



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS141501

MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN RASIO PEMENUHAN DAN EFISIENSI PADA MANAJEMEN RANTAI PASOK BIODIESEL NASIONAL

DYNAMIC MODELLING SYSTEMS TO INCREASE EFFICIENCY AND FULFILLMENT RATIO OF BIODIESEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN INDONESIA

ASHMA HANIFAH SHALIHAH
NRP 5213 100 076

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

TUGAS AKHIR - KS141501

**MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK
MENINGKATKAN RASIO PEMENUHAN DAN
EFISIENSI PADA MANAJEMEN RANTAI PASOK
BODIESEL NASIONAL**

ASHMA HANIFAH SHALIHAH
NRP 5213 100 076

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

UNDERGRADUATE THESES - KS141501

***DYNAMIC MODELLING SYSTEMS TO INCREASE
EFFICIENCY AND FULFILLMENT RATIO OF
BIODIESEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN
INDONESIA***

ASHMA HANIFAH SHALIHAH
NRP 5213 100 076

Supervisor
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

INFORMATION SYSTEMS DEPARTMENT
Information Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK
MENINGKATKAN RASIO PEMENUHAN DAN
EFISIENSI PADA MANAJEMEN RANTAI PASOK
BIODIESEL NASIONAL

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ASHMA HANIFAH SHALIHAH
NRP. 5213100076

Surabaya, 13 Juni 2017

KETUA
JURUSAN SISTEM INFORMASI

Dr. Ir. Aris Triyanto, M.Kom
NID. 196503101991021001



LEMBAR PERSETUJUAN

MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN RASIO PEMENUHAN DAN EFISIENSI PADA MANAJEMEN RANTAI PASOK BIODIESEL NASIONAL

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ASHMA HANIFAH SHALIHAH

NRP. 5213100076

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian: 22 Juni 2017

Periode Wisuda : September 2017

Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.


(Pembimbing I)

Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc., Ph.D


(Penguji I)

Rully Agus Hendrawan, S.Kom, M.Eng.


(Penguji II)

MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN RASIO PEMENUHAN DAN EFISIENSI PADA MANAJEMEN RANTAI PASOK BIODIESEL NASIONAL

Nama Mahasiswa : Ashma Hanifah Shalihah

NRP : 5213100076

Jurusan : Sistem Informasi FTIF-ITS

Pembimbing I : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Permasalahan energi dan lingkungan telah menjadi isu global diseluruh dunia, termasuk di Indonesia. Meningkatnya standar hidup mengakibatkan adanya peningkatan terhadap kebutuhan energi nasional yang khususnya didominasi oleh sektor transportasi. Untuk membatasi penggunaan BBM di Indonesia, pemerintah telah mengeluarkan kebijakan untuk menggunakan bahan bakