan matematis untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai biodiesel skenario 2a dan 2b dapat dilihat pada Persamaan 3.15.

$$\sum_a Z_{2a} = \sum_a (C_{CPO} + C_{ole} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) \quad (3.46)$$

$$\sum_a Z_{2b} = \sum_a (C_{CPO} + C_{biod} + C_{oil} + C_{blen} + C_{tra} + C_{inf} + C_{stor}) \quad (3.47)$$

Perbedaan persamaan 3.44 dan 3.45 dengan 3.46 dan 3.47 adalah pada periode waktu perhitungan, persamaan 3.44 dan 3.45 digunakan untuk menghitung biaya rantai suplai pada tahun tertentu, sedangkan Persamaan 3.46 dan 3.47 digunakan untuk menghitung akumulasi biaya rantai suplai sampai tahun 2025. Variabel a pada Persamaan 3.46 dan 3.47 adalah urutan waktu dari tahun 2009 sampai tahun 2025.

Pada persamaan 3.44 dan 3.45 dapat dilihat bahwa total biaya suplai pertahun merupakan hasil penjumlahan dari biaya pembelian kebutuhan CPO setiap tahun (C_{CPO}), biaya pengolahan olein setiap tahun (C_{ole}), biaya pengolahan kebutuhan biodiesel setiap tahun (C_{biod}), biaya kebutuhan blending setiap tahun (C_{blen}), total biaya untuk seluruh transportasi distribusi entitas yang terlibat (CPO, olein, biodiesel, dan biosolar), biaya kebutuhan solar setiap tahun (C_{oil}) setiap tahunnya, biaya penyimpanan berupa dispenser dan tangki pendam, dan total biaya jika ada penambahan infrastruktur.

Penjabaran dari setiap suku pada persamaan 3.15 dan 3.16 dapat dilihat pada persamaan 3.19 dan 3.20 dimana biaya kebutuhan CPO bergantung dari harga beli CPO (P) dan jumlah kebutuhan CPO (D_{CPO}), biaya kebutuhan olein bergantung dari biaya pengolahan olein (BP_{ole}) dan jumlah kebutuhan olein (D_{ole}). Sedangkan biaya kebutuhan biodiesel bergantung dari biaya pengolahan biodiesel (BP_B) dan jumlah kebutuhan biodiesel (D_B). Biaya kebutuhan solar dipengaruhi oleh kebutuhan solar dan harga solar. Pada skenario alternatif ini diperlukan infrastruktur baru yaitu tangki penyimpanan yang berupa tangki pendam dan dispenser.

$$Z_{1a} = (D_{CPO} \cdot P) + (D_{ole} \cdot BP_{ole}) + (D_B \cdot BP_B) + (D_{oil} \cdot P_{oil}) + (C_{blend}) + (C_{tra}) + (C_{inf}) + (C_{stor}) \quad (3.48)$$

$$Z_{1b} = (D_{CPO} \cdot P) + (D_B \cdot BP_B) + (D_{oil} \cdot P_{oil}) + (C_{blend}) + (C_{tra}) + (C_{inf}) + (C_{stor}) \quad (3.49)$$

Dari persamaan diatas, kebutuhan dari CPO, olein, dan biodiesel sangat bergantung pada kebutuhan solar (D_s) sesuai dengan proyeksi yang dihasilkan. Dari proyeksi ini dapat ditetapkan proyeksi kebutuhan CPO, olein, dan biodiesel dengan mengalikannya sesuai dengan faktor konversi (f) dan persentase biodiesel yang diinginkan. Pada skenario biodiesel untuk substitusi ini digunakan dua komposisi berbeda dalam campuran solar-biodiesel (M_B), yaitu 5 % dan 20%.

$$D_{CPO} = f_{CPO} \cdot D_{ole} \quad (3.50)$$

$$D_{ole} = f_{ole} \cdot D_B \quad (3.51)$$

$$D_B = M_B \cdot D_s \quad (3.52)$$

Perhitungan biaya total transportasi (C_t) terdiri dari perhitungan biaya transportasi untuk mendistribusikan CPO (C_{ICPO}), mendistribusikan olein (C_{IOle}), mendistribusikan biodiesel (C_{tbiod}), dan mendistribusikan campuran biosolar (C_{tBios}). Persamaan umum dari total biaya transportasi ini dapat dilihat pada persamaan 3.53:

$$C_t = C_{ICPO} + C_{IOle} + C_{tbiod} + C_{tBios} \quad (3.53)$$

Persamaan diatas berlaku untuk skenario 1a yang melalui rute olein, sedangkan untuk skenario 1b tidak menggunakan transportasi olein, sehingga suku C_{IOle} dihilangkan dari persamaan.

Rincian dari setiap variabel penyusun biaya transportasi ini terdiri dari:

- Biaya distribusi CPO (C_{ICPO})

Perhitungan biaya distribusi CPO (C_{ICPO}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan CPO (D_{CPO}), biaya angkut dari pabrik CPO ke pabrik olein ($C_{CPO-ole}$), biaya angkut dari pabrik CPO ke pabrik biodiesel ($C_{CPO-biod}$), jarak pabrik CPO ke pabrik olein ($J_{CPO-ole}$), dan jarak pabrik CPO ke pabrik biodiesel ($J_{CPO-biod}$)

$$C_{ICPO_1a} = D_{CPO} \cdot C_{CPO-ole} \cdot J_{CPO-ole} \quad (3.54)$$

$$C_{ICPO_1a} = D_{CPO} \cdot C_{CPO-biod} \cdot J_{CPO-biod} \quad (3.55)$$

Biaya angkut dan jarak angkut akan bergantung pada lokasi pabrik CPO yang dipilih. Jika lokasi berada di pulau Jawa maka biaya angkut akan menggunakan transportasi laut (kapal laut) dan darat (truk) dan jika lokasi ada di pulau Jawa, transportasi hanya menggunakan jalur darat (truk).

- Biaya distribusi olein (C_{IOle})

Perhitungan biaya distribusi olein (C_{IOle}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan olein (D_{Ole}), biaya angkut dari pabrik olein ke pabrik biodiesel ($C_{Ole-biod}$), jarak pabrik olein ke pabrik biodiesel ($J_{Ole-biod}$).

$$C_{IOle} = D_{Ole} \cdot C_{Ole-biod} \cdot J_{Ole-biod} \quad (3.56)$$

Biaya angkut dan jarak angkut akan bergantung pada lokasi pabrik olein yang dipilih. Jika lokasi berada di pulau Jawa maka biaya angkut akan menggunakan transportasi laut (kapal laut) dan darat (truk) dan jika lokasi ada di pulau Jawa, transportasi hanya menggunakan jalur darat (truk).

Persamaan diatas hanya berlaku untuk skenario 1a, karena melalui rute olein dalam rantai suplainya dan tidak digunakan untuk skenario 1b.

- Biaya distribusi biodiesel (C_{IBiod})

Perhitungan biaya distribusi biodiesel (C_{IBiod}) dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan biodiesel (D_{biod}), biaya angkut dari pabrik biodiesel ke depot ($C_{biod-dep}$), jarak pabrik biodiesel ke depot (J_{Biod}).

$$C_{IBiod} = D_{biod} \cdot C_{biod-dep} \cdot J_{Biod} \quad (3.57)$$

3.5.3 Batasan (*Constraint*)

Adapun batasan yang terdapat dalam perhitungan ini terkait dengan kapasitas dari beberapa *entity*. Jika selisih antara kapasitas dengan permintaan bioetanol atau biosolar lebih kecil dari nol atau tidak sesuai dengan kondisi batas, maka simulasi akan berhenti memproses perhitungan. Batasan pertama adalah ketika kapasitas pabrik bioetanol (K_{eta}) atau pabrik biodiesel (K_{biod}) tidak lagi mencukupi untuk permintaan sampai tahun 2025 seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.58 dan 3.59.

$$K_{\text{eta}} - D_{\text{eta}} \geq 0 \quad (3.58)$$

$$K_{\text{biod}} - D_{\text{biod}} \geq 0 \quad (3.59)$$

Batasan yang kedua adalah kapasitas blending biogasolin atau biodiesel (K_{blend}) tidak lagi mencukupi untuk thruput sampai tahun 2025 seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.60 dan 3.61

$$K_{\text{blend}} - D_{\text{biog}} \geq 0 \quad (3.60)$$

$$K_{\text{blend}} - D_{\text{bios}} \geq 0 \quad (3.61)$$

Batasan yang ketiga adalah kapasitas SPBU (K_{SPBU}) tidak lagi mencukupi untuk thruput sampai tahun 2025 seperti dapat dilihat pada Persamaan 3.62 dan 3.63.

$$K_{\text{stor}} - D_{\text{biog}} \geq 0 \quad (3.62)$$

$$K_{\text{stor}} - D_{\text{bios}} \geq 0 \quad (3.63)$$

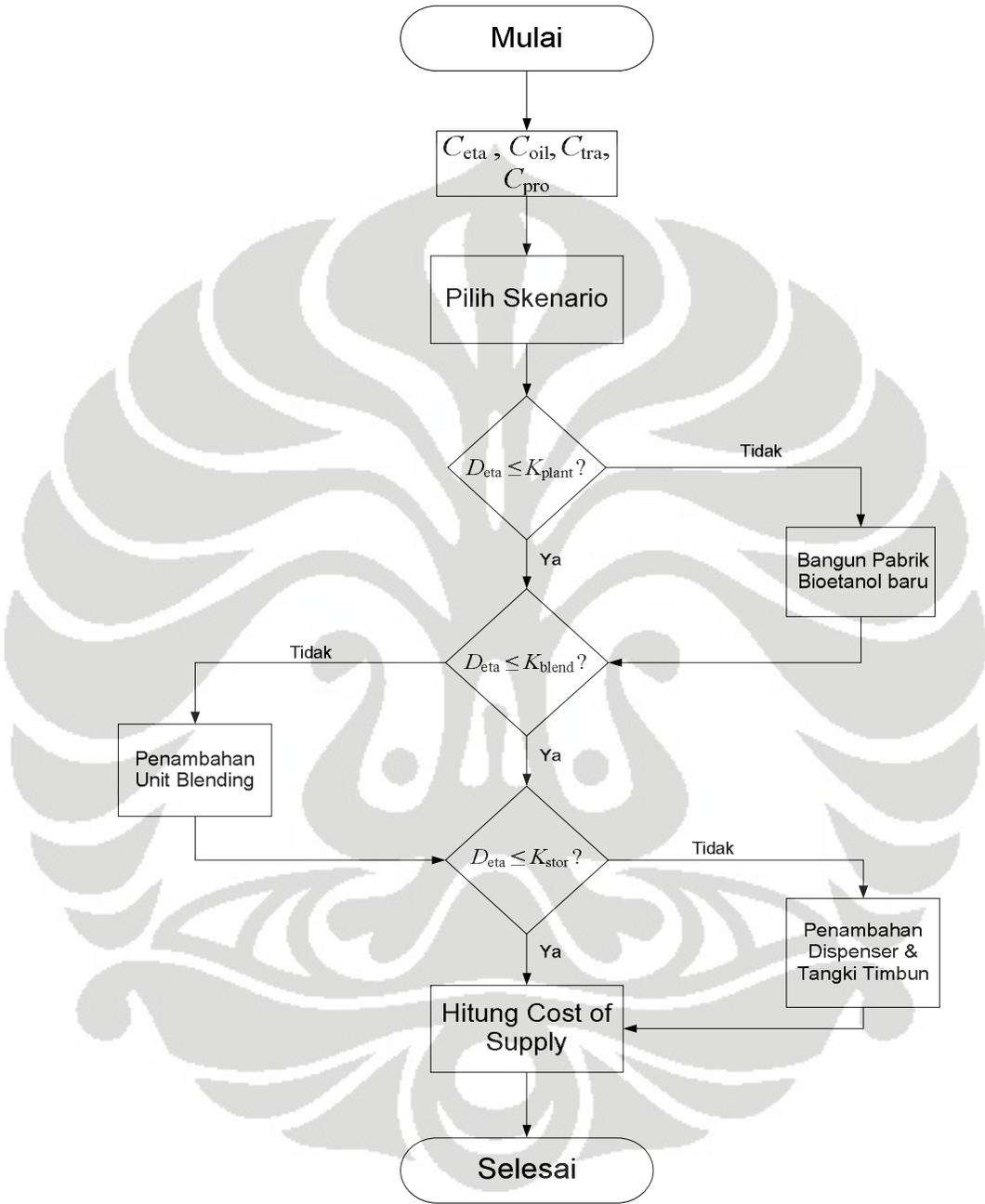
3.6 SIMULASI MODEL

Simulasi ini menggunakan program Visual Basic untuk empat skenario yang telah ditentukan. Adapun input dari simulasi ini adalah persentase campuran bioetanol dan biodiesel, lokasi pabrik bioetanol dan biodiesel, harga bahan baku, biaya pengolahan, biaya *blending*, biaya transportasi, biaya penyimpanan dan jarak.

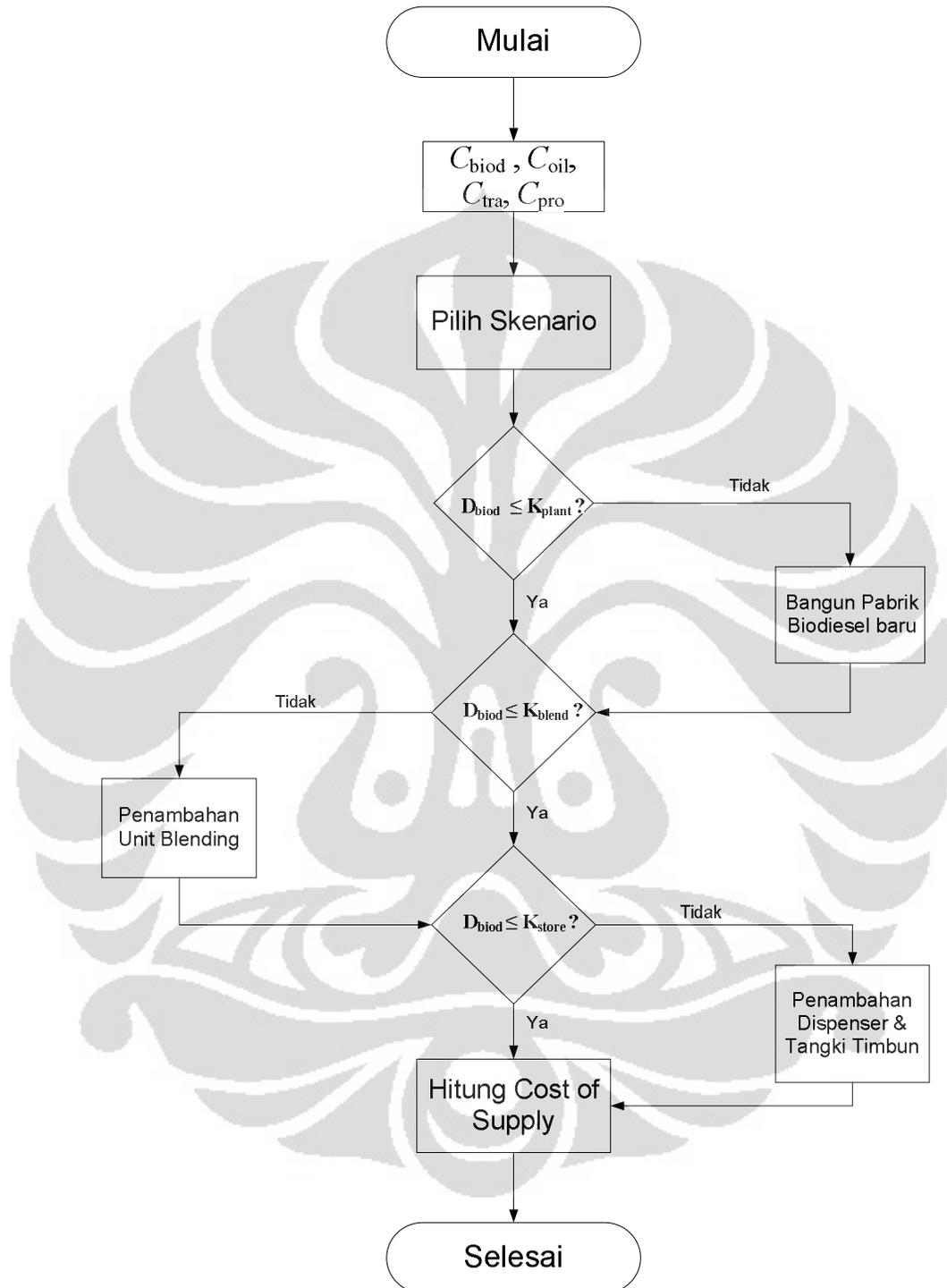
Pada bagian pertama, diberikan empat skenario yang akan dipilih. Dari keempat skenario tersebut luaran yang dihasilkan dari model ini adalah perkiraan permintaan biogasolin sampai tahun 2025, total biaya rantai suplai sampai tahun 2025, total biaya per liter dan kondisi infrastruktur. Dari luaran tersebut kita dapat melakukan analisis dari sisi biaya rantai suplai per liter dan apakah biaya tersebut dapat bersaing dengan gasolin dan solar.

Algoritma dari proses berpikir tahapan perhitungan simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5 yang berawal dari memasukkan data-data yang akan diproses, lalu melakukan pemilihan skenario, melakukan pilihan alternatif, melihat kondisi

yang terjadi dari setiap pemilihan skenario, dan kemudian melakukan perhitungan total biaya suplai.



Gambar 3. 5 Algoritma Pemodelan Simulasi Rantai Suplai Bioetanol



Gambar 3. 6 Algoritma Pemodelan Simulasi Rantai Suplai Biodiesel

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PROYEKSI KEBUTUHAN BIOGASOLIN DAN BIOSOLAR JABODETABEK

Penentuan proyeksi kebutuhan biodiesel dan biogasolin pada masa yang akan datang dalam penelitian ini dilakukan dengan metode ekonometrik karena data yang diperoleh lebih representatif dibandingkan dengan metode *end use*. Metode ekonometrik didasarkan pada faktor ekonomi makro dan permintaan sumber energi tertentu. Oleh karena itu diperlukan data realisasi penjualan biodiesel dan biogasolin tahun-tahun sebelumnya untuk transportasi di wilayah Jabodetabek. Selanjutnya data realisasi penjualan kedua bahan bakar tersebut kemudian dibandingkan dengan faktor ekonomi makro di wilayah tersebut dalam rentang kurun waktu yang sama.

Salah satu indikator penting untuk mengetahui kondisi ekonomi di suatu daerah dalam suatu periode tertentu adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), baik atas dasar berlaku maupun harga konstan. PDRB pada dasarnya merupakan jumlah nilai tambah (*value added*) yang dihasilkan seluruh unit usaha dalam suatu daerah tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir (neto) yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi [24].

PDRB atas dasar harga berlaku menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada setiap tahun, sedangkan PDRB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu waktu tertentu sebagai tahun dasar, yang dalam data PDRB yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tahun 2000 sebagai tahun dasar. PDRB atas dasar harga berlaku dapat digunakan untuk melihat pergeseran dan struktur ekonomi, sedangkan PDRB atas dasar harga konstan digunakan untuk mengetahui pertumbuhan ekonomi riil dari tahun ke tahun [24].

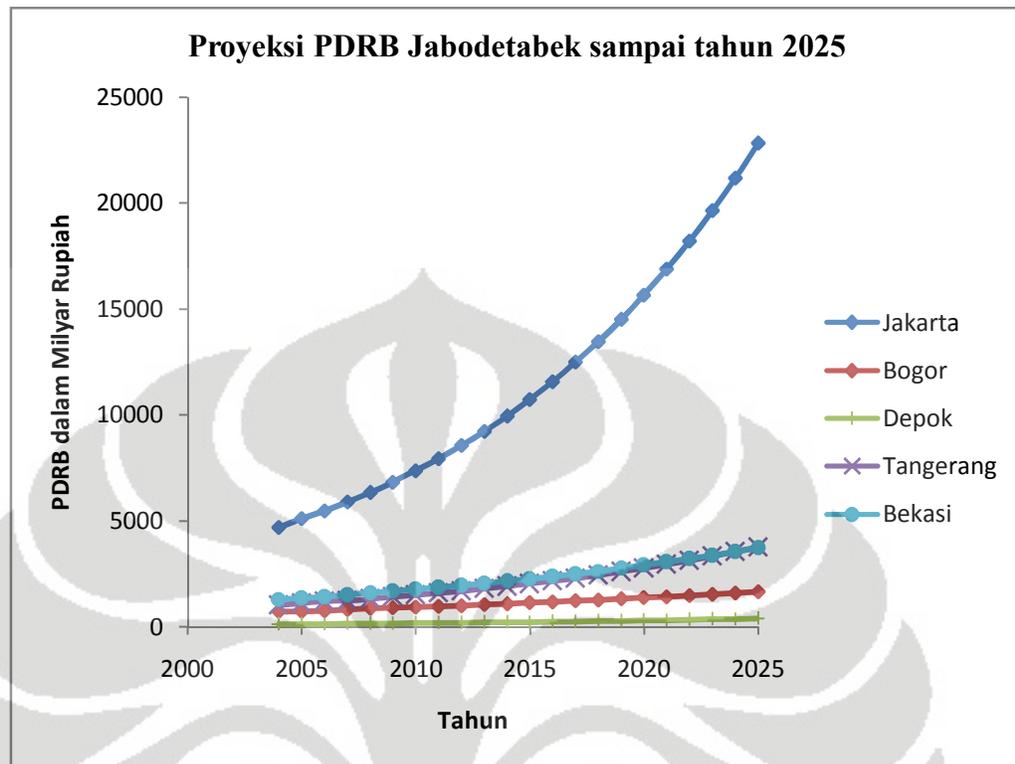
Pada proyeksi kebutuhan biogasolin dan biodiesel ini digunakan PDRB atas dasar harga konstan karena PDRB atas dasar harga konstan dapat digunakan untuk menunjukkan laju pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan atau setiap sektor dari tahun ke tahun. Selain itu, PDRB atas dasar harga konstan tidak perlu lagi memperhitungkan faktor inflasi yang terus berubah setiap tahun.

Pada metode ekonometrik, faktor eksogen yang mempengaruhi permintaan biogasolin dan biodiesel adalah ekonomi makro. Pertumbuhan ekonomi di Jabodetabek sebanding dengan pertumbuhan ekonomi nasional, karena dari segi wilayah Jabodetabek merupakan daerah yang tingkat perekonomiannya cukup tinggi dibanding wilayah Indonesia lainnya.

$$PDRB_{N+1} = PDRB_N \cdot (1 + \alpha) \quad (4.1)$$

Variabel (α) adalah persentase proyeksi pertumbuhan PDRB wilayah Jabodetabek. PDRB untuk tahun berikutnya ($PDRB_{N+1}$) adalah perkalian antara PDRB untuk sektor transportasi pada tahun ini ($PDRB_N$) dengan konstanta yang menunjukkan pertumbuhan untuk sektor transportasi PDRB ($1+\alpha$). Penelitian ini menggunakan data PDRB kota-kota di Jabodetabek khusus sektor transportasi angkutan jalan raya agar lebih mendekati kenyataan yang sebenarnya.

Masing-masing kota mempunyai laju pertumbuhan ekonomi (α) yang berbeda-beda. Nilai α yang akan digunakan untuk memproyeksi PDRB tahun-tahun mendatang merupakan rata-rata laju pertumbuhan PDRB tahun-tahun sebelumnya. Gambar 4.1 menunjukkan proyeksi pertumbuhan PDRB sektor transportasi di wilayah Jabodetabek sampai tahun 2025



Gambar 4.1 Proyeksi pertumbuhan PDRB sektor transportasi di wilayah Jabodetabek [24]

Berdasarkan gambar 4.1 diatas, kota Jakarta mempunyai tingkat PDRB sector transportasi yang paling tinggi dibandingkan dengan kota-kota lainnya di Jabodetabek. Hal ini dikarenakan Jakarta merupakan ibukota negara, sehingga menurut pengamat ekonomi sebagian besar uang negara banyak beredar di Jakarta. Hal inilah yang menjadi pemicu tingginya tingkat PDRB Jakarta dibanding kota yang lainnya. Pada akhir tahun 2025 diperkirakan kota yang mempunyai PDRB tertinggi adalah kota Jakarta yaitu sebesar 22,839 triliun rupiah atau meningkat sebesar 2.4 kali dari PDRB tahun 2009. Sedangkan kota yang memiliki PDRB terkecil yaitu kota Depok sebesar 390 miliar rupiah pada akhir tahun 2025.

Model ekonometrik yang digunakan akan menunjukkan faktor elastisitas (η) untuk menggambarkan bagaimana pengaruh Produk Domestik Regional Bruto

(PDRB) terhadap konsumsi (D) biogasolin dan biodiesel setiap tahun. Persamaan untuk metode ekonometrik dapat dilihat pada Persamaan 4.2

$$\eta = \frac{(\Delta D / D)}{(\Delta PDRB / PDRB)} \quad (4.2)$$

Formulasi diatas akan digunakan untuk proyeksi kebutuhan biogasolin dan biodiesel sampai tahun 2025. Pada persamaan diatas, $\Delta D/D$ menunjukkan selisih kebutuhan BBM tahun sekarang dengan tahun sebelumnya dibagi dengan tahun sekarang, sedangkan $\Delta PDRB/PDRB$ merupakan selisih PDRB tahun sekarang dengan tahun sebelumnya dibagi dengan tahun sekarang.

Peningkatan kondisi perekonomian makro yang direpresentasikan peningkatan PDRB untuk wilayah Jabodetabek sektor transportasi diatas akan meningkatkan pula konsumsi energi di wilayah Jabodetabek tersebut, karena kebutuhan energi adalah bersifat kebutuhan primer dan selalu beriringan dengan pertumbuhan ekonomi. Dengan perkiraan tingkat pertumbuhan ekonomi nasional yang terus dipacu dan terus membaik, maka tingkat konsumsi energi akan ikut terdongkrak. Proyeksi permintaan konsumsi biogasolin dan biodiesel di wilayah Jabodetabek akan menggunakan persamaan 4.2 sebagai dasar perhitungan. Proyeksi permintaan biogasolin dan biodiesel pada tahun berikutnya adalah penjumlahan dari permintaan biogasolin dan biodiesel pada tahun sekarang (D_N) dan penambahan permintaan biogasolin dan biodiesel (ΔD) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4.3

$$D_{N+1} = D_N + \Delta D \quad (4.3)$$

Pertambahan permintaan biogasolin (ΔD) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu elastisitas (η), pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto ($\Delta PDRB/PDRB$) serta permintaan biogasolin dan biosolar pada tahun tersebut (D_N) seperti dapat dilihat pada Persamaan 4.4

$$\Delta D = \eta \cdot \left(\frac{\Delta PDRB}{PDRB} \right) \cdot D_N \quad (4.4)$$

Substitusi Persamaan 4.4 ke Persamaan 4.3 akan membentuk Persamaan 4.5 yang akan digunakan sebagai persamaan untuk proyeksi permintaan biogasolin dan biosolar sampai tahun 2025.

$$D_{N+1} = D_N \cdot \left[1 + \eta \cdot \left(\frac{\Delta PDRB}{PDRB} \right) \right] \quad (4.5)$$

Tren kebutuhan BBM dari tahun ke tahun selalu mengalami perubahan. Hal ini menyebabkan perubahan elastisitas dari tahun ke tahun. Untuk menentukan elastisitas selama beberapa tahun ke depan biasanya dilakukan dengan mengamati rata-rata elastisitas pada tahun sebelumnya. Hasil perhitungan elastisitas gasolin dan solar untuk kota Jakarta dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Elastisitas Gasolin di DKI Jakarta

Tahun	PDRB (Milyar)	$\Delta PDRB/PDRB$	Gasolin (KL)	$\Delta S/S$	Elastisitas (η)
2004	4677	0	124423	-	-
2005	5090	0,0883	267797	0,54	6,06
2006	5464	0,0735	284064	0,06	0,78
2007	5889	0,0778	291713	0,03	0,34
2008	6326	0,0742	304249	0,04	0,56 $\bar{\eta} = 1,93$

Tabel 4.2 Elastisitas Solar di DKI Jakarta

Tahun	PDRB (Milyar)	Δ PDRB/PDRB	Solar (kL)	Δ S/S	Elastisitas (η)
2004	4677	0	257138		
2005	5090	0,0883	291554	0,12	1,34
2006	5464	0,0735	304249	0,04	0,57
2007	5889	0,0778	332124	0,08	1,08
2008	6326	0,0742	366127	0,09	1,25
					$\bar{\eta} = 1,06$

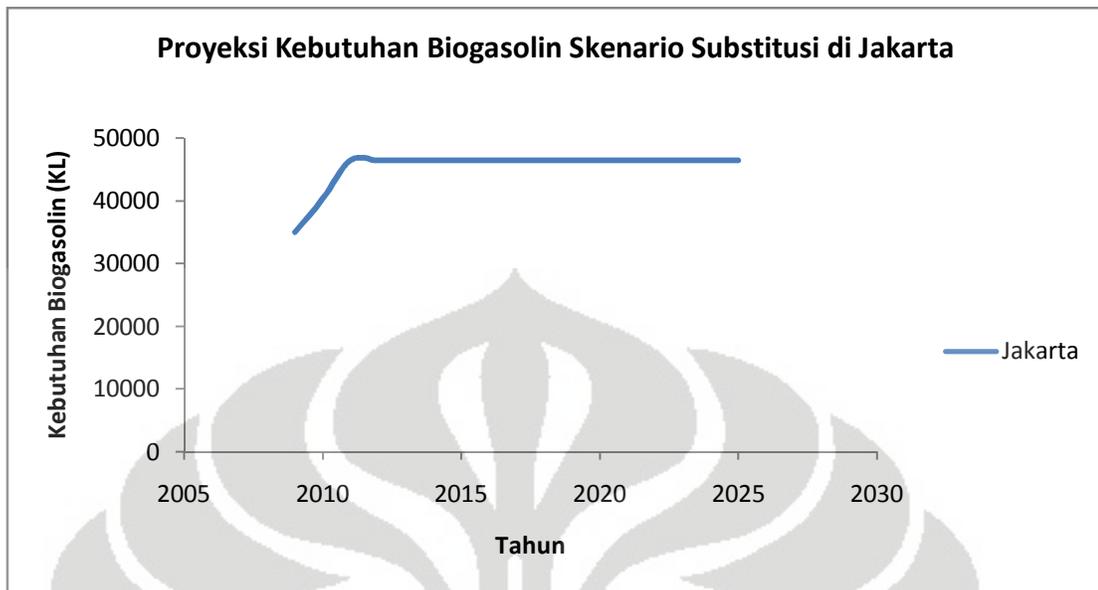
Dari tabel diatas dapat dilihat perhitungan elastisitas untuk gasolin dan solar untuk kota Jakarta. Dengan cara perhitungan yang sama, dapat ditentukan elastisitas untuk solar dan gasolin untuk kota-kota di Jabodetabek yang lainnya. Elastisitas untuk BBM di kota-kota lainnya di Jabodetabek disajikan di tabel berikut ini.

Tabel 4.3 Elastisitas Gasolin dan Solar di Jabodetabek

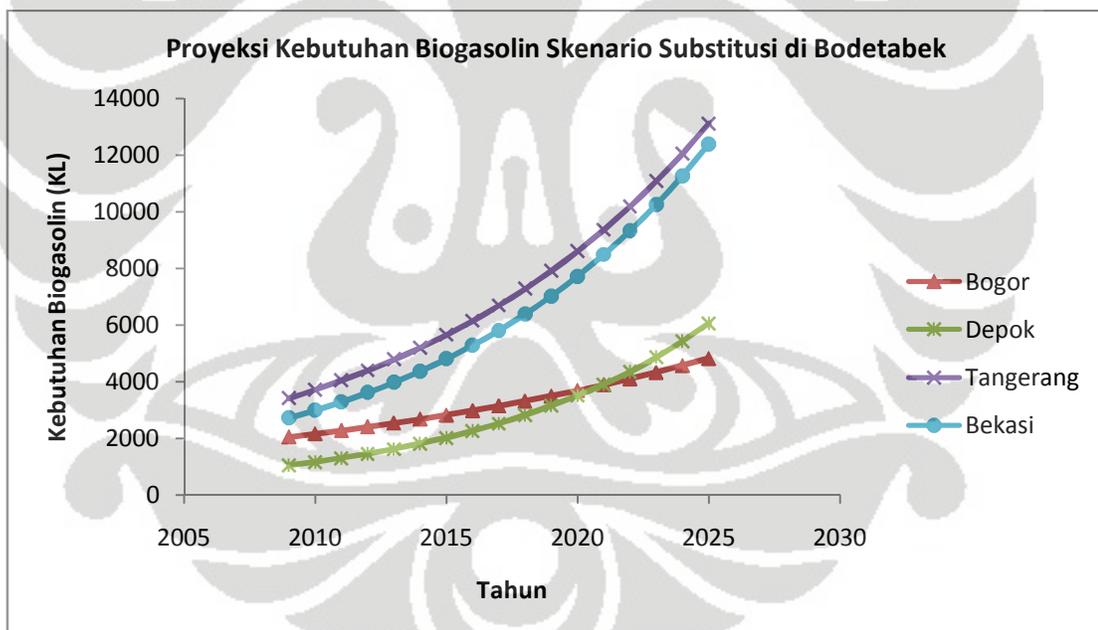
Kota	Elastisitas Gasolin (η)	Elastisitas Solar (η)
Bogor	1,38	0,24
Depok	2,66	0,60
Tangerang	1,79	1
Bekasi	2,84	1,90

Tabel diatas menunjukkan nilai elastisitas tiap kota di Jabodetabek. Perhitungan elastisitas biogasolin dan biosolar diasumsikan sama dengan elastisitas gasolin dan solar, karena biosolar dan biogasolin merupakan BBM yang baru diluncurkan sehingga data yang ada kurang memadai untuk perhitungan.

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.5, perhitungan untuk proyeksi konsumsi biosolar dan biogasolin dapat dilakukan. Gambar dibawah ini akan menunjukkan proyeksi kebutuhan konsumsi biogasolin skenario substitusi dan alternatif di wilayah Jabodetabek.



Gambar 4.2 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Substitusi di Jakarta

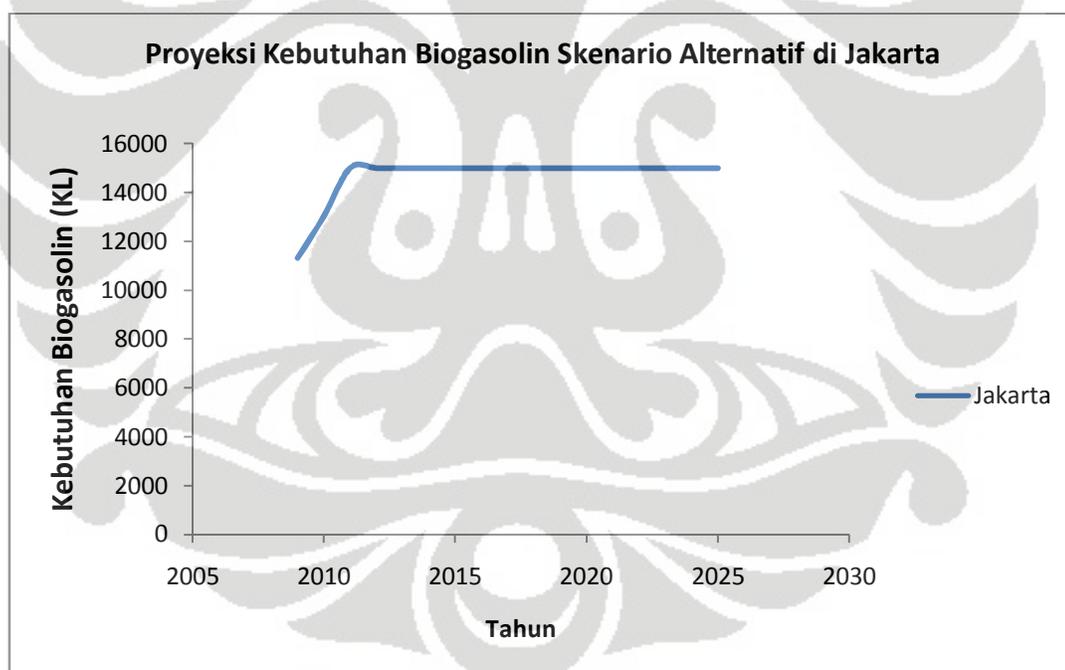


Gambar 4.3 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Substitusi di Bodetabek

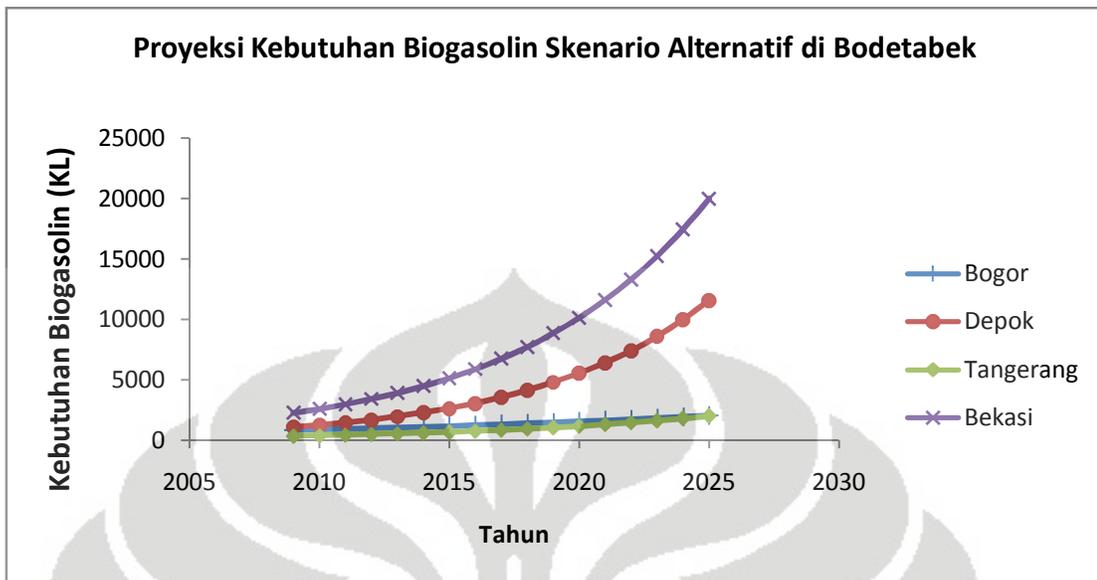
Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan proyeksi kebutuhan biogasolin untuk skenario substitusi 10% konsumsi gasolin masing-masing kota di wilayah Jabodetabek (10% SPBU tiap kota di Jabodetabek akan menjual biogasolin). Dari

gambar tersebut dapat ditunjukkan kota Jakarta mempunyai konsumsi biogasolin stagnan dari tahun 2011 sampai tahun 2025 karena jumlah kendarannya yang mencapai maksimal dengan kondisi di jalan raya, sedangkan kota yang mempunyai konsumsi yang paling sedikit adalah kota Bogor yaitu sebesar 4830 KL pada akhir tahun 2025.

Proyeksi kebutuhan biogasolin untuk skenario alternatif juga tidak berbeda jauh dengan skenario substitusi. Gambar 4.4 menunjukkan kota Jakarta mempunyai konsumsi terbesar di akhir tahun 2025 yaitu sebesar 108380 KL. Sedangkan kota yang paling sedikit kebutuhan biogasolin untuk skenario alternatif berdasarkan gambar 4.5 adalah Tangerang yaitu sebesar 2014 KL. Hal ini dikarenakan pada awal tahun 2008, realisasi penjualan biogasolin di Tangerang sangat kecil. Data yang dipakai untuk proyeksi skenario alternatif adalah data konsumsi biogasolin di kota tersebut karena pada skenario alternatif, biogasolin akan dijual bersama-sama dengan gasolin pada suatu SPBU.

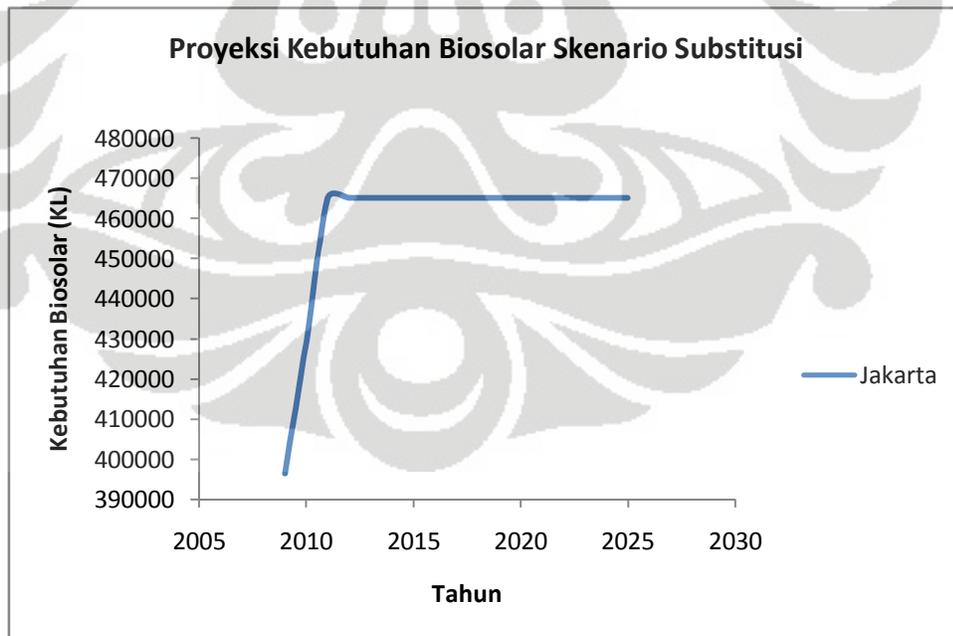


Gambar 4.4 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Alternatif di Jakarta

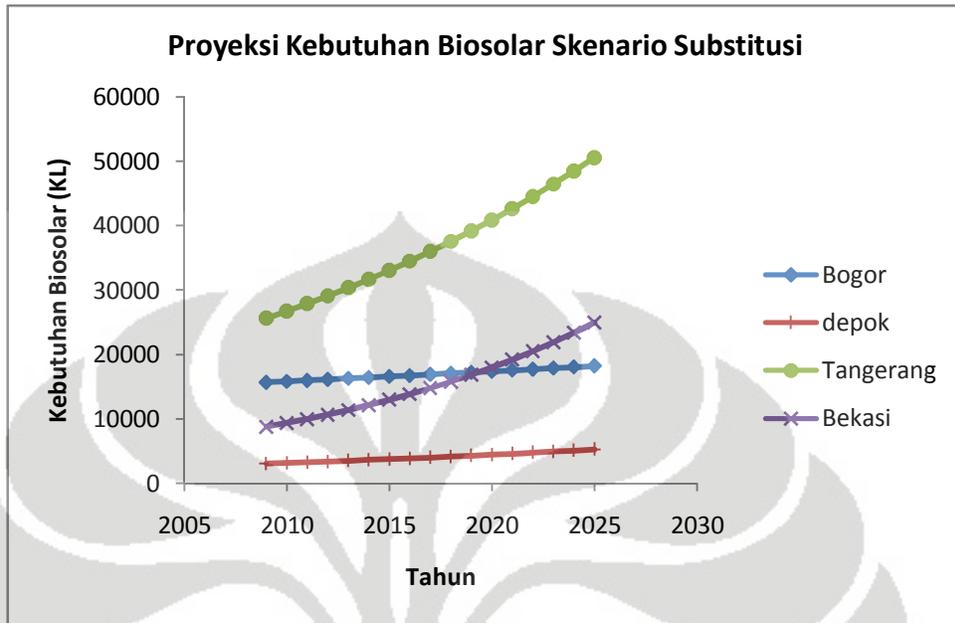


Gambar 4.5 Proyeksi Kebutuhan Biogasolin Skenario Alternatif di Bodetabek

Perhitungan proyeksi konsumsi biosolar untuk wilayah Jabodetabek juga mengikuti cara perhitungan proyeksi konsumsi BBM seperti diatas. Gambar dibawah ini menunjukkan proyeksi kebutuhan biosolar untuk skenario substitusi dan alternatif untuk kota-kota di Jabodetabek.



Gambar 4.6 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Substitusi di Jakarta

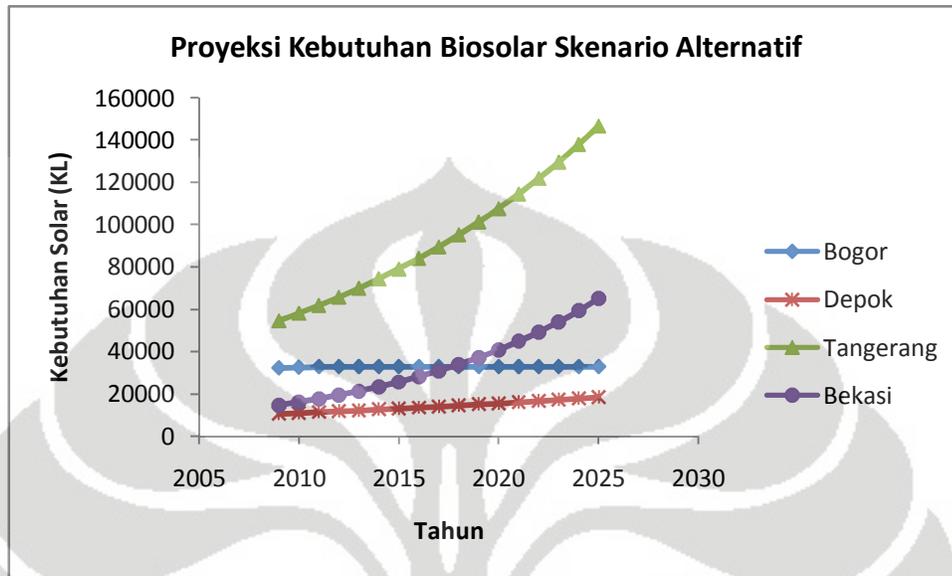


Gambar 4.7 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Substitusi di Bodetabek

Gambar tersebut merupakan proyeksi kebutuhan biosolar skenario substitusi di wilayah Jabodetabek, namun gambar untuk kota Jakarta dipisahkan karena kebutuhannya sangat besar. Khusus kota Jakarta, proyeksi biosolar menggunakan data proyeksi solar karena di kota tersebut lebih dari 90% SPBU sudah menjual biosolar. Pada skenario substitusi diatas, 10% konsumsi solar akan diganti oleh biosolar, yang berarti 10% SPBU di masing-masing kota tersebut akan menjual biosolar. Dari kurva tersebut terlihat peningkatan yang berbeda-beda di tiap kota, karena masing-masing kota tersebut mempunyai tingkat elastisitas yang berbeda-beda. Tingkat konsumsi biosolar yang tertinggi pada akhir tahun 2025 adalah kota Bogor yaitu sebesar 142081 KL, sedangkan yang terendah adalah kota Depok yaitu sebesar 5255 KL.

Proyeksi kebutuhan biosolar skenario alternatif mempunyai cara perhitungan yang sama dengan skenario alternatif, namun data yang digunakan adalah data konsumsi biosolar. Pada skenario alternatif tidak melibatkan kota Jakarta karena di

kota tersebut lebih dari 90% SPBU telah menjual biosolar. Gambar 4.8 dibawah ini akan mendeskripsikan proyeksi kebuuhan biosolar dengan skenario alternatif.



Gambar 4.8 Proyeksi Kebutuhan Biosolar Skenario Alternatif di Bodetabek

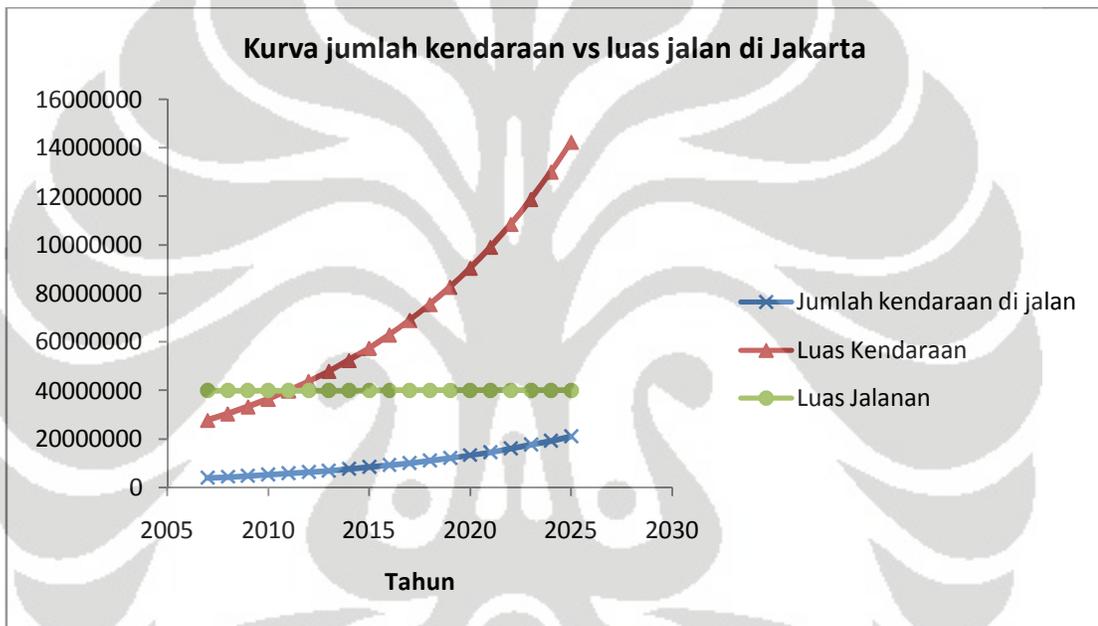
Dari gambar 4.8 diatas dapat ditunjukkan kota yang mempunyai tingkat konsumsi biosolar tertinggi dan peningkatannya paling tinggi tiap tahun dibanding kota lainnya adalah kota Tangerang yaitu sebesar 146571 KL pada akhir tahun 2025, hal ini karena realisasi penjualan di tahun 2008 tertinggi dibanding kota lainnya.

4.2 PROYEKSI JUMLAH KENDARAAN DI JABODETABEK

Beberapa tahun terakhir ini, salah satu permasalahan yang cukup besar di kota-kota Jabodetabek adalah permasalahan kemacetan. Hal ini disebabkan jumlah kendaraan di Jabodetabek sangat besar, sedangkan luas jalanan di Jabodetabek tidak bertambah secara signifikan dan cenderung stagnan. Sebagai contoh, Walhi mencatat sejak 2002 hingga 2006, rata-rata pertambahan jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta sebesar 9,5 persen. Setiap harinya, 1.127 unit kendaraan yang terdiri dari 236 unit mobil dan 891 unit motor dikirim ke konsumen baru di Ibu Kota [22]. Permasalahannya, suburnya bisnis kendaraan tidak diikuti pertumbuhan infrastruktur utama, yakni pemekaran jalan. Rata-rata penambahan luas jalan di Jakarta hanya 0,1

persen. Kondisi ini membuat perbandingan luas jalan dengan luas kendaraan menjadi semakin mendekati titik temu, yang berarti macet total.

Jika mengacu pertumbuhan rata-rata kendaraan dalam lima tahun (periode 2002-2006) tetap 9,5 persen per tahun dan penambahan luas jalan 0,01 persen per tahun maka pada 2011 jumlah kendaraan dari STNK akan mencapai 8,5 juta unit, di mana 5,9 juta unit (70 persen) beredar di jalanan. Menghasilkan, luas kendaraan di jalan mencapai 40,1 juta m², sedangkan luas jalan hanya 40,09 juta m². Dibawah ini gambaran proyeksi jumlah kendaraan di kota Jakarta.



Gambar 4.9 Kurva jumlah kendaraan versus luas jalan di Jakarta

Dari gambar diatas, dapat dilihat pada tahun 2011 terjadi titik temu antara luas kendaraan dan luas jalanan, yang artinya pada tahun tersebut kota Jakarta akan macet total.

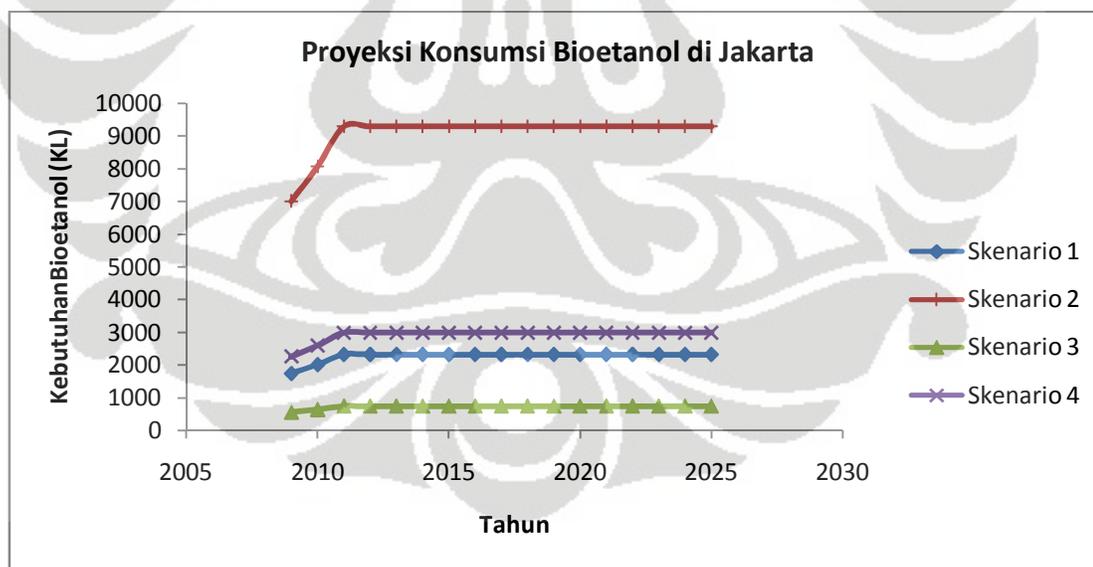
4.3 PROYEKSI KEBUTUHAN BIOETANOL DAN BIODIESEL JABODETABEK

Proyeksi kebutuhan bioetanol dan biodiesel di kota-kota Jabodetabek masing-masing skenario mempunyai peningkatan yang sebanding dengan peningkatan biogasolin dan biosolar tiap tahunnya. Hal ini dikarenakan komposisi bioetanol dan biodiesel untuk biogasolin dan biosolar sudah tertentu pada masing-masing skenario,

yaitu sebesar 5 dan 20% untuk biogasolin, sedangkan untuk biodiesel adalah 5, 15, dan 20% untuk masing-masing skenario. Proyeksi kebutuhan bioetanol dan biodiesel untuk skenario substitusi di Jabodetabek akan sebanding dengan peningkatan konsumsi gasolin dan solar sebesar 10% konsumsi gasolin dan solar di Jabodetabek (10% SPBU di tiap kota Jabodetabek akan menjual biogasolin dan biosolar). Berbeda dengan proyeksi skenario alternatif, data yang digunakan adalah data konsumsi biogasolin dan biosolar, tetapi dengan tingkat elastisitas gasolin dan solar karena BBM nabati tersebut baru diluncurkan oleh Pertamina sekitar tahun 2006 dan 2007.

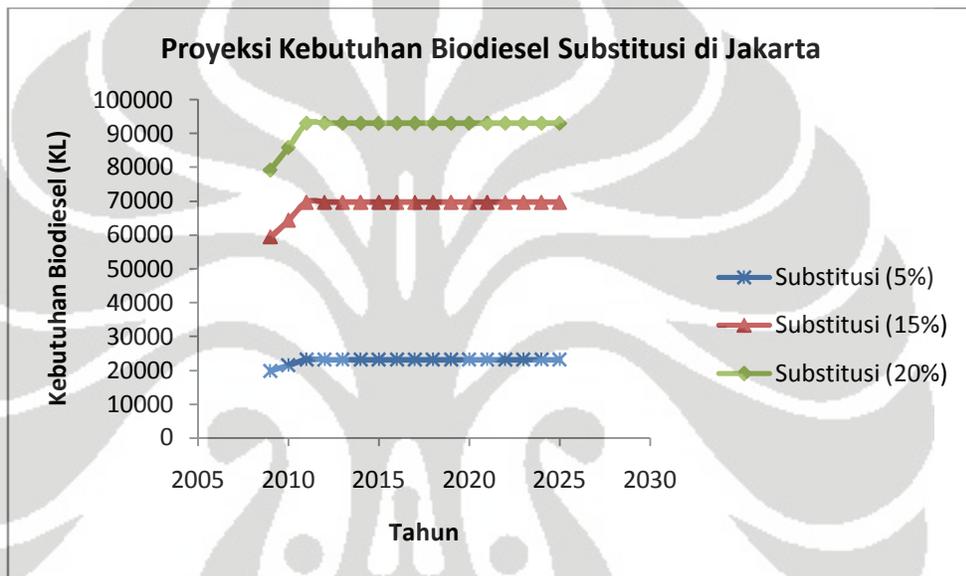
4.3.1 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Wilayah Jakarta

Proyeksi kebutuhan bioetanol dan biodiesel di Jakarta mempunyai tingkat yang paling tinggi dibanding kota-kota lainnya di Jabodetabek. Namun untuk biodiesel dengan skenario substitusi menggunakan data realisasi penjualan solar karena lebih dari 90% SPBU di Jakarta telah menjual biosolar, sehingga khusus untuk kota Jakarta tidak ada skenario alternatif. Dibawah ini merupakan gambaran proyeksi tingkat konsumsi bioetanol dan biodiesel di kota Jakarta.



Gambar 4.10 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Jakarta

Berdasarkan gambar diatas, tingkat kebutuhan bioetanol yang paling tinggi adalah skenario 2, karena skenario 2 merupakan skenario substitusi dengan komposisi bioetanol 20% dalam campuran biogasolin. Kebutuhan bioetanol di Jakarta pada akhir tahun 2025 untuk skenario 2 adalah 9293 KL atau meningkat sekitar 1.3 kali dibandingkan tahun 2009. Gambaran tentang kebutuhan biodiesel skenario substitusi untuk kota Jakarta disajikan pada gambar 4.11 berikut ini:

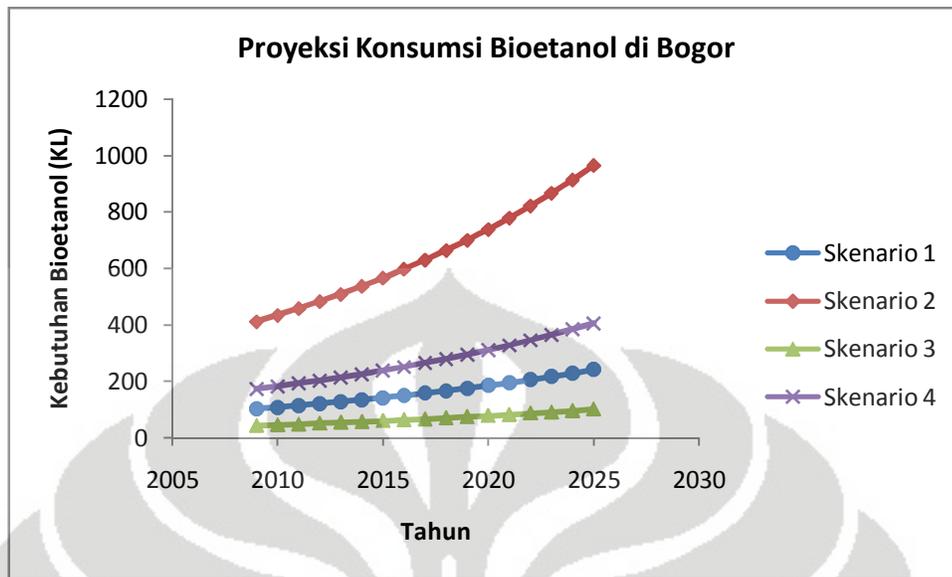


Gambar 4.11 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel Skenario Substitusi di Jakarta

Gambar diatas menunjukkan peningkatan proyeksi kebutuhan biodiesel di Jakarta. Khusus untuk kota Jakarta, tidak ada skenario alternatif, karena biosolar akan menggantikan solar secara keseluruhan. Menurut gambar diatas, kebutuhan biodiesel terbesar pada akhir tahun 2025 adalah skenario substitusi 20% yaitu sebesar 93011 KL karena komposisi biodiesel dalam biosolar adalah sebesar 20%.

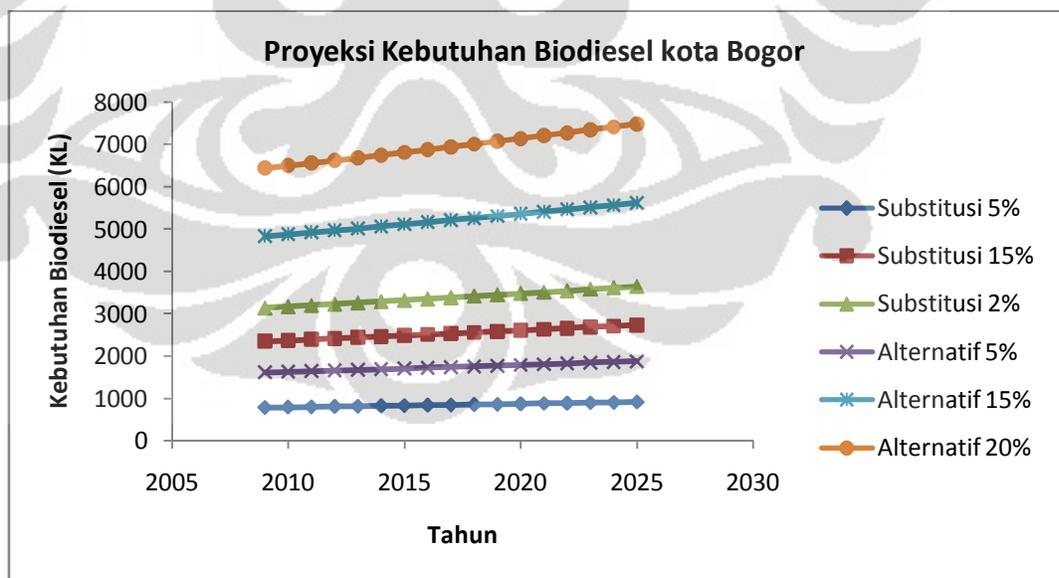
4.3.2 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Wilayah Bogor

Data proyeksi kebutuhan bioetanol dan biodiesel di kota Bogor dapat dilihat dilembar lampiran dan akan ditampilkan dalam bentuk gambar 4.12 dan 4.13 berikut ini.



Gambar 4.12 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Kota Bogor

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa tingkat konsumsi bioetanol di kota Bogor adalah skenario 2. Pada akhir tahun 2025, konsumsi bioetanol di kota Bogor adalah sebesar 966 KL. Konsumsi bioetanol pada akhir tahun 2025 yang paling sedikit adalah skenario 3 yaitu sebesar 102 KL. Hal ini dikarenakan proyeksi bioetanol mengacu kepada proyeksi biogasolin di kota Bogor yang pada tahun 2008 masih sangat kecil kebutuhannya.

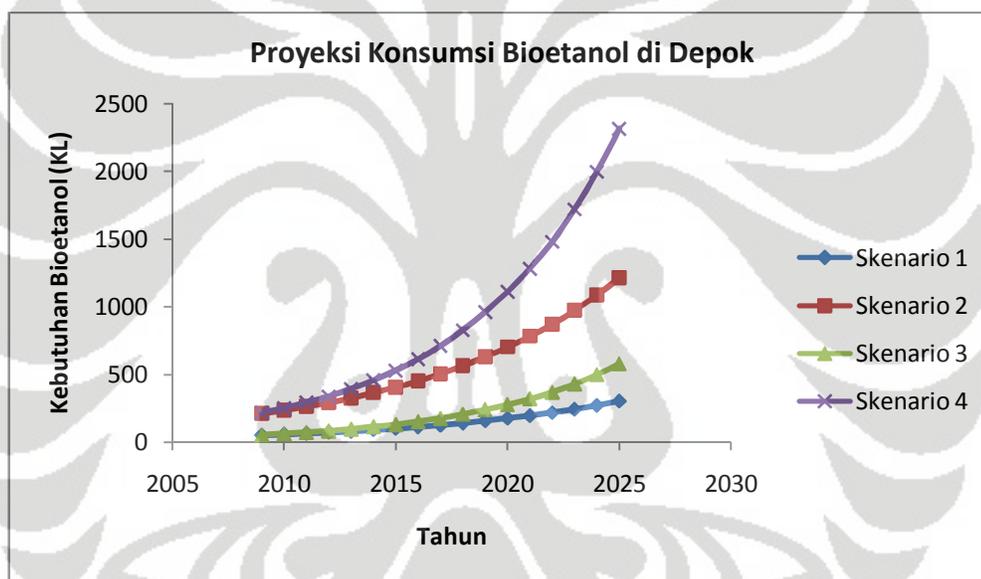


Gambar 4.13 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Kota Bogor

Gambar 4.13 menunjukkan kebutuhan biodiesel untuk skenario substitusi dan alternatif di kota Bogor. Gambar tersebut menunjukkan bahwa skenario alternatif dengan persentase biodiesel sebesar 20% dalam biosolar mempunyai tingkat konsumsi yang paling tinggi di akhir tahun 2025 yaitu sebesar 7494 KL. Tingkat konsumsi tersebut diakibatkan realisasi penjualan biosolar pada dua tahun terakhir di kota Bogor cukup besar.

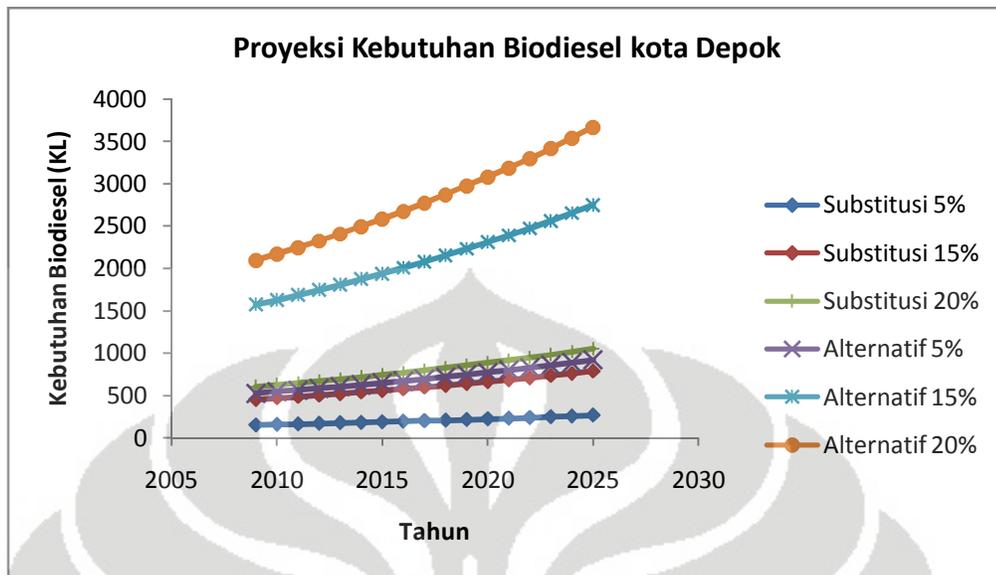
4.3.3 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Wilayah Depok.

Proyeksi kebutuhan bioetanol dan biodiesel untuk kota Depok ditunjukkan pada gambar 4.14 dan 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.14 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Kota Depok

Kebutuhan bioetanol yang paling besar adalah pada skenario 4 yaitu skenario alternatif dengan komposisi 20% volume yaitu sebesar 2317 KL pada akhir tahun 2025. Proyeksi kebutuhan biodiesel kota Depok ditunjukkan pada gambar 4.15 dibawah ini:



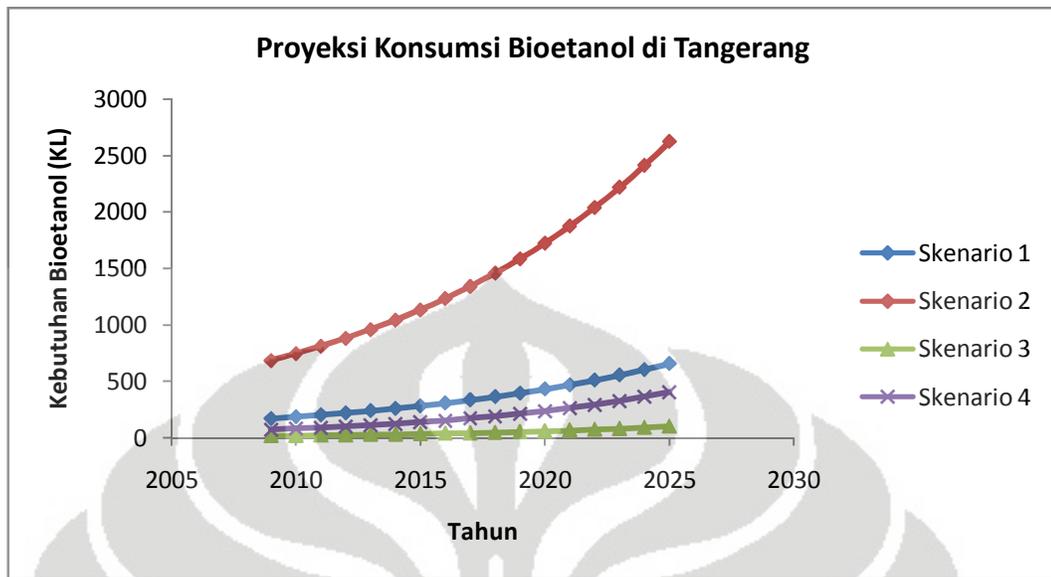
Gambar 4.15 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Kota Depok

Dari gambar diatas, kebutuhan biodiesel yang paling besar untuk kota Depok pada akhir tahun 2025 adalah skenario substitusi dengan komposisi 20% volume yaitu sebesar 8747 KL, meningkat 1,5 kali dibandingkan tahun 2009.

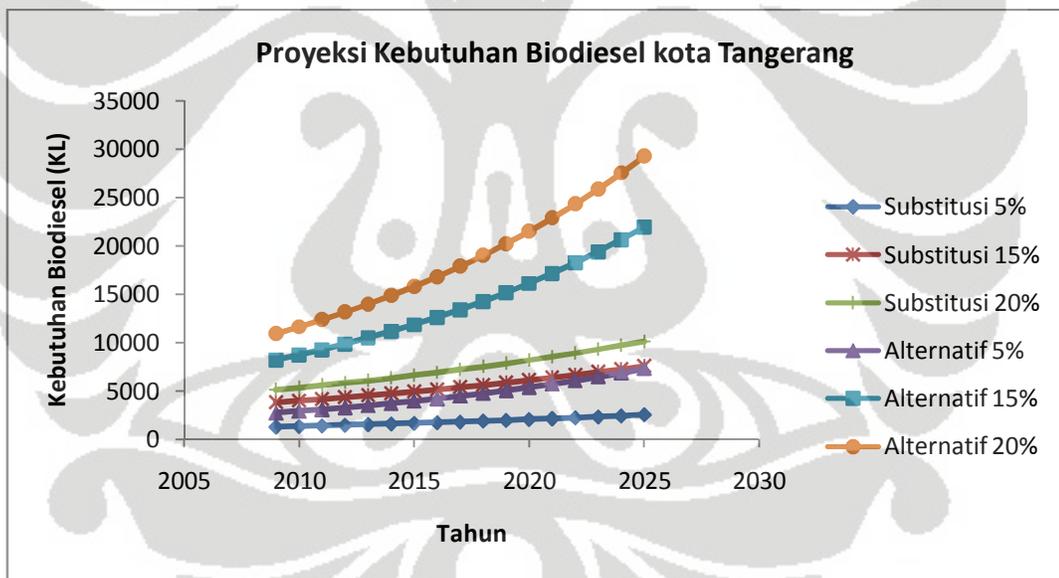
4.3.4 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Wilayah Tangerang.

Proyeksi kebutuhan bioetanol untuk kota Tangerang termasuk yang paling kecil dibandingkan wilayah Jabodetabek lainnya. Hal ini disebabkan konsumsi BBM jenis gasolin dan biogasolin masih sedikit pada tahun 2008 sehingga hasil proyeksi sampai tahun 2025 juga tergolong kecil diantara wilayah Jabodetabek lainnya.

Dari gambar 4.16 ditunjukkan kebutuhan bioetanol yang terbesar adalah pada skenario 2 yaitu skenario substitusi dengan komposisi bioetanol 20% volume yaitu sebesar 2525 KL pada akhir tahun 2025. Sedangkan kebutuhan biodiesel yang paling besar di kota Tangerang adalah pada skenario alternatif dengan komposisi 20% volume dengan kebutuhan terbesar di tahun 2025 sebesar 29314 KL.



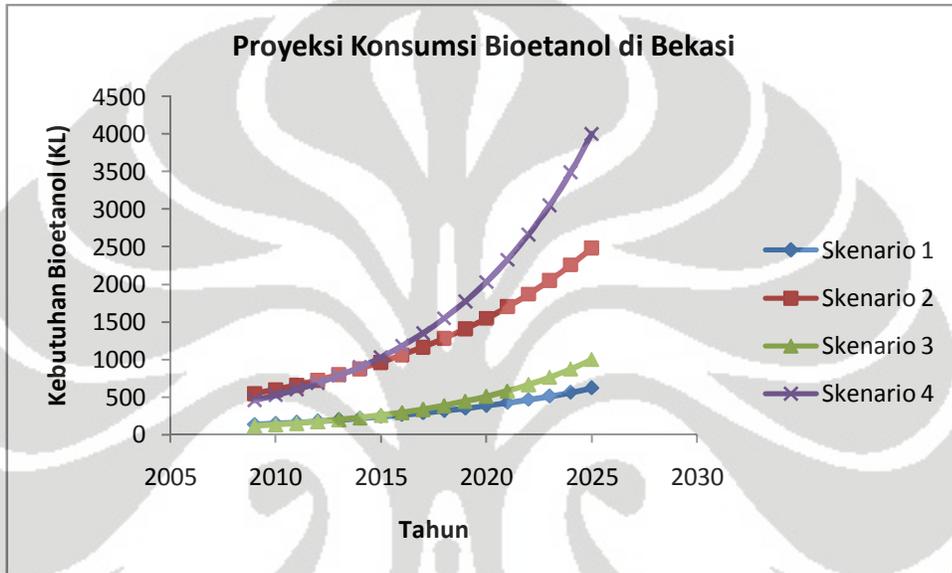
Gambar 4.16 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di Kota Tangerang



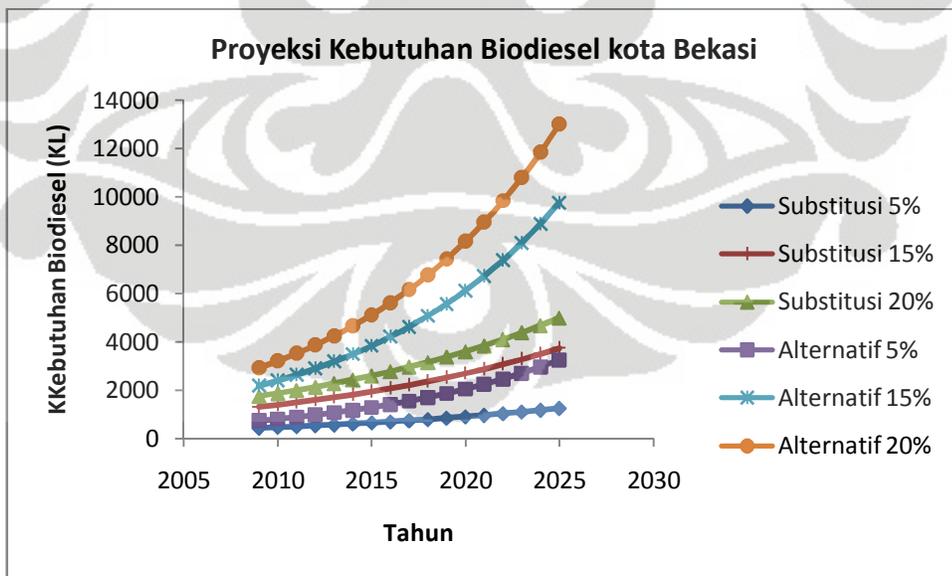
Gambar 4.17 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di Kota Tangerang

4.3.5 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol dan Biodiesel di Wilayah Bekasi.

Kota Bekasi merupakan salah satu kota penyangga Ibukota Jakarta selain kota-kota lainnya di Jabodetabek. Hal ini berimbas pada konsumsi energi di kota Bekasi. Terlihat dari jumlah kebutuhan biosolar dan biogasolin yang cukup besar setelah kota Jakarta. Kebutuhan bioetanol dan biodiesel untuk kota Bekasi akan diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.18 Proyeksi Kebutuhan Bioetanol di kota Bekasi



Gambar 4.19 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel di kota Bekasi

Dari gambar 4.18 terlihat kebutuhan bioetanol terbesar pada akhir tahun 2025 adalah pada skenario 4 sebesar 4001 KL. Sedangkan untuk kebutuhan biodiesel di kota Bekasi menurut gambar 4.19 yang terbesar adalah skenario alternatif 20 % yaitu sebesar 13013 KL.

4.4 ANALISIS UNIT *BLENDING*/PENCAMPURAN

Kualitas biogasolin dan biosolar sangat ditunjang oleh proses pencampuran (*blending*) yang baik. Pencampuran biogasolin dan biosolar saat ini dilakukan pada truk pengangkut. Secara teknis proses pencampuran tersebut kurang ideal, karena ada kemungkinan campuran tidak bersifat homogen. Selain itu terdapat kemungkinan campuran tidak homogen pada komposisi bioetanol yang lebih tinggi yaitu pada Skenario 2 dan 4 dan untuk skenario biodiesel dengan komposisi yang tinggi yaitu 15 dan 20 %. Oleh karena itu dibutuhkan unit *blending* untuk menunjang pencampuran yang baik. Rencana unit pencampuran yang akan dibangun adalah berupa tangki penyimpanan dimana bioetanol dan gasolin untuk biogasolin, dan biodiesel dan solar untuk biosolar akan dimasukkan ke dalamnya dan didiamkan untuk kemudian diangkut menggunakan truk tangki.

Dalam menentukan kapasitas unit *blending* biogasolin dan biosolar diasumsikan unit tersebut dapat memenuhi konsumsi biogasolin dan biosolar di Jabodetabek selama 2 hari. Rata-rata konsumsi tertinggi biogasolin untuk kota-kota di Jabodetabek diasumsikan sebesar 85,6 kL per hari (skenario substitusi) sehingga kapasitas unit *blending*/ penyimpanan yang dibutuhkan adalah 189,5 kL (50000 galon). Sedangkan untuk biosolar, rata-rata konsumsi tertinggi untuk biosolar adalah 520,83 KL/hari (skenario substitusi), sehingga diperlukan 5 buah unit *blending* kapasitas 189,5 KL (50000 galon) untuk memenuhi kebutuhan proses *blending* untuk suplai biosolar ke kota-kota di Jabodetabek tersebut.

Besaran biaya investasi dan biaya *Operation and Maintenance* (O dan M) ditentukan berdasarkan metode Lang. Adapun asumsi yang digunakan pada metode ini adalah:

- Biaya konstruksi sebesar 30% dari total harga alat
- Biaya instrumentasi sebesar 10% dari total harga alat
- Biaya perawatan sebesar 5% dari total biaya alat.
- Umur manfaat alat selama 20 tahun
- *Cost of capital* sebesar 10% pertahun

Selain itu untuk kebutuhan operasional 1 unit *blending* , dibutuhkan dua orang pekerja dengan gaji masing-masing Rp 5.000.000 per bulan. Rincian biaya investasi unit *blending* biogasolin dengan mengambil ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.4 Rincian Investasi Unit *Blending*

Jenis	Jumlah	Keterangan
Investasi		
Biaya Alat Tangki	651538500	Per unit
Konstruksi	195.461.550	30% dari harga alat
Instrumentasi	65.153.850	10% dari harga alat
Total Investasi	912.153.900	
Umur Manfaat	20	Tahun
<i>Cost of Capital</i>	10%	
CAPEX	107.141.597	Per tahun
CRF	0.11746	
Operasional dan Perawatan		
Pegawai	120.000.000	2 orang @5 juta/bulan
Perawatan	5.357.080	5% dari harga alat/tahun
Total O dan M	125.357.080	Per tahun
Total Biaya	232.498.677	Per tahun

Biaya *blending* per liter untuk tiap skenario adalah jumlah total biaya dibagi dengan kapasitas pada tahun tersebut. Dari tabel dibawah, didapatkan biaya *blending* yang semakin menurun dengan bertambahnya tahun. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya kebutuhan biogasolin dan biosolar yang akan di *blending*.

Tabel 4. 5 Biaya *Blending* Biogasolin di Jabodetabek

Tahun	Skenario Substitusi		Skenario Alternatif	
	Total demand (KL)	Biaya blending (Rp/L)	Total demand (KL)	Biaya blending (Rp/L)
2009	44303	5,2	15904,9	14,6
2010	50415	4,6	18208,77	12,8
2011	57416	4	20863,06	11,1
2012	65413	3,6	23902,46	9,7
2013	74575	3,1	27403,41	8,5
2014	85078	2,7	31439,56	7,4
2015	97094	2,4	36057,48	6,4
2016	110869	2,1	41376,13	5,6
2017	126659	1,8	47498,74	4,9
2018	144737	1,6	54536,93	4,3
2019	165462	1,4	62637,24	3,7
2020	189237	1,2	71922,71	3,2
2021	216476	1,1	82589,35	2,8
2022	247757	0,9	94857,95	2,5
2023	283633	0,8	109012,08	2,1
2024	324848	0,7	125301,94	1,9
2025	372099	0,6	144015,32	1,6

Tabel 4. 6 Biaya *Blending* Biosolar di Jabodetabek

Tahun	Skenario Substitusi		Skenario Alternatif	
	Total Demand (KL)	Biaya Blending (Rp/L)	Total Demand (KL)	Biaya Blending (Rp/L)
2009	474467	2,9	113965	4,1
2010	512698	2,7	119536	3,9
2011	554049	2,5	125512	3,7
2012	598777	2,3	131873	3,5
2013	647158	2,2	138674	3,4
2014	699556	2	145955	3,2
2015	756244	1,8	153701	3
2016	817576	1,7	162024	2,9
2017	883935	1,6	170933	2,7
2018	955645	1,5	180472	2,6

2019	1033228	1,4	190690	2,4
2020	1117273	1,2	201626	2,3
2021	1208106	1,2	213354	2,2
2022	1306507	1,1	225913	2,1
2023	1412862	1	239419	1,9
2024	1528087	0,9	253928	1,8
2025	1652629	0,8	269486	1,7

4.5 ANALISIS INVESTASI DISPENSER DAN TANGKI PENDAM

Rencana investasi dispenser dan tangki pendam akan dilakukan karena pada skenario alternatif biogasolin dan biodiesel akan berperan sebagai BBM alternatif yang menjadi pilihan disamping gasolin dan solar. Tabel dibawah merupakan daftar harga dari dispenser dan tangki pendam pada setiap unitnya sesuai dengan kapasitasnya.

Tabel 4.7 Harga Tangki Pendam dan Dispenser [19]

No.	Jenis	Harga
1	Tangki pendam 20 kL	Rp 45.000.000,00
2	Tangki pendam 30 kL	Rp 55.000.000,00
3	Tangki pendam 45kL	Rp 75.000.000,00
4	Dispenser 2 <i>nozzle</i>	Rp. 85.000.000,00

Pada perhitungan ini akan digunakan tangki pendam berkapasitas 20 kilo liter sebanyak 1 buah dan 1 buah dispenser untuk tiap SPBU di seluruh Jabodetabek. Besaran biaya investasi dan biaya *Operation and Maintenance* (O dan M) ditentukan berdasarkan metode Lang. Adapun asumsi yang digunakan pada metode ini adalah:

- Biaya konstruksi sebesar 30% dari total harga alat
- Biaya instrumentasi sebesar 10% dari total harga alat
- Biaya perawatan sebesar 5% dari total biaya alat.
- Biaya operasional dua pegawai @ Rp 2.000.000 per bulan
- Umur manfaat alat selama 20 tahun

- *Cost of capital* sebesar 10% per tahun
- Seluruh SPBU di kota-kota Jabodetabek akan menjual biogasolin dan biosolar.

Tabel 4.8 menunjukkan biaya investasi untuk pembangunan tanki timbun dan dispenser baru untuk seluruh SPBU di DKI Jakarta.

Tabel 4.8 Rincian Investasi Tangki Timbun dan Dispenser untuk Jabodetabek

Jenis	Jumlah	Keterangan
Investasi		
Tangki Timbun (20 KL)	61.725.168	Per unit
Dispenser	116.591.984	Per unit
Total Alat	71.861.812.256	403 tangki pendam dan 403 dispenser
Konstruksi	21.558.543.677	30% dari biaya alat keseluruhan
Instrumentasi	7.186.181.226	10% dari biaya alat keseluruhan
Total Investasi	100.606.537.158	
Umur Manfaat	20	tahun
<i>Cost of Capital</i>	10%	
CAPEX	11.817.243.855	per tahun
CRF	0,11746	
Operasional dan Perawatan		
Pegawai	10.608.000.000	2 orang @2 juta/bulan
Perawatan	590.862.192,73	5% dari biaya alat pertahun
Total O dan M	11.198.862.192	per tahun
Total Biaya	23.016.106.047	per tahun

Rencana investasi diatas berlaku untuk biogasolin dan biosolar untuk skenario alternatif di wilayah Jabodetabek keseluruhan.

Biaya infrastruktur per liter skenario biogasolin dan biosolar mempunyai perhitungan yang sama yaitu total biaya dibagi dengan kebutuhan biogasolin atau

biosolar pada tahun tersebut. Biaya infrastruktur hanya berlaku bagi skenario alternatif, karena biogasolin dan biosolar berperan sebagai BBM pilihan selain solar dan gasolin. Biaya infrastruktur per liter untuk biogasolin dan biosolar di Jabodetabek dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9 Biaya Infrastruktur Biogasolin di Jabodetabek

Tahun	Demand Jabodetabek	Biaya infrastruktur
2009	15904,9	1447,1
2010	18208,77	1264
2011	20863,06	1103,2
2012	23902,46	962,9
2013	27403,41	839,9
2014	31439,56	732,1
2015	36057,48	638,3
2016	41376,13	556,3
2017	47498,74	484,6
2018	54536,93	422
2019	62637,24	367,5
2020	71922,71	320
2021	82589,35	278,7
2022	94857,95	242,6
2023	109012,08	211,1
2024	125301,94	183,7
2025	144015,32	159,8

Tabel 4.10 Biaya Infrastruktur Biosolar di Jabodetabek

Tahun	Demand Jabodetabek	Biaya Blending
2009	111956	205,6
2010	117526	195,8
2011	123501	186,4
2012	129861	177,2
2013	136661	168,4
2014	143941	159,9
2015	151686	151,7
2016	160008	143,8
2017	168916	136,3

2018	178454	129
2019	188671	122
2020	199606	115,3
2021	211333	108,9
2022	223891	102,8
2023	237396	97
2024	251904	91,4
2025	267461	86,1

4.6 ANALISIS KONDISI INFRASTRUKTUR

Bagian ini menjelaskan kondisi infrastruktur yang terlibat dalam rantai suplai biogasolin dan biosolar. Berdasarkan perhitungan, kapasitas seluruh infrastruktur dapat mengamankan suplai biogasolin sampai tahun 2025.

4.6.1 Pabrik Bioetanol

Sampai saat ini diperkirakan telah berdiri 5 pabrik bioetanol yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia. Tabel 4.11 menunjukkan beberapa pabrik bioetanol yang telah dan akan beroperasi di sekitar Jakarta.

Tabel 4. 11 Pasokan Bioetanol untuk Kebutuhan di Indonesia [10,11,12]

No	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas per Tahun (kL)
1	Medco Energi	Lampung	180.000
2	Molindo Raya Industrial	Jawa Timur	20.000
3	PTPN	Jawa Timur	40.000
4	Rajawali Nasional Indonesia	Jawa Barat	40.000
5	Mitra Sae International	Jawa Barat	20.000

Kebutuhan bioetanol saat ini untuk kota-kota di Jabodetabek tidak terlalu besar sehingga kebutuhan tersebut dapat disuplai oleh 1 pabrik saja. Pasokan bioetanol saat ini berasal dari Molindo Raya yang berlokasi di Malang. Dalam simulasi perhitungan biaya suplai biogasolin pada penelitian ini, pasokan bioetanol untuk campuran biogasolin yang dikirim ke depo Plumpang berasal dari Medco Energi. Hal ini disebabkan perusahaan tersebut mempunyai kapasitas produksi yang

paling besar dibandingkan pabrik lainnya sehingga dapat mengamankan pasokan bioetanol untuk kebutuhan BBM nabati di wilayah Jabodetabek.

4.6.2 Pabrik Biodiesel

Pada saat sekarang ini, pabrik biodiesel yang telah beroperasi di Indonesia ada enam pabrik, seperti terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 12 Daftar Pabrik Biodiesel di Indonesia

Pabrik Biodiesel	Kapasitas (KL)
Tangerang	132000
Serang	12000
Marunda	100000
Bekasi	36000
Bogor	30000
Serang	150000

Dalam penelitian ini, suplai biodiesel akan direncanakan dari pabrik yang berada di Serang dan Tangerang. Untuk suplai CPO berasal dari Riau, sedangkan olein berasal dari pabrik di Marunda. Berdasarkan data kebutuhan biodiesel di wilayah Jabodetabek, jalur suplai tersebut akan mengamankan suplai biodiesel untuk wilayah Jabodetabek. Data lokasi dan jarak pabrik CPO, olein dan Biodiesel dapat dilihat pada lampiran 6 dalam lembar Lampiran.

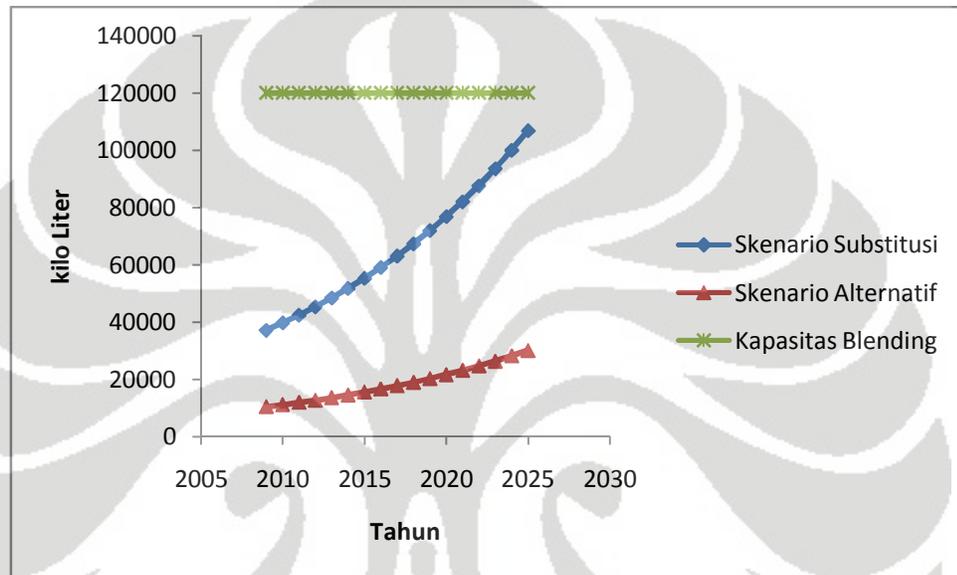
4.6.3 Kilang

Sampai saat ini suplai BBM untuk depo Plumpang masih berasal dari kilang Balongan. Kilang Balongan menggunakan jalur perpipaan dalam mensuplai BBM ke depo Plumpang. Pada tahun 2005 produksi gasolin kualitas tinggi kilang Balongan adalah 250.377 kL, sehingga kilang Balongan dapat mengamankan suplai gasolin untuk wilayah Jabodetabek sampai tahun 2025.

4.6.4 Unit *Blending*

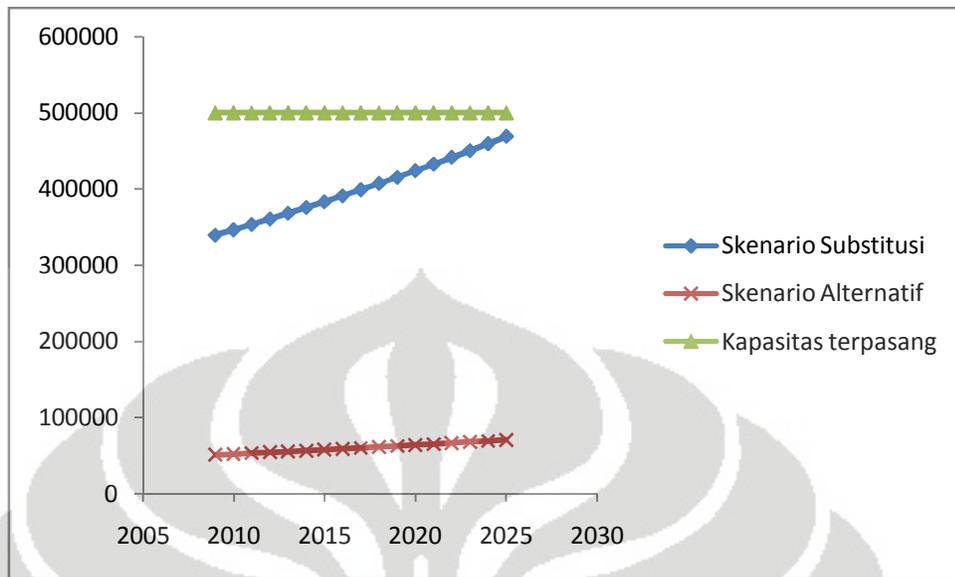
Volume unit *blending* biogasolin yang digunakan adalah 187,5 kL. Khusus untuk suplai biosolar skenario substitusi, tangki unit *blending* untuk biogasolin ada 5

buah unit blending. Dengan asumsi unit *blending* mengalami pengisian dalam periode 5 hari sekali, maka kapasitas unit *blending* terpasang selama 1 tahun sebesar 120.000 kL seperti dapat dilihat pada Gambar 4.19. Gambar tersebut merupakan kapasitas unit *blending* untuk kota Jakarta, karena kota tersebut merupakan kota yang mempunyai kebutuhan biogasolin tertinggi dibanding kota-kota lainnya di Jabodetabek sehingga jadi acuan untuk kota lainnya.



Gambar 4.20 Kapasitas Unit *Blending* dan Permintaan Biogasolin untuk Jabodetabek

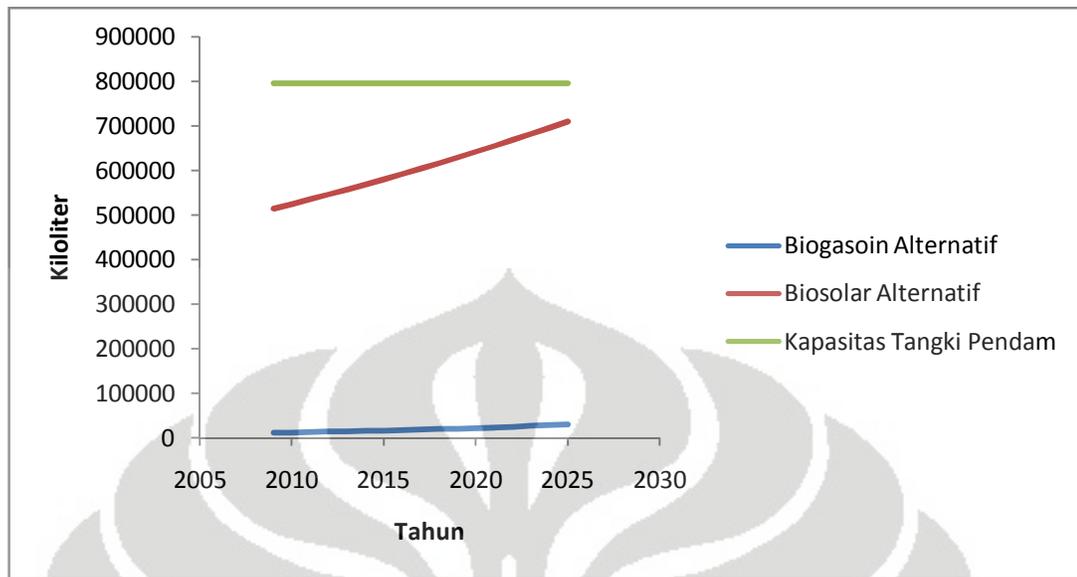
Kapasitas unit blending yang digunakan untuk biosolar juga tidak berbeda jauh dengan dengan unit biogasolin. Sampai tahun 2025, unit blending masih bisa megakomodasi kebutuhan suplai biosolar untuk wilayah Jabodetabek. Gambar dibawah ini akan menunjukkan kapasitas unit *blending* dengan mengambil contoh kasus di kota Jakarta. Karena kebutuhan biosolar di Jakarta tertinggi dibanding kota-kota lainnya di Jabodetabek. Dengan asumsi seperti unit *blending* biogasolin diatas, maka kapasitas unit *blending* dengan kebutuhan biosolar di kota Jakarta akan digambarkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 4.21 Kapasitas Unit *Blending* dan Permintaan Biosolar untuk Jabodetabek

4.6.5 SPBU

Instalasi dispenser dan tangki timbun baru akan dipasang jika skenario alternatif akan dilakukan. Kapasitas tangki timbun untuk biogasolin dan biosolar untuk sebuah SPBU diasumsikan seragam yaitu 20 KL. Dengan asumsi pengisian dua hari sekali maka kapasitas terpasang untuk SPBU di seluruh Jakarta selama 1 tahun adalah 795.600 kL. Perbandingan kapasitas SPBU dan kebutuhan biogasolin dan biosolar dapat dilihat pada Gambar 4.19. Berdasarkan Gambar 4.19 juga dapat dilihat bahwa sampai tahun 2025 kebutuhan biogasolin dan biosolar dapat disuplai oleh seluruh SPBU tanpa ada penambahan tangki timbun baru.



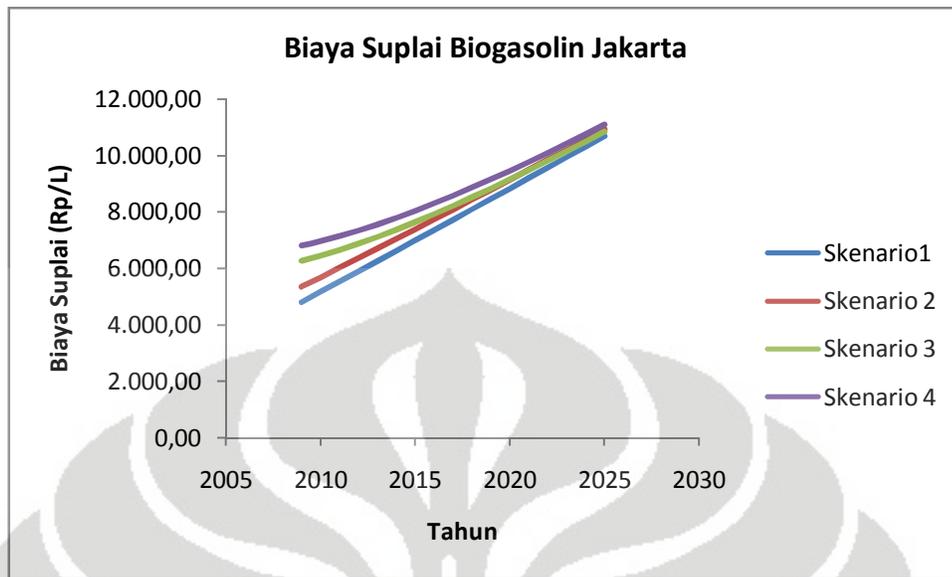
Gambar 4.22 Kapasitas Unit Tangki Pendam versus Permintaan Biogasolin dan Biosolar untuk Jabodetabek

4.7 ANALISIS TOTAL BIAYA RANTAI SUPLAI

Setiap skenario akan memberikan hasil perhitungan biaya rantai suplai yang berbeda berdasarkan komposisi dan penambahan infrastruktur yang terkait. Dalam perhitungan total biaya suplai, biaya-biaya yang mendukung seperti biaya pengolahan, biaya angkut, dan harga bahan baku diasumsikan sama setiap tahunnya.

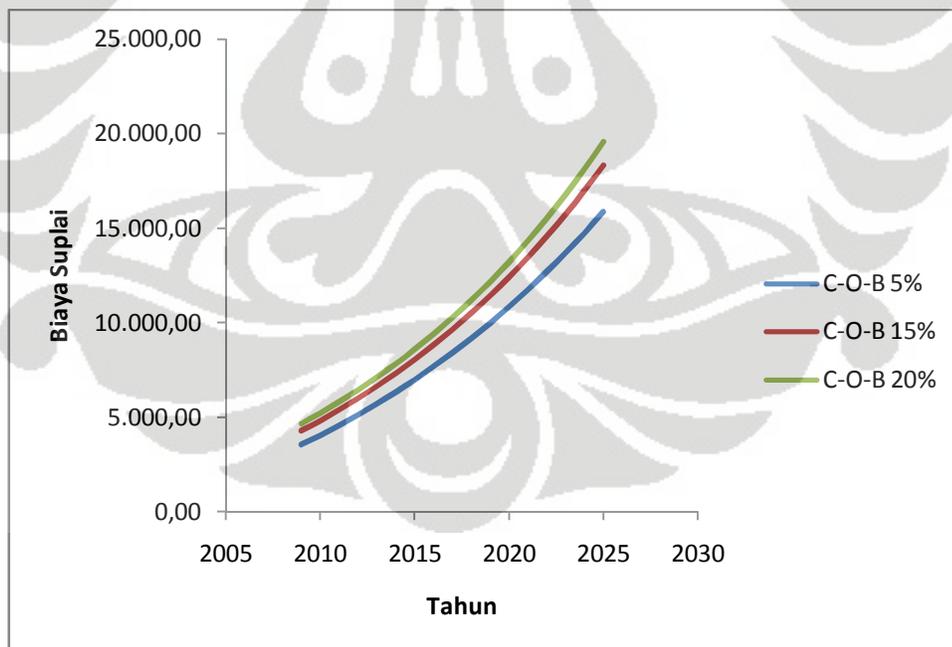
4.7.1 Analisis Biaya Suplai Biogasolin dan Biodiesel Kota Jakarta

Gambar dibawah ini akan mendeskripsikan biaya rantai suplai untuk kota Jakarta.



Gambar 4.23 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Jakarta

Berdasarkan gambar 4.22 diatas, biaya suplai terendah pada suplai biogasolin di Jakarta adalah skenario 1. Pada akhir tahun 2025, semua skenario mempunyai biaya suplai per liter yang hampir sama yaitu menekati 11000 Rp/L. biaya suplai biogasolin di kota Jakarta akan ditunjukkan gambar dibawah ini.

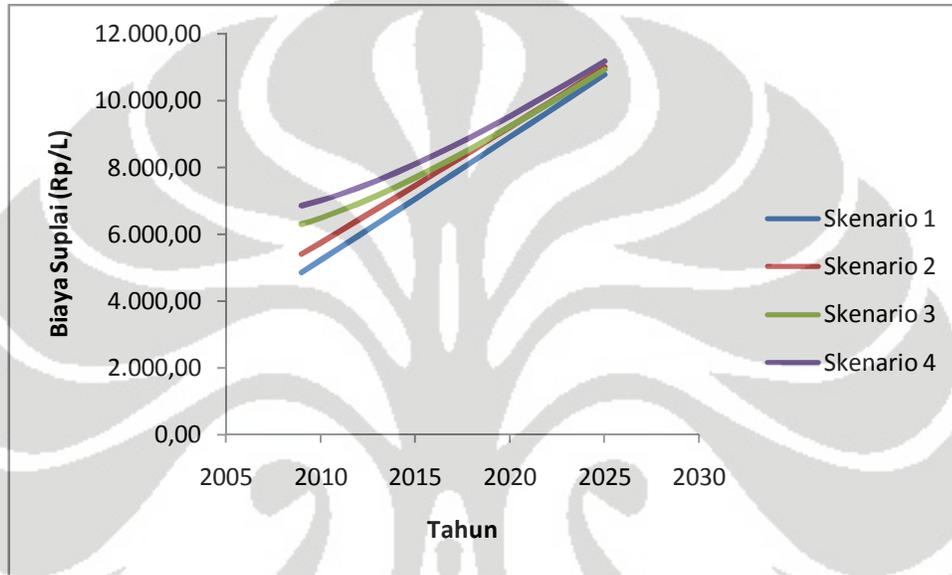


Gambar 4.24 Biaya Suplai Biosolar Substitusi di Kota Jakarta

Skenario Biosolar di kota Jakarta tidak mempunyai skenario alternatif. Dari gambar diatas, biaya suplai terendah ada pada skenario rute olein dengan komposisi 5%.

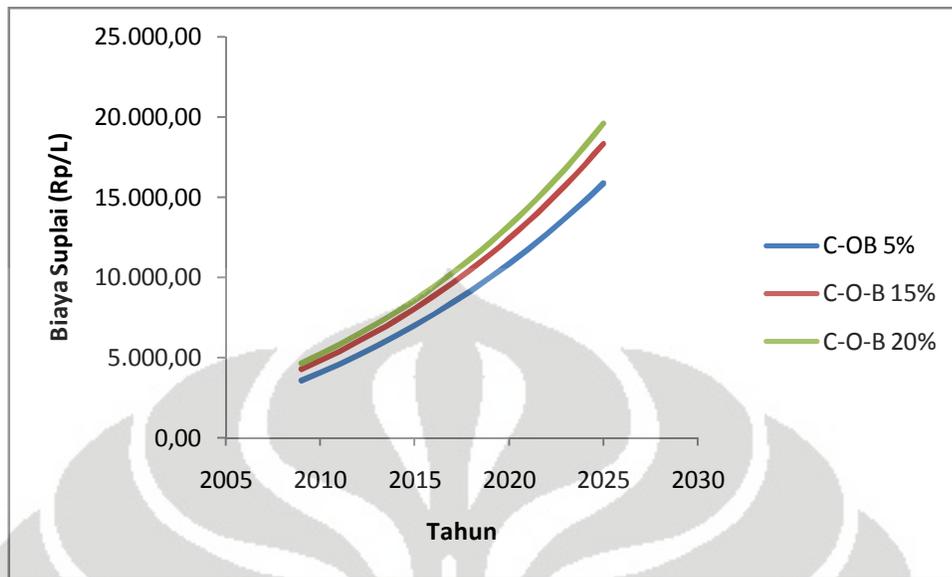
4.7.2 Analisis Biaya Suplai Rantai Biogasolin dan Biodiesel Kota Bogor

Berdasarkan hasil simulasi, biayasuplai dapat digambarkan paa gambar-gambar dibawah ini.



Gambar 4.25 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Bogor

Tren biaya skenario suplai biogasolin di kota Bogor hampir sama dengan kota Jakarta. Biaya rantai suplai terendah ada pada skenario 1 dan pada akhir tahun 2025 semua skenario hampir mempunyai harga yang sama.

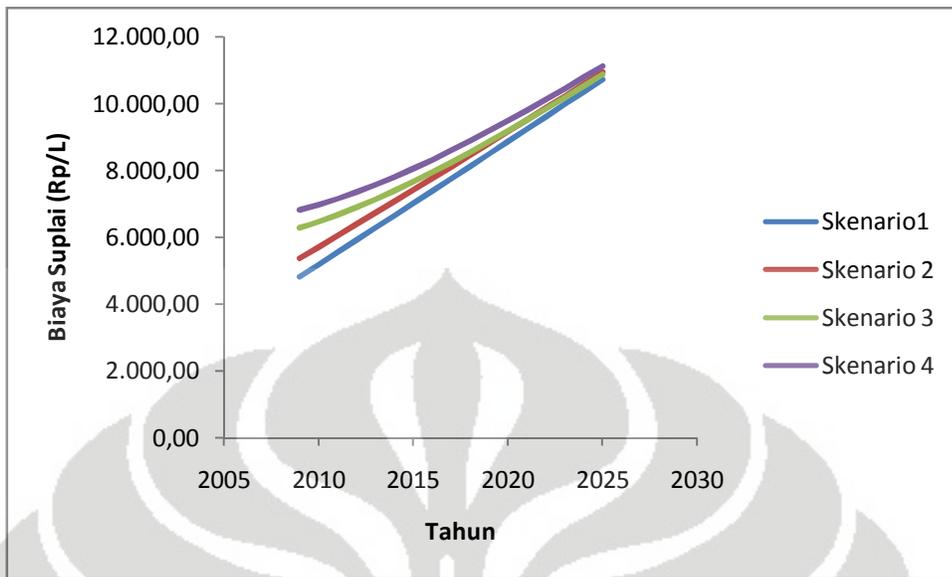


Gambar 4.26 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Bogor

Berdasarkan hasil simulasi, biaya suplai biodiesel semua skenario mempunyai tren yang sama. Biaya suplai terendah untuk suplai biodiesel di kota Bogor adalah skenario biodiesel substitusi dengan rute CPO-biodiesel (CB) dengan komposisi biodiesel 5%

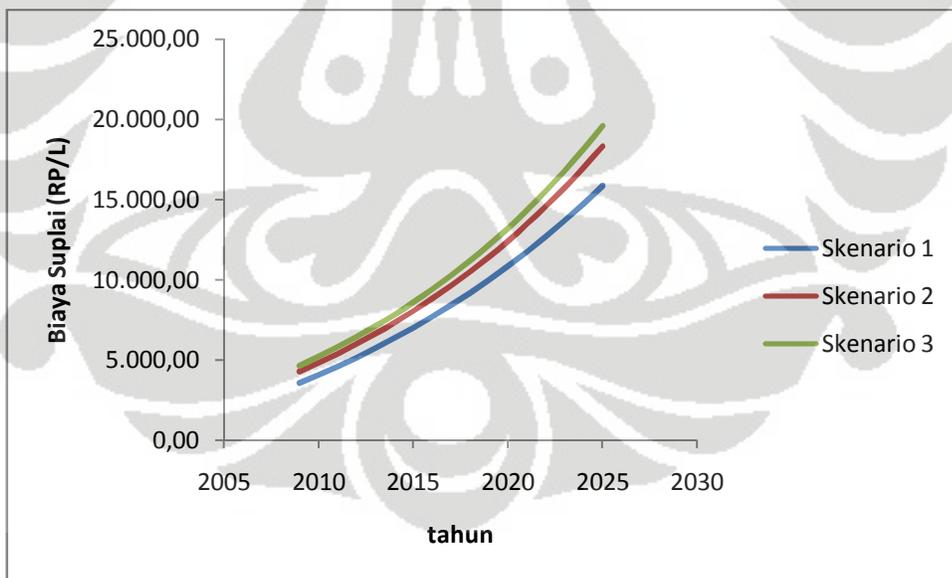
4.7.3 Analisis Biaya Suplai Biogasolin dan Biodiesel Kota Depok

Biaya suplai biogasolin dan biodiesel untuk kota Depok dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.27 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Depok

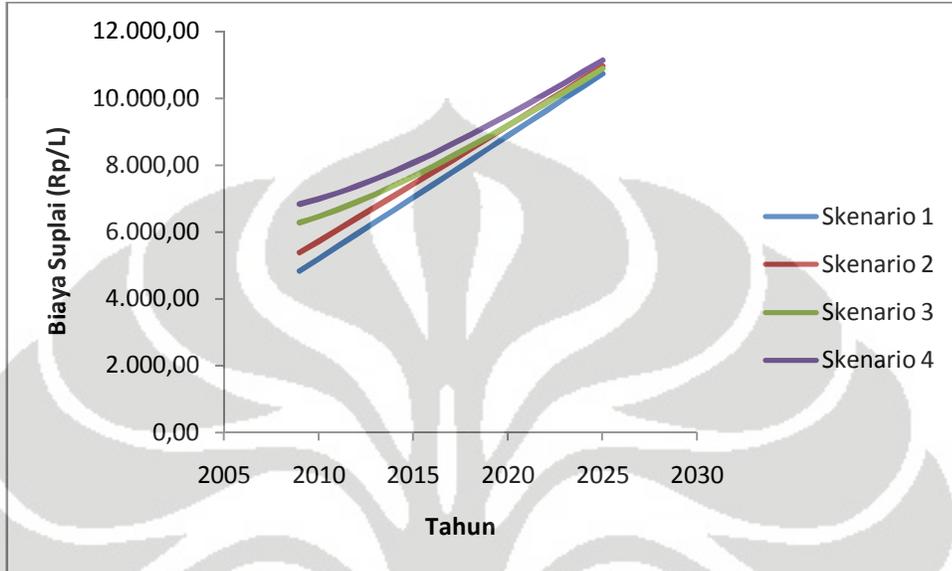
Dari keseluruhan biaya suplai biogasolin di Jabodetabek, biaya suplai kota Depok merupakan yang terbesar. Hal ini dikarenakan volume kebutuhan di kota Depok masih rendah dibanding kota-kota yang lainnya.



Gambar 4.28 Biaya Suplai Biodiesel di Kota Depok

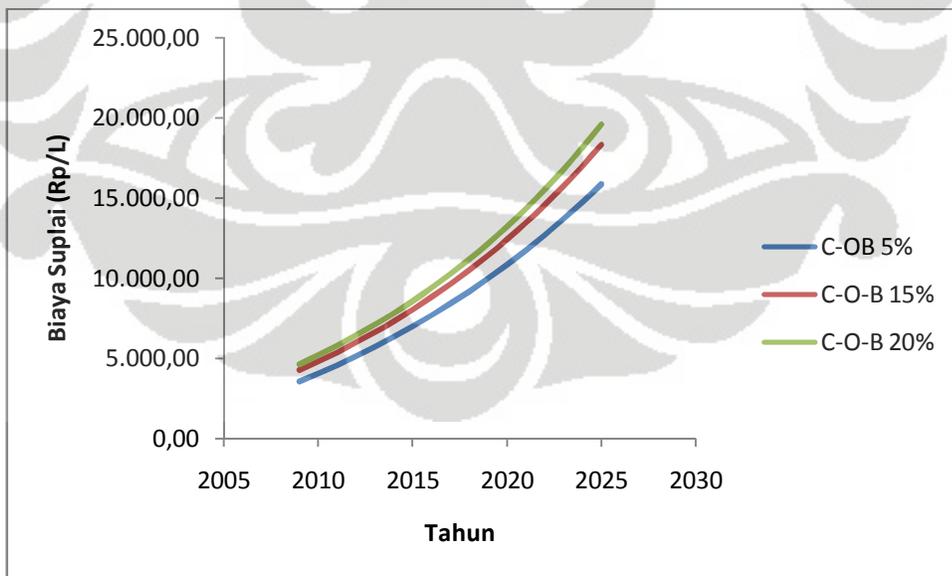
4.7.4 Analisis Biaya Suplai Biogasolin dan Biodiesel Kota Tangerang

Gambar dibawah ini akan menggambarkan biaya suplai biogasolin dan biodiesel di Tangerang.



Gambar 4.29 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Tangerang

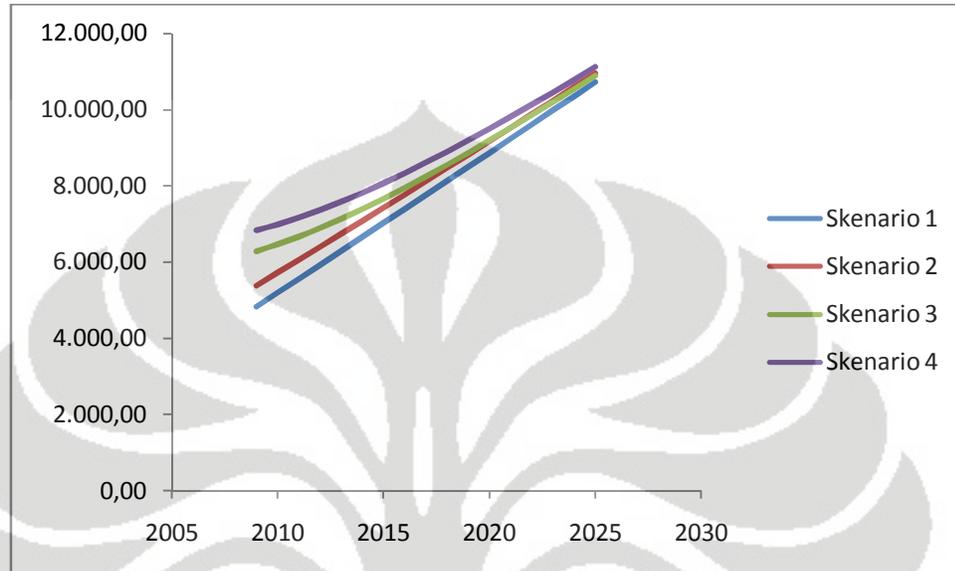
Tren biaya suplai biogasolin di kota Tangerang sama dengan kota-kota lainnya. Biaya suplai terbesar di kota Tangerang pada scenario 1 yaitu sebesar 11136 Rp/L di akhir tahun 2025.



Gambar 4.30 Biaya Suplai Biodiesel di Kota Tangerang

4.7.5 Analisis Biaya Suplai Biogasolin dan Biodiesel Kota Bekasi

Gambar berikut ini akan menggambarkan biaya suplai biogasolin dan biodiesel di kota Bekasi.



Gambar 4.31 Biaya Suplai Biogasolin di Kota Bekasi

Dari gambar diatas, dapat dilihat skenario yang mempunyai biaya suplai paling tinggi adalah pada skenario 1, yaitu sebesar 11129 Rp/L di akhir tahun 2025. Dari gambar-gambar diatas, hamper setiap kota mempunyai tren yang sama dalam hal biaya suplai. Hal ini dikarenakan kota Jabodetabek mempunyai depot penyaluran yang sama yaitu Plumpang sehingga semua biaya hampir sama. Perbedaan hanya terletak pada kebutuhan biogasolin dan biodiesel per tahun, karena setiap kota mempunyai elastisitas yang berbeda satu sama lain.

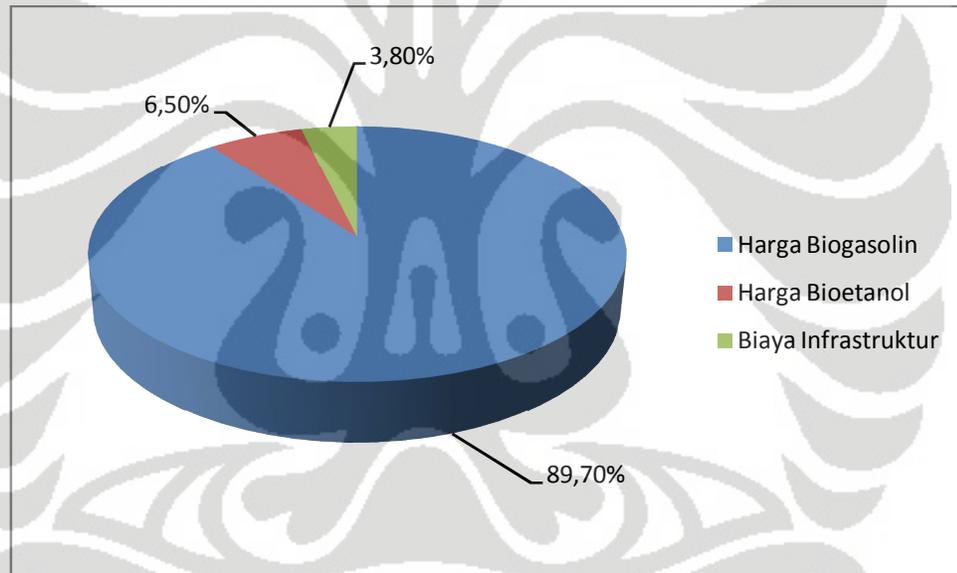
4.8 ANALISIS SENSITIVITAS MODEL

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar suatu variabel atau biaya suatu entitas berpengaruh terhadap keseluruhan biaya rantai suplai. Karena besarnya variabel tersebut mengalami perubahan setiap tahun, maka digunakan basis pada tahun dilakukan penelitian yaitu tahun 2009. Perhitungan

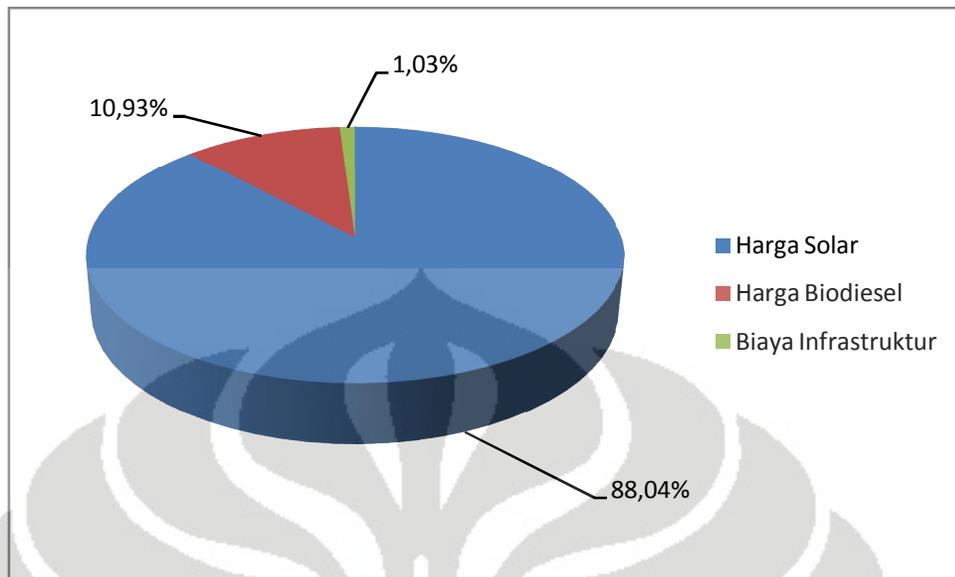
sensitivitas ini dimulai pada nilai awal variabel sebagai basis sampai deviasi sebesar 50% dari nilai awal tersebut. Ada tiga variabel penting yang terdapat pada variabel rantai suplai yang akan dianalisa pada pembahasan kali ini yaitu:

1. Biaya gasolin dan solar
2. Biaya bahan baku bioetanol
3. Biaya penambahan infrastruktur baru (Skenario alternatif)

Hasil perhitungan sensitivitas variabel 1, 2 dan 3 untuk sebagai studi kasus di kota Jakarta pada skenario alternatif biogasolin dan biosolar (adanya penambahan infrastruktur) dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.32. *Breakdown* Biaya Variabel 1, 2, 3 Suplai Biogasolin di Jabodetabek



Gambar 4.33. *Breakdown* Biaya Variabel 1, 2, 3 Suplai Biosolar di Jabodetabek

4.8.1 Pengaruh Biaya Gasolin dan Solar

Dari hasil analisis biaya suplai diatas, dapat diketahui bahwa semua kota mempunyai tren yang sama dalam hal biaya suplai, sehingga dalam menentukan sensitivitas, dilakukan secara kumulatif seluruh Jabodetabek. Gambar 4.28 menunjukkan pengaruh kenaikan harga gasolin terhadap total biaya rantai suplai. Gambar tersebut merupakan contoh pengaruh biaya komponen terhadap biaya rantai suplai secara keseluruhan. Dari gambar tersebut dapat dilihat kenaikan harga gasolin sebesar 10% dapat mempengaruhi biaya rantai suplai sebesar 10 %.

Pengaruh biaya solar terhadap biaya rantai suplai secara keseluruhan mengambil contoh pada rantai suplai biosolar untuk kota Bogor, karena untuk kota Jakarta tidak ada skenario alternatif dalam suplai biodieselnnya. Berdasarkan gambar diatas, solar mempunyai pengaruh seperti gasolin dalam rantai biogasolin yaitu akan mempengaruhi 10% biaya suplai, yang artinya jika harga solar naik 10%, maka biaya suplai akan naik 10%. Diprediksikan harga minyak dunia mengalami kenaikan yang tidak dapat ditebak. Fenomena ini dimulai pada bulan September 2007 dimana terjadi krisis geopolitik di Timur Tengah sehingga menyebabkan harga minyak mentah

mencapai US\$ 140 per barel, sejak saat itu harga minyak terus naik tidak terkendali sampai saat ini.

4.8.2 Biaya Bahan Baku Bioetanol dan Biodiesel

Bahan baku bioetanol pada penelitian ini berasal dari singkong. Berdasarkan Gambar 4.19 dapat dilihat kenaikan harga bahan baku singkong sebesar 10% dapat mempengaruhi biaya rantai suplai sebesar 0,64 %. Pengaruh tersebut dapat terbilang kecil karena komposisi bioetanol pada biogasolin hanya sebesar 5% (Skenario 1 dan 3) atau 20% volume (Skenario 2 dan 4). Kondisi tersebut mungkin akan berubah pada beberapa tahun ke depan. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan FAO harga bahan pangan di dunia akan mengalami kenaikan karena adanya persaingan kebutuhan antara bahan pangan sebagai makanan manusia dengan kebutuhan bahan bakar nabati. Hal lain yang menjadi perhatian utama adalah keamanan pasokan (*security of supply*) dari bahan baku dalam kurun waktu panjang.

Gambar 4.20 menunjukkan pengaruh kenaikan biodiesel 10% akan menaikkan biaya suplai sekitar 1 %. Bahan baku biodiesel pada penelitian ini berasal dari CPO, namun melalui dua rute yaitu dari CPO langsung menjadi biodiesel atau melalui olein terlebih dahulu.

4.8.3 Biaya Penambahan Infrastruktur Baru

Gambar 4.19 dan 4.20 menunjukkan biaya infrastruktur terhadap biaya rantai suplai tergolong kecil, yaitu sebesar 0.38% untuk biogasolin dan 0.1% untuk biosolar. Hal ini karena kebutuhan yang besar pada kedua kota tersebut. Hal ini tidak berbeda jauh dengan kota-kota lainnya di Jabodetabek.

4.9 ANALISA EKONOMI BIOGASOLIN DAN BIODIESEL

Harga jual biogasolin dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 4.6.

$$P = Z + M(10\%) + Tax(10\%) \quad (4.6)$$

Dapat dilihat pada Persamaan 4.6, harga jual biogasolin dan biodiesel (P) terdiri dari biaya rantai suplai (Z), margin keuntungan (M) dan pajak (Tax). Margin

keuntungan (M) sebesar 10% adalah penjumlahan dari keuntungan yang didapat perusahaan sebesar 5% dan keuntungan untuk SPBU (5%). Sedangkan biaya pajak berupa Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10%.

4.9.1 Analisa Harga Biogasolin di Jabodetabek

Dibawah ini diberikan contoh suplai biogasolin hasil perhitungan harga jual biogasolin dengan basis tahun 2009 dapat dilihat pada Tabel 4.13:

Tabel 4. 13 Perbandingan Harga Biogasolin dengan Gasolin (Rp/L)

Kota	Skenario	Biogasolin	Gasolin 92
Jakarta	Skenario 1	5768,4	6300
	Skenario 2	6428,4	6300
	Skenario 3	7516,8	6300
	Skenario 4	8176,8	6300
Bogor	Skenario 1	5820	6300
	Skenario 2	6478,8	6300
	Skenario 3	7567,2	6300
	Skenario 4	8227,2	6300
Depok	Skenario 1	5780,4	6300
	Skenario 2	6440,4	6300
	Skenario 3	7528,8	6300
	Skenario 4	8187,6	6300
Tangerang	Skenario 1	5796	6300
	Skenario 2	6454,8	6300
	Skenario 3	7543,2	6300
	Skenario 4	8203,2	6300
Bekasi	Skenario 1	5788,8	6300
	Skenario 2	6448,8	6300
	Skenario 3	7537,2	6300
	Skenario 4	8197,2	6300

Secara umum penggunaan biogasolin akan memberi pengaruh positif pada kondisi harga minyak yang semakin tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.16 harga jual biogasolin Skenario 1 pada masing-masing kota mempunyai nilai yang ekonomis dibandingkan dengan scenario lainnya, sehingga dapat dijadikan bahan bakar substitusi. Di sisi lain, harga biogasolin untuk Skenario 2, dan 4 dimana

biogasolin dijadikan bahan bakar alternatif pendamping gasolin ternyata tidak kompetitif dibandingkan harga jual gasolin (Oktan 92). Hal ini disebabkan investasi yang besar untuk penambahan tangki timbun dan dispenser baru.

Tabel 4. 17 Perbandingan Harga Biosolar hasil simulasi dengan Biosolar kota(Rp/L)

Skenario Suplai	Biosolar simulasi	Biosolar Pertamina
Substitusi C-O-B 5%	4282,8	4500
Substitusi C-O-B 15%	5154	4500
Substitusi C-O-B 20%	5590,8	4500
Substitusi C-B 5%	4189,2	4500
Substitusi C-B 15%	4875,6	4500
Substitusi C-B 20%	5218,8	4500
Alternatif C-O-B 5%	4336,8	4500
Alternatif C-O-B 15%	5176,8	4500
Alternatif C-O-B 20%	5644,8	4500
Alternatif C-B 5%	4244,4	4500
Alternatif C-B 15%	4929,6	4500
Alternatif C-B 20%	5272,8	4500

Berdasarkan tabel diatas, rata-rata harga solar hasil simulasi dengan komposisi skenario biodiesel 5 %, di setiap kota lebih murah dibandingkan dengan harga biosolar yang dijual Pertamina pada saat sekarang ini. Sedangkan untuk komposisi biodiesel yang lebih tinggi, harga biosolar hasil simulasi tidak kompetitif dengan harga biosolar yang ada dipasaran sekarang ini. Hal ini disebabkan harga bahan baku CPO yang sangat tinggi yaitu sekitar US\$760/ton tahun ini dan akan diprediksi terus meningkat untuk beberapa tahun mendatang. Contoh diatas mengambil studi kasus rantai suplai biosolar di kota Bogor, karena hampir semua kota mempunyai trenyang sama dan harga tidak berbeda jauh pula.

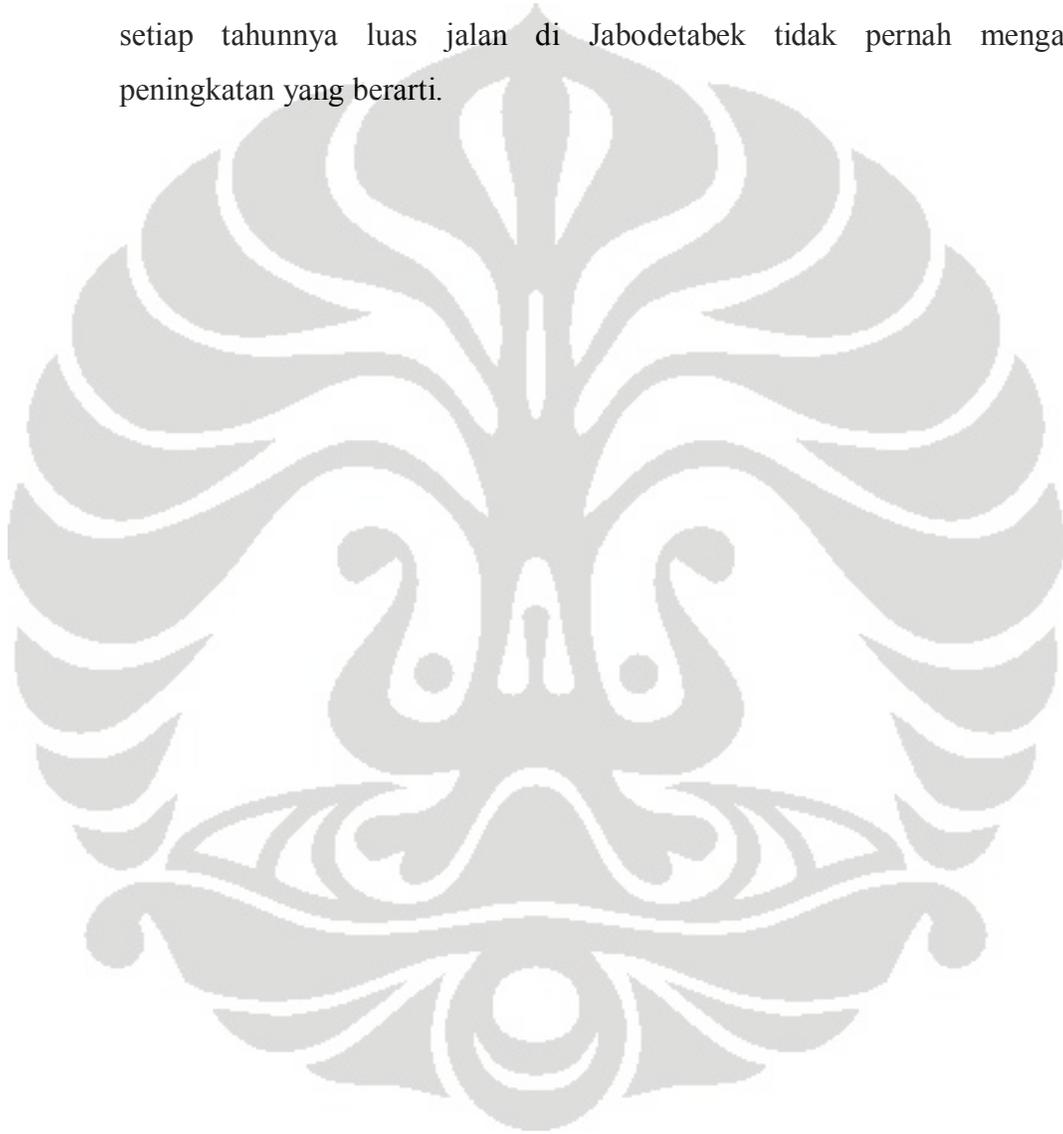
BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang bisa disimpulkan dari pembahasan sebelumnya yaitu:

1. Berdasarkan perhitungan dengan metode ekonometrik, kebutuhan biogasolin di kota Jakarta merupakan yang terbesar untuk wilayah Jabodetabek pada Skenario Substitusi mencapai 335667 kL pada tahun 2025, sementara itu kebutuhan biosolar di kota Tangerang untuk Skenario Alternatif mencapai 146571 KL pada tahun 2025 atau meningkat 97 % dibanding tahun 2009.
2. Biaya suplai terendah untuk biogasolin dan biosolar di tiap-tiap kota adalah scenario substitusi dengan komposisi bioetanol dan biodiesel terendah yaitu 5 %.
3. Tren peningkatan kebutuhan dan biaya suplai untuk masing-masing kota hampir sama.
4. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas biogasolin, harga gasolin adalah komponen biaya yang paling berpengaruh biaya rantai suplai gasolin.
5. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas biosolar, harga solar adalah komponen biaya yang paling berpengaruh biaya rantai suplai solar
6. Penambahan unit blending perlu dilaksanakan pada tahun 2009 untuk seluruh skenario, selain itu Skenario alternatif untuk biogasolin dan biodiesel juga memerlukan penambahan tangki timbun dan dispenser di tahun yang sama.
7. Seluruh infrastruktur mencakup pabrik bioetanol, unit *blending*, kilang minyak dan SPBU dapat memenuhi kebutuhan biogasolin seluruh skenario sampai tahun 2025.
8. Seluruh infrastruktur mencakup pabrik CPO, pabrik olein, pabrik biodiesel, unit *blending*, kilang minyak dan SPBU dapat memenuhi kebutuhan biosolar seluruh skenario sampai tahun 2025.

9. Sebaiknya pemerintah membatasi jumlah kendaraan yang ada di Jabodetabek, misalnya dengan menggunakan sistem transportasi masal, karena dari proyeksi kebutuhan BBM yang dihasilkan dari simulasi menunjukkan jumlah peningkatan kebutuhan BBM yang sangat tinggi. Hal ini menggambarkan jumlah kendaraan yang semakin tinggi di wilayah Jabodetabek, sedangkan setiap tahunnya luas jalan di Jabodetabek tidak pernah mengalami peningkatan yang berarti.



PUSTAKA

- [1] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional
- [2] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. "Blue Print Pengelolaan Energi Nasional" (Jakarta 2005)
- [3] Lemtek Konsultan Indonesia & Energy Management Indonesia, *Laporan Akhir Optimalisasi Pengembangan Infrastruktur Penyediaan dan Pendistribusian BBM* (Jakarta: Maret 2008).
- [4] Sumiarso, Luluk, *The Oil and Gas Industry: Our Challenge (32nd Indonesian Petroleum Association Conference, 2008)*
- [5] Anonim (2007) "*Biopertamax dan Biodiesel*" Diakses pada tanggal 2 Mei 2009. <http://www.pertamina.com>
- [6] Kusumadewi, Andita. "Simulasi Daur Hidup Energi dan Rantai Suplai Biodiesel Untuk Sektor Transportasi di Propinsi DKI Jakarta." Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok: 2008
- [7] Muhammad Kahfie, Rizky. "Perancangan Rantai Suplai Biogasolin Untuk Sektor Transportasi di Propinsi DKI Jakarta." Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok: 2008
- [8] Prakoso, Tirta dkk. *Potensi Biodiesel Indonesia*. Laboratorium Termofluida dan Sistem Utilitas Departemen Teknik Kimia ITB. Bandung. 2007
- [9] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. "Blue Print Pengelolaan Energi Nasional" (Jakarta 2005)
- [10] BPPT. Biodiesel. Diakses dari: <http://ec.bppt.go.id/biodiesel/index.htm> diakses Pada tanggal 12 November 2009
- [11] U.S. Department of Energy - Energy Efficiency and Renewable Energy, Alternative Fuels Data. *Alternative Fuels: Biodiesel*. Diakses dari : <http://www.eere.energy.gov/afdc/altfuel/biodiesel.html>. Pada tanggal 12 November 2009

- [12] Anonim (2007) “*Common Ethanol Fuel Mixtures.*” Diakses pada tanggal 12 November 2009. <http://www.wikipedia.org>
- [13] Anonim (2007), “*Sustainable Biofuel Production and Use Options for Greener Fuel.*” Diakses pada tanggal 12 Mei 2009 <http://www.wisions.net/news/no8.pdf>.
- [14] Anonim (2007), “Pabrik Bioetanol Segera Beroperasi di Jawa Barat.” Diakses pada tanggal 15 November 2009 <http://www.e-bursa.com/berita/index/pageid=655.php>
- [15] Suwondo, *Manajemen Logistik BBM, Kebijakan Stok Nasional. (Prosiding Seminar Pengembangan Wawasan Industri 2007)*
- [16] Miranda, “*Majemen Logistik dan Supply Chain Mangement*” , Harvarindo Jakarta : 2007
- [17] Soerawidajaja, Tatang, *Bahan Bakar Hayati (Prosiding Seminar Pengembangan Wawasan Industri, 2007)*
- [18] Anonim (2008), “*Chemical Engineering Plant Cost Index*” (New York 2008)
- [19] Seider, Warren D. et al. “*Product & Process Design Principles. Synthesis, Analysis and Evaluation.*” Wiley. New York 2004.
- [20] Dewabroto, Wiryanto. “*Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0*”. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. 2003
- [21] Tim BPS, “*Jakarta Dalam Angka*”.(BPS Propinsi DKI Jakarta). 2003-2008
- [22] Boedoyo, M Sidik. ‘*Teknologi Proses Pencampuran Biodiesel Dan Minyak Solar di Indonesia*’ Jakarta : 2008
- [22] Anonim (2009), “Jakarta Hadapi Ancaman "Matot" pada 2011” Diakses pada tanggal 20 Desember 2009 <http://www.kompas.com/otomotif>



LAMPIRAN

Lampiran 1: Lokasi dan alamat SPBU di Jabodetabek

➤ Lokasi dan alamat SPBU di Jakarta

No	Alamat SPBU
1	Jl. Raya Plumpang Semper No. 45, Jakarta Utara
2	Jl. Danau Sunter Selatan Blok 05/10, Jakarta Utara
3	Jl. Yos Sudarso No. 23 Tanjung Priok, Jakarta Utara
4	Jl. Plumpang Semper No. 51, Jakarta Utara
5	Jl. Yos Sudarso Kav. 84, Jakarta Utara
6	Jl. Boulevard Barat Kelapa Gading, Jakarta Utara
7	Jl. Raya Cakung Cilincing, Jakarta Utara
8	Jl. Pegangsaan Dua Kav. 88, Jakarta Utara
9	Jl. Pegangsaan Dua Kav. 88, Jakarta Utara
10	Nirwana Sunter Asri, Jakarta Utara
11	Jl. Tongkol No. 1, Jakarta Utara
12	Jl. Danau Sunter Selatan, Jakarta Utara
13	Jl. Perintis Kemerdekaan, Jakarta Timur
14	Jl. Raya Sunter, Kemayoran - Jakarta Utara
15	Jl. Jend. A. Yani No. 48, Jakarta Timur
16	Jl. Ahmad Yani, Pulomas - Jakarta Timur
17	Jl. Raya Tipar Cakung, Jakarta
18	Jl. Boulevard Timur, Jakarta Timur
19	Jl. Danau Sunter Barat Blok A1, Jakarta Utara
20	Jl. Raya Cakung Cilincing No. 89, Jakarta Utara
21	Jl. Let. Jend. Suprpto, Jakarta Pusat
22	Jl. Jend. A. Yani No. 48, Jakarta
23	Jl. Perintis Kemerdekaan, Jakarta Timur
24	Jl. Kayu Putih Raya, Jakarta Timur
25	Jl. Raya Cilincing No. 42, Jakarta Utara
26	Jl. Kalibaru, Jakarta Utara
27	Jl. Raya Cakung, Jakarta Utara
28	Jl. Perintis Kemerdekaan, Jakarta Utara
29	Jl. Let. Jend. Suprpto, Jakarta Pusat
30	Jl. A. Yani Golf By Pass Rawamangun, Jak Tim
31	Jl. Budi Mulia Raya Pademangan, Jakarta Utara
32	Jl. Laks. RE. Martadinata No. 1, Jakarta Utara
33	Jl. Ahmad Yani 114 A Utan Kayu Utara, JakTim
34	Jl. Pemuda Kav. 3-4 Rawamangun, Jakarta Timur
35	Jl. Raya Bekasi Km. 21 Pulogadung, Jakarta Timur
36	Jl. Industri II Kemayoran, Jakarta Pusat

37	Jl. Pramuka, Jakarta Timur
38	Jl. Pramuka Raya 56 - 57, Jakarta
39	Jl. Pramuka Jakarta
40	Jl. Raya Gunung Sahari No. 76 - 77, Jakarta Pusat
41	Jl. Gunung Sahari, Jakarta
42	Jl. Pangeran Jayakarta, Jakarta Pusat
43	Jl. Jendral Sudirman, Jakarta Selatan
44	Jl. Jend. Sudirman (Semanggi), Jakarta Selatan
45	Jl. Raya Cakung, Jakarta Timur
46	Jl. Taman Kwitang, Jakarta Pusat
47	Jl. Taman Kwitang, Jakarta Pusat
48	Jl. Dr. Wahidin, Jakarta
49	Jl. Raya Bekasi km. 18 No. 60, Jakarta Timur
50	Marina Jaya Ancol, Jakarta Utara
51	Jl. Raya Penggilingan Cakung, Jakarta Timur
52	Jl. Kapuk Raya No. 36 Kapuk Muara, Jakarta Utara
53	Jl. Kampung Bandan No. 31, Jakarta Utara
54	Jl. DI. Panjaitan By Pass Prumpung, Jakarta
55	Jl. Kramat Raya No. 116 Senen, Jakarta Pusat
56	Jl. Batu Ceper No. 91, Jakarta Pusat
57	Jl. Hayam Wuruk, Glodok - Jakarta Barat
58	Jl. Hos Cokroaminoto No. 49, Jakarta Pusat
59	Jl. Hayam Wuruk, Gajah Mada - Jakarta
60	Jl. D.I. Panjaitan Kebon Nanas, Jakarta Timur
61	Jl. D.I. Panjaitan Kav. 25, Jakarta
62	Jl. Basuki Rahmat No. 64, Jakarta Timur
63	Jl. DI. Panjaitan, Jakarta Timur
64	Jl. Bekasi Timur Raya, Jakarta Timur
65	Jl. Gereja Theresia, Jakarta
66	Jl. Raya Tanah Abang Timur, Jakarta
67	Jl. Tanah Abang II No. 6, Jakarta
68	Jl. Sumenep, Jakarta Pusat
69	Jl. Prof. Dr. Supomo 49, Jakarta Selatan
70	Jl. Lapangan Rose Tebet, Jakarta
71	Jl. Raya Pasar minggu Pancoran, Jakarta Selatan
72	Jl. Raya Cipinang Jaya Blok J 142-146 - JakTim
73	Jl. Otto Iskandardinata No. 69, Jakarta
74	Jl. Jembatan Tiga Blok F4-5, Jakarta Barat
75	Jl. Pluit Raya Selatan No. 1, Jakarta Utara
76	Jl. Raya Pulogebang, Jakarta Timur

77	Jl. Raya Bekasi Timur, Klender - Jakarta Timur
78	Jl. Raya Pulogebang, Jakarta Timur
79	Jl. Sentra Primer Pulogebang, Jakarta Timur
80	Jl. Raya Pluit Selatan No. 10, Jakarta Utara
81	Jl. S.Parman, mampang prapatan
82	Jl. I Gusti Ngurah Rai No. 4, Jakarta Timur
83	Jl. Taman Mataram I Kebayoran Baru, Jakarta
84	Jl. Taman Mataram Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
85	Jl. Pakubuwono VI Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
86	Jl. Penjernihan Pejompongan, Jakarta
87	Jl. Tanah Abang Timur, Jakarta Pusat
88	Jl. Tebet Timur Raya - Jakarta Selatan
89	Jl. Raya Tomang No. 54, Jakarta
90	Jl. Inspeksi Kalimalang, Jakarta Timur
91	Jl. Pakubuwono VI Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
92	Jl. Suryo Blok S No. 1, Jakarta Selatan
93	Jl. KS. Tubun No. 67, Jakarta Pusat
94	Jl. Kyai Tapa, Grogol - Jakarta Barat
95	Jl. Raya KS Tubun No. 20, Jakarta Barat
96	Jl. Terusan Warung Buncit, Jakarta Selatan
97	Jl. Warung Buncit Raya, Jakarta Selatan
98	Jl. MT. Haryono Kav. 44, Jakarta Selatan
99	Jl. I Gusti Ngurah Rai, Jakarta Timur
100	Jl. Basuki Rahmat No. 9, Jakarta Timur
101	Jl. Dermaga Muara Angke, Jakarta Utara
102	Jl. Letjen. Sutoyo, Jakarta Timur
103	Jl. Dewi Sartika No. 184, Jakarta Timur
104	Jl. Pahlawan Revolusi Pd. Bambu, Jakarta Timur
105	Jl. Pahlawan Revolusi No. 3, Jakarta Timur
106	Jl. Radin Inten, Jakarta Timur
107	Jl. Raya Condet, Jakarta Timur
108	Jl. Mampang Prapatan, Buncit, Jakarta Selatan
109	Jl. Jend. Gatot Subroto, Jakarta
110	Jl. Raya Pasar Minggu No. 100, Jakarta Selatan
111	Jl. Kamal Raya Cengkareng, Jakarta Barat
112	Jl. Wijaya Keb. Baru, Jakarta Selatan
113	Jl. Tubagus Angke, Jakarta Barat
114	Jl. Raya Tanjung Duren, Jakarta Barat
115	Jl. Raya Kemanggisan, Kebon Jeruk, Jakarta Barat
116	Jl. Kedoya Raya Kec. Kebon Jeruk, Jakarta Barat

117	Jl. Melawai Raya, Jakarta Selatan
118	Jl. Raya Kalimalang Duren Sawit, Jakarta Timur
119	Jl. Radin Inten II Duren Sawit, Jakarta Timur
120	Jl. Radin Inten II Duren Sawit, Jakarta Timur
121	Jl. Jend. Pol. Soekamto No. 26, Jakarta Timur
122	Jl. Kamal Raya Kalideres, Jakarta Barat
123	Tanjung Barat, Pasar Minggu, Jakarta Selatan
124	Jl. Warung Jati Barat No. 24, Jakarta Selatan
125	Jl. Kemang Raya No. 39, Jakarta Selatan
126	Jl. Pangeran Antasari No. 10 A Jakarta Selatan
127	Jl. Pal Merah Barat Keb. Lama, Jakarta Selatan
128	Jl. Raya Condet, Jakarta Timur
129	Jl. Raya Taman Mini Pintu I, Jakarta Timur
130	Jl. Raya Jatiwaringin, Jakarta Timur
131	Jl. Pintu II TMII, Jakarta Timur
132	Jl. Kedoya Raya No. 14, Jakarta Barat
133	Jl. Arteri Kelapa Dua, Jakarta
134	Jl. Panjang Arteri Kelapa Dua, Jakarta Barat
135	Jl. Meruya Ilir, Jakarta Barat
136	Jl. Daan Mogot km. 17,8, Jakarta Barat
137	Jl. Meruya Ilir, Jakarta Barat
138	Jl. Meruya Ilir Raya No. 26, Jakarta Barat
139	Jl. Arteri Ring Road Green Garden, Jakarta Barat
140	Jl. Outering Road No. 6, Jakarta Timur
141	Jl. Pondok Kelapa kav. DKI Blok J/13, JakTim
142	Jl. Lapangan Tembak Cibubur, Jakarta Timur
143	Cibubur (Jalan Trans Yogi)
144	Jl. Kebayoran Lama No. 23 Jakarta Selatan
145	Jl. Raya Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
146	Jl. Kedoya Raya No. 15, Jakarta Barat
147	Jl. Raya Puri Kembangan, Jakarta Barat
148	Jl. Raya Pos Pengumben No. 34, Jakarta Barat
149	Jl. Srengseng Ulujami, Jakarta Barat
150	Lenteng Agung
151	Jl. Bintara Pondok Kopi, Jakarta
152	Jl. Raya Pondok Gede, Jakarta Timur
153	Jl. Raya Pondok Gede, Jakarta Timur
154	Jl. TB. Simatupang, Ciracas, Jakarta Timur
155	Jl. Inspeksi Saluran Timur, Jakarta Timur
156	Jl. Cipulir Raya No. 77 Cileduk, Jakarta Selatan

157	Jl. Raya Ciledug Keb. Lama, Jakarta Selatan
158	Jl. TB. Simatupang Pasar Minggu, Jakarta Selatan
159	Jl. Ampera Raya 16 Cilandak, Jakarta Selatan
160	Jl. Pangeran Antasari No. 100 Cipete, Jakarta
161	Jl. Sultan Iskandar Muda, Jakarta
162	Jl. Lingkar Selatan, TB. Simatupang, Jakarta Selatan
163	Jl. Cilandak KKO - Jakarta Selatan
164	Jl. Raya Lenteng Agung, Jakarta Selatan
165	Jl. Let. Jend. TB. Simatupang, Jakarta Timur
166	Jl. Raya Bogor Km. 24,7 Cijantung, Jakarta Timur
167	Jl. Daan Mogot, Jakarta Barat
168	Jl. Raya Kelapa Dua, Jakarta Barat
169	Jl. Meruya Utara Kav. DKI Blok 7 A/8, Jak-Bar
170	Jl. P. Antasari, Jakarta Selatan
171	Jl. Lingkar Selatan Tanjung Barat - Jakarta Barat
172	Jl. RS. Fatmawati Cipete, Jakarta Selatan
173	Jl. Ciputat Raya, Jakarta Selatan
174	Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta Barat
175	Cilandak Barat, Jakarta Selatan
176	Jl. Pondok Pinang, Jakarta Selatan
177	Jl. Pangeran Antasari 75, Jakarta Selatan
178	Jl. Ciputat Raya, Jakarta Selatan
179	Jl. Bintaro Raya Permai, Jakarta
180	Jl. Raya Tanjung Barat No. 156, Jakarta Selatan
181	Jl. RC. Veteran Bintaro, Jakarta Selatan
182	Jl. Raya Duri Kosambi, Cengkareng - Jakarta Barat
183	Jl. Raya Ciracas No. 107 Ciracas, Jakarta Timur
184	Jl. TB. Simatupang, Cilandak, Jakarta Selatan
185	Jl. Raya Lenteng Agung No. 44, Jakarta Selatan
186	Jl. Pagar Arang Setu No. 47, Jakarta Timur
187	Cilangkap, Jakarta
188	Jl. Raya Metro Pondok Indah, Jakarta Selatan
189	Jl. Arteri P Pinang Keb. Lama, Jakarta Selatan
190	Jl. Raya Ciledug Petukangan Selatan, Jak Sel
191	Jl. Daan Mogot Km. 18 Kalideres, Jakarta Barat
192	Jl. RC. Veteran Bintaro, Jakarta Selatan
193	Jl. Cilandak KKO, Jakarta Selatan
194	Jl. Sejajar Fatmawati Cilandak, Jakarta Selatan
195	Jl. Arteri P Pinang Keb. Lama, Jakarta Selatan
196	Jl. Raya Kodam No. 45, Jakarta Selatan

197	Jl. RC. Veteran, Rempoa Bintaro, Jakarta Selatan
198	Jl. RS. Fatmawati No. 4 Blok A, Jakarta Selatan
199	Jl. Raya Jagakarsa No. 4, Kec. Jagakarsa, Jakarta
200	Jl. Jambore Cibubur, Jakarta Timur
201	Jl. Raya Lenteng Agung No. 62, Jakarta Selatan
202	Jl. Jagakarsa, Jakarta Selatan
203	Jl. Kahfi I No. 21 Cilandak, Jakarta Selatan
204	Jl. Kelapa Dua Wetan, Jakarta Timur
205	Jl. Joglo Raya 2A, Jakarta
206	Jl. Duri Kosambi Bojong, Jakarta Barat
207	Jl. Daan Mogot, Jakarta Barat
208	Jl. Peta Barat No. 3 Kalideres, Jakarta Barat
209	Jl. Moch. Kahfi II, Jakarta Selatan
210	Jl. RS. Fatmawati Pondok Labu, Jakarta Selatan
211	Jl. TB Simatupang, Jakarta Selatan
212	Jl. Raya Bina Marga, Ceger - Jakarta Timur
213	Jl. Lebak Bulus Raya, Jakarta Selatan
214	Jl. Raya Bogor km. 29, Jakarta Timur
215	Jl. Radar Auri Cibubur, Jakarta Timur
216	Jl. R.M. Kahfi II/17 Cipadak, Jakarta Selatan
217	Jl. Moh. Kafi I Ciganjur, Jakarta Selatan
218	Lippo Karawaci
219	Jl. Kamal Raya Cengkareng, Jakarta Barat
220	Jl. Daan Mogot No. 2, Jakarta Barat
221	Jl. Moch. Kahfi I Matoa Ciganjur, Jakarta Selatan

➤ **Lokasi dan alamat SPBU di Bogor**

No	Alamat SPBU
1	JL. RAYA PARUNG NO. 10
2	JL.RAYA PUNCAK KM 74,6
3	JL. RAYA SUKABUMI CARINGIN
4	JL. RAYA PARUNG
5	JL. RAYA GUNUNG SINDUR
6	JL. RAYA PARUNG
7	JL. BARU SALABENDA KM. 10
8	JL PAHLAWAN SENTUL
9	JL. RAYA CISEENG
10	JL RAYA SUDAMANIK
11	JL RAYA PUTAT NUTUG

12	JL. PARUNG SAPI
13	JL. RAYA CIBANTENG CIAMPEA
14	JL. RAYA LEUWILIANG KM. 16
15	JL. RAYA DARMAGA
16	JL KAPTEN YUSUF KOTA BATU
17	JL RAYA SUKABUMI
18	JL. TOL JAGORAWI KM 18
19	JL. RAYA PUNCAK KM.73
20	JL.RAYA TLAJUNG UDIK, RT 01 / 16
21	JL. RAYA JONGGOL NO.17
22	JL RAYA MAYOR OKING
23	JL.RAYA JONGGOL KM 8
24	JL RAYA NAROGONG KM 26 CILEUNGSI BOGOR
25	JL. CARIU-CIANJUR
26	JL. RAYA NAROGONG KM.22,5 KELAPA NUNGGAL BOGOR
27	JL. ALTERNATIF CIBUBUR
28	JL. RAYA CILEUNGSI JONGGOL KM 3
29	JL. RAYA TEGAL PANJANG CARIU - BOGOR
30	JL. RAYA JAKARTA - BOGOR KM. 47,9
31	JL. RAYA GUNUNG PUTRI
32	JL.RAYA CITEUREUP
33	JL. TOL JAGORAWI STA 23,8
34	JL. RAYA BOGOR KM.44
35	JL. RAYA PEMDA CIBINONG
36	JL. RAYA PEMDA
37	JL. RAYA TANJUNG UDIK NO. 382
38	JL. RAYA PARUNG KOMP. PARUNG HIJAU RAUNG NO. RT 3/3
39	JL. BARU DEPAN TERMINAL BUBULAK
40	JL. RAYA SEMPLAK CEMPLANG
41	JL. RAYA TAJUR NO. 106
42	JL. KANDANG RODA SENTUL
43	JL. JAKARTA - BOGOR KM 48
44	JL. DOKTER SEMERU NO.67
45	JL. BARU
46	JL.RAYA PAJAJARAN NO.127
47	JL. RAYA LOJI SINDANG BARANG NO 163
48	JL. KEDUNG HALANG NO 174
49	JL. RAYA TAJUR NO 243
50	JL. DADALI NO. 86
51	JL. SILIWANGI NO.90

52	JL. PAJAJARAN
53	JL.RAYA KEDUNG HALANG NO.14

➤ **Lokasi dan alamat SPBU di Depok**

No	Alamat SPBU
1	JL. RAYA CIPAYUNG PONDOK RAJEG NO.30
2	JL. RAYA JAKARTA BOGOR KM.40,4
3	MARGONDA NO: 328
4	SILIWANGI NO. 10
5	RAYA JAKARTA BOGOR NO KM 37
6	JL.MARGONDA NO.206
7	JL. RAYA SAWANGAN NO. 1
8	JL. CIPUTAT SAWANGAN KM 31,2
9	JL. RAYA SAWANGAN
10	JL.JATI INDAH RAYA CINERE
11	JL. CINERE RAYA NO.12B
12	AKSES UI KELAPA DUA BARU
13	JL. RAYA BOGOR KM. 33
14	JL. AKSES UI

➤ **Lokasi dan alamat SPBU di Tangerang**

No	Alamat SPBU
1	JL. MOH. TOHA KM 2,5
2	JL.CEGER RAYA NO. 2
3	JL.RAYA.SALEMBARAN TELUK NAGA
4	JL.RY SERPONG /100
5	JL.RAYA SERPONG
6	JL.RAYA SERPONG
7	JL.RAYA CISAUK
8	JL. RAYA SERPONG BLOK 405 KAV. 1 SEKTOR VII
9	JL. RAYA LEGOK
10	RAYA PUSPITEK
11	JL. RAYA CIATER
12	JL. RAYA CIPUTAT
13	JL. CIREUNDEU RAYA
14	JL. PAMULANG RY NO. 5
15	JL. CIRENDEU RAYA NO. 03
16	JL. IR JUANDA NO. 70

17	JL. ARIA PUTRA NO.58
18	JL. SETIA BUDI
19	JL. MERPATI RAYA
20	JL. RAYA CINANGKA WATES NO. 32
21	JL.RAYA PASAR JUMAT
22	JL.CABE RAYA/1001
23	JL. RAYA MAUK KM 11
24	JL.RAYA PASAR KEMIS
25	JL RAYA MAUK KM 17
26	RAYA PAKU HAJI CITUIS
27	RAJEG PASAR KEMIS KM 4
28	JL. RAYA KRESEK
29	JL.RY.SERANG, TANGERANG KM 33
30	JL.RAYA SERANG KM 13,9
31	JL. DESA BOJONG JL. RAYA SERANG KM 17
32	JL.RAYA SERANG KM. 35
33	KADU AGUNG
34	JL. PASAR KEMIS II
35	JL. RAYA SERANG KM 22 KAWIDARAAN
36	JL. RAYA SERANG KM.13
37	JL.RAYA LEGOK NO 54 - KARAWACI
38	JL. RAYA PLP CURUG
39	JL. RAYA SERANG KM. 25
40	JL. RAYA BINTARO SEKTOR 9
41	JL. RAYA CURUG KM.16
42	JL. RAYA KELAPA DUA
43	JL. RAYA SERANG
44	JL. PONDOK CABE RAYA NO. 1001
45	JL. SUTOPO NO. 2
46	JL. CIATER RAWA BUNTU BSD

➤ **Lokasi dan alamat SPBU di Bekasi**

No	Alamat SPBU
1	TOL JAKARTA-CIKAMPEK KM19
2	JL.RAYA JATIMAKMUR
3	JL. WIBAWA MUKTI II

4	JL DIPONEGORO 17
5	JL GATOT SUBROTO
6	JL. IMAM BONJOL
7	JL. RAYA TAMBUN
8	JL FATAHILAH NO.56
9	JL. RAYA LEMAH ABANG
10	JL CIBARUSAH
11	JL TEUKU UMAR NO.2
12	JL.SUMATRA, KAWASAN INDUSTRI MM 2100
13	JL CIKARANG CIBARUSAH
14	JL.INSPEKSI KALI MALANG
15	JL RAYA SETU
16	JL. MUSTIKA RAYA
17	JL MANGUN JAYA
18	JL RAYA NAROGONG KM 12
19	JL.KALI MALANG
20	JL.IR.H.JUANDA NO.100
21	JL. CUTMUTIAH NO.48
22	JL. RAYA SULTAN AGUNG KM 27
23	JL. CUT MUTIAH
24	JL RAYA KEMANG
25	JL. RAYA BINTARA
26	JL.RAYA JENDRAL SUDIRMAN
27	JL. RAYA JOYOMARTONO
28	JL.KALIABANG BUNGUR
29	JL. RAYA PEKAYON
30	JL HARAPAN INDAH
31	JL. CUT MUTIA RAYA
32	JL. RAYA PATRIOT
33	JL. RAYA IMAM BONJOL
34	MANGUN JAYA II
35	JL. SULTAN AGUNG
36	JL. JATI MAKMUR RAYA
37	JL. RAYA HARAPAN INDAH
38	JL. CUT MEUTIA
39	JL. PATRIOT
40	JL.RAYA KEMANG SARI
41	JL. SUDIRMAN NO.2A
42	JL.RAYA PEKAYON
43	JL. JATI MAKMUR

44	JL. RAYA BANTAR GEBANG
45	JL. RAYA NAROGONG KM 7
46	JL. BINTARA JAYA
47	JL. RAYA LEMAH ABANG
48	JL RAYA FATAHILAH
49	JL.RAYA NAROGONG KM 4
50	JL GATOT SIBROTÒ
51	JL RAYA BEKASI KM 41
52	JL SILIWANGI
53	JL RAYA JATI MAKMUR
54	JL. GATOT SUBROTO
55	JL. RAYA INDUSTRI CIKARANG
56	RAYA AKSES TOL CIBITUNG
57	JL TOL ARTERI CIBITUNG
58	JL. FATAHILAH NO. 59
59	JL.RAYA JATIMAKMUR
60	JL.RAYA LEMAH ABANG
61	JL. RAYA PINTU TOL CIBITUNG
62	DS.SIMPANGAN KEC.CIKARANG UTARA
63	JL. TEUKU UMAR NO. 27
64	KAWASAN MM2100 CIBITUNG
65	JL.RAYA CIKARANG CIBARUSAH
66	JL. INSPEKSI KALIMALANG
67	JL. RAYA SETU CIBITUNG
68	JL. LEGENDA TAMBUN BEKASI
69	MANGUNJAYA 2

Lampiran 2: Proyeksi Kebutuhan Biogasolin di Jabodetabek

- Skenario Substitusi dalam satuan KL

Tahun	Kota				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	37236	2050	1005	3308	2650
2010	39770	2154	1073	3476	2830
2011	42476	2263	1146	3652	3022
2012	45367	2378	1224	3837	3228
2013	48454	2498	1308	4031	3448

2014	51751	2625	1397	4235	3682
2015	55273	2757	1492	4450	3933
2016	59034	2897	1593	4675	4201
2017	63051	3044	1702	4912	4486
2018	67342	3198	1817	5161	4792
2019	71924	3360	1941	5422	5118
2020	76819	3530	2073	5697	5466
2021	82046	3709	2214	5985	5838
2022	87629	3897	2365	6289	6235
2023	93593	4094	2526	6607	6660
2024	99961	4302	2698	6942	7113
2025	106764	4519	2881	7293	7597

- **Skenario Alternatif dalam satuan KL**

Tahun	Kota				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	10493	8,405	10470	35	2219
2010	11207	8,831	11650	38	2482
2011	11969	9,278	12963	42	2776
2012	12784	9,748	14424	46	3105
2013	13654	10,242	16050	50	3472
2014	14583	10,761	17858	55	3884
2015	15575	11,306	19871	60	4344
2016	16635	11,879	22110	65	4858
2017	17767	12,481	24602	71	5433
2018	18976	13,113	27375	78	6077
2019	20267	13,777	30460	85	6797
2020	21646	14,475	33892	93	7602
2021	23119	15,208	37712	102	8502
2022	24693	15,978	41962	111	9509
2023	26373	16,787	46691	122	10636
2024	28168	17,637	51952	133	11895
2025	30084	18,53	57807	146	13304

Lampiran 3: Proyeksi Kebutuhan Biosolar di Jabodetabek

- **Skenario Substitusi dalam satuan KL**

Tahun	Kota			
	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi

2009	15672	29665	25595	8745
2010	15814	30393	26708	9337
2011	15956	31140	27870	9969
2012	16100	31905	29083	10644
2013	16246	32688	30348	11365
2014	16392	33491	31668	12134
2015	16540	34314	33045	12955
2016	16689	35157	34483	13832
2017	16840	36020	35983	14769
2018	16992	36905	37548	15769
2019	17145	37811	39181	16836
2020	17300	38740	40886	17976
2021	17456	39692	42664	19193
2022	17614	40667	44520	20492
2023	17773	41665	46457	21880
2024	17933	42689	48478	23361
2025	18095	43737	50586	24943

- **Skenario Alternatif dalam satuan KL**

Tahun	Kota			
	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	32210	10360	53577	14361
2010	32501	10615	55908	15483
2011	32794	10876	58340	16693
2012	33090	11143	60878	17997
2013	33389	11416	63526	19403
2014	33690	11697	66289	20919
2015	33994	11984	69173	22554
2016	34301	12278	72182	24316
2017	34610	12580	75322	26216
2018	34923	12889	78598	28265
2019	35238	13206	82018	30473
2020	35556	13530	85585	32854
2021	35877	13862	89308	35422
2022	36201	14203	93193	38189
2023	36527	14552	97247	41173
2024	36857	14909	101477	44391
2025	37190	15275	105892	47859

Lampiran 4: Biaya Blending Jabodetabek

- Skenario Substitusi Biogasolin (Rp/L)

Tahun	Skenario Substitusi				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	6,4	116,1	236,8	71,9	89,8
2010	6	110,5	221,7	68,5	84,1
2011	5,6	105,1	207,6	65,2	78,7
2012	5,2	100,1	194,3	62	73,7
2013	4,9	95,3	182	59	69
2014	4,6	90,7	170,4	56,2	64,6
2015	4,3	86,3	159,5	53,5	60,5
2016	4	82,1	149,3	50,9	56,6
2017	3,8	78,2	139,8	48,4	53
2018	3,5	74,4	130,9	46,1	49,7
2019	3,3	70,8	122,6	43,9	46,5
2020	3,1	67,4	114,8	41,8	43,5
2021	2,9	64,2	107,5	39,8	40,8
2022	2,7	61,1	100,6	37,8	38,2
2023	2,5	58,1	94,2	36	35,7
2024	2,4	55,3	88,2	34,3	33,5
2025	2,2	52,6	82,6	32,6	31,3

- Skenario Alternatif Biogasolin (Rp/L)

Tahun	Skenario Alternatif				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	22,68	116,1	22,7	71,9	107,2
2010	21,23	110,5	20,4	68,5	95,9
2011	19,88	105,1	18,4	65,2	85,7
2012	18,61	100,1	16,5	62	76,6
2013	17,43	95,3	14,8	59	68,5
2014	16,32	90,7	13,3	56,2	61,3
2015	15,28	86,3	12	53,5	54,8
2016	14,3	82,1	10,8	50,9	49
2017	13,39	78,2	9,7	48,4	43,8
2018	12,54	74,4	8,7	46,1	39,2
2019	11,74	70,8	7,8	43,9	35

2020	10,99	67,4	7	41,8	31,3
2021	10,29	64,2	6,3	39,8	28
2022	9,64	61,1	5,7	37,8	25
2023	9,02	58,1	5,1	36	22,4
2024	8,45	55,3	4,6	34,3	20
2025	7,91	52,6	4,1	32,6	17,9

- **Skenario Substitusi Biosolar (Rp/L)**

Tahun	Skenario Substitusi				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	0,0638	13,8	7,3	8,5	24,79
2010	0,0625	13,7	7,1	8,1	23,22
2011	0,0613	13,6	69,6	7,8	21,74
2012	0,0601	13,5	6,8	7,5	20,37
2013	0,0589	13,3	6,6	7,1	19,07
2014	0,0577	13,2	6,5	6,8	17,86
2015	0,0565	13,1	6,3	6,6	16,73
2016	0,0554	13	6,2	6,3	15,67
2017	0,0543	12,9	6	6	14,68
2018	0,0532	12,8	5,9	5,8	13,75
2019	0,0522	12,6	5,7	5,5	12,88
2020	0,0511	12,5	5,6	5,3	12,06
2021	0,0501	12,4	5,5	5,1	11,29
2022	0,0491	12,3	5,3	4,9	10,58
2023	0,0481	12,2	5,2	4,7	9,91
2024	0,0472	12,1	5,1	4,5	9,28
2025	0,0462	12	5	4,3	8,69

- **Skenario Alternatif Biosolar (Rp/L)**

Tahun	Skenario Alternatif				
	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	0	6,7	20,9	4,05	15,09
2010	0	6,7	20,4	3,88	14
2011	0	6,6	19,9	3,72	12,99
2012	0	6,6	19,5	3,56	12,04
2013	0	6,5	19	3,41	11,17
2014	0	6,4	18,5	3,27	10,36
2015	0	6,4	18,1	3,13	9,61

2016	0	6,3	17,7	3	8,91
2017	0	6,3	17,2	2,88	8,27
2018	0	6,2	16,8	2,76	7,67
2019	0	6,2	16,4	2,64	7,11
2020	0	6,1	16	2,53	6,6
2021	0	6	15,6	2,43	6,12
2022	0	6	15,3	2,33	5,68
2023	0	5,9	14,9	2,23	5,26
2024	0	5,9	14,5	2,14	4,88
2025	0	5,8	14,2	2,05	4,53

Lampiran 5: Biaya Infrastruktur Jabodetabek

- **Biogasolin (Rp/L)**

Tahun	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	418,11	824,14	42,62	443,24	664,86
2010	391,47	784,41	38,31	421,88	632,81
2011	366,53	746,6	34,43	401,54	602,31
2012	343,17	710,61	30,94	382,18	573,27
2013	321,31	676,35	27,81	363,76	545,63
2014	300,84	643,74	24,99	346,22	519,33
2015	281,67	612,71	22,46	329,53	494,29
2016	263,72	583,17	20,18	313,64	470,47
2017	246,92	555,06	18,14	298,52	447,79
2018	231,19	528,3	16,3	284,13	426,2
2019	216,46	502,83	14,65	270,43	405,65
2020	202,67	478,59	13,17	257,4	386,1
2021	189,76	455,52	11,83	244,99	367,48
2022	177,67	433,56	10,64	233,18	349,77
2023	166,35	412,66	9,56	221,94	332,91
2024	155,75	392,77	8,59	211,24	316,86
2025	145,82	373,83	7,72	201,05	301,58

- **Biosolar (Rp/L)**

Tahun	Jakarta	Bogor	Depok	Tangerang	Bekasi
2009	0	52,45	43,08	27,37	153,16
2010	0	51,98	42,04	26,23	142,06
2011	0	51,52	41,04	25,13	131,77
2012	0	51,06	40,05	24,09	122,22

2013	0	50,6	39,09	23,08	113,36
2014	0	50,15	38,15	22,12	105,14
2015	0	49,7	37,24	21,2	97,52
2016	0	49,26	36,35	20,31	90,46
2017	0	48,82	35,48	19,47	83,9
2018	0	48,38	34,63	18,66	77,82
2019	0	47,95	33,8	17,88	72,18
2020	0	47,52	32,99	17,13	66,95
2021	0	47,09	32,19	16,42	62,1
2022	0	46,67	31,42	15,73	57,6
2023	0	46,25	30,67	15,08	53,42
2024	0	45,84	29,93	14,45	49,55
2025	0	45,43	29,22	13,85	45,96

Lampiran 6: Jarak dan lokasi pabrik CPO, Olein dan Biodiesel

• **Rute pabrik CPO-Biodiesel**

CPO	Biodiesel	Jarak (KM)
Sumatera Utara	Tangerang	1230
Riau	Tangerang	874
Sumatera Selatan	Tangerang	310
Jawa Barat	Tangerang	127
Kalimantan Timur	Tangerang	1341
Kalimantan Barat	Tangerang	806
Kalimantan Tengah	Tangerang	898
Papua	Tangerang	3383
Sumatera Utara	Serang	1186
Riau	Serang	862
Sumatera Selatan	Serang	321
Jawa Barat	Serang	188
Kalimantan Timur	Serang	1374
Kalimantan Barat	Serang	835
Kalimantan Tengah	Serang	931
Papua	Serang	3426
Sumatera Utara	Marunda	1995
Riau	Marunda	1426
Sumatera Selatan	Marunda	541
Jawa Barat	Marunda	235
Kalimantan Timur	Marunda	2109
Kalimantan Barat	Marunda	1266
Kalimantan Tengah	Marunda	1410
Papua	Marunda	550
Sumatera Utara	Bekasi	1261
Riau	Bekasi	918

Sumatera Selatan	Bekasi	332
Jawa Barat	Bekasi	95
Kalimantan Timur	Bekasi	1308
Kalimantan Barat	Bekasi	789
Kalimantan Tengah	Bekasi	872
Papua	Bekasi	3346
Sumatera Utara	Bogor	1279
Riau	Bogor	928
Sumatera Selatan	Bogor	374
Jawa Barat	Bogor	100
Kalimantan Timur	Bogor	1349
Kalimantan Barat	Bogor	835
Kalimantan Tengah	Bogor	909
Papua	Bogor	3372
Sumatera Utara	Serang	1186
Riau	Serang	862
Sumatera Selatan	Serang	321
Jawa Barat	Serang	188
Kalimantan Timur	Serang	1374
Kalimantan Barat	Serang	835
Kalimantan Tengah	Serang	931
Papua	Serang	3426

- **Rute pabrik CPO-Olein**

Pabrik CPO	Pabrik Olein	Jarak (KM)
Sumatera Utara	Marunda	1193
Riau	Marunda	837
Sumatera Selatan	Marunda	273
Jawa Barat	Marunda	90
Kalimantan Timur	Marunda	1304
Kalimantan Barat	Marunda	769
Kalimantan Tengah	Marunda	861
Papua	Marunda	3346
Sumatera Utara	Pedurenan	1207
Riau	Pedurenan	851
Sumatera Selatan	Pedurenan	287
Jawa Barat	Pedurenan	104
Kalimantan Timur	Pedurenan	1318
Kalimantan Barat	Pedurenan	783
Kalimantan Tengah	Pedurenan	875
Papua	Pedurenan	3360
Sumatera Utara	Bandengan	1206
Riau	Bandengan	850
Sumatera Selatan	Bandengan	286
Jawa Barat	Bandengan	103

Kalimantan Timur	Bandengan	1317
Kalimantan Barat	Bandengan	782
Kalimantan Tengah	Bandengan	874
Papua	Bandengan	3359
Sumatera Utara	Medan	158
Riau	Medan	514
Sumatera Selatan	Medan	1078
Jawa Barat	Medan	1261
Kalimantan Timur	Medan	2729
Kalimantan Barat	Medan	2194
Kalimantan Tengah	Medan	2286
Papua	Medan	4771
Sumatera Utara	Bekasi	1187
Riau	Bekasi	831
Sumatera Selatan	Bekasi	267
Jawa Barat	Bekasi	84
Kalimantan Timur	Bekasi	1298
Kalimantan Barat	Bekasi	763
Kalimantan Tengah	Bekasi	855
Papua	Bekasi	3340
Sumatera Utara	Pulogadung	1194
Riau	Pulogadung	838
Sumatera Selatan	Pulogadung	274
Jawa Barat	Pulogadung	91
Kalimantan Timur	Pulogadung	1305
Kalimantan Barat	Pulogadung	770
Kalimantan Tengah	Pulogadung	862
Papua	Pulogadung	3347
Sumatera Utara	Narogong	1186
Riau	Narogong	830
Sumatera Selatan	Narogong	266
Jawa Barat	Narogong	83
Kalimantan Timur	Narogong	1297
Kalimantan Barat	Narogong	762
Kalimantan Tengah	Narogong	854
Papua	Narogong	3339

- **Rute pabrik Olein-Biodiesel**

Pabrik Olein	Pabrik Biodiesel	Jarak
Marunda	Tangerang	37
Pedurenan	Tangerang	23
Bandengan	Tangerang	24
Medan	Tangerang	1388
Bekasi	Tangerang	43
Pulogadung	Tangerang	36

Narogong	Tangerang	44
Marunda	Serang	84
Pedurenan	Serang	70
Bandengan	Serang	65
Medan	Serang	1356
Bekasi	Serang	91
Pulogadung	Serang	73
Narogong	Serang	93
Marunda	Marunda	1
Pedurenan	Marunda	25
Bandengan	Marunda	23
Medan	Marunda	1367
Bekasi	Marunda	19
Pulogadung	Marunda	17,5
Narogong	Marunda	21
Marunda	Bekasi	19
Pedurenan	Bekasi	24
Bandengan	Bekasi	37
Medan	Bekasi	1389
Bekasi	Bekasi	1
Pulogadung	Bekasi	18
Narogong	Bekasi	2
Marunda	Bogor	30
Pedurenan	Bogor	42
Bandengan	Bogor	49
Medan	Bogor	1441
Bekasi	Bogor	47
Pulogadung	Bogor	57
Narogong	Bogor	45
Marunda	Serang	84
Pedurenan	Serang	70
Bandengan	Serang	65
Medan	Serang	1356
Bekasi	Serang	91
Pulogadung	Serang	73
Narogong	Serang	93

Lampiran 7. Chemical Engineering Cost Index

Tahun	CE Index	Tahun	CE Index
1990	357,6	2000	394,1
1991	361,3	2001	394,3
1992	358,2	2002	395,6
1993	359,2	2003	401,7
1994	368,1	2004	444,2
1995	381,1	2005	468,2
1996	381,7	2006	499,6

1997	386,5	2007	525
1998	389,5	2008	548,2
1999	390,6	2009	551

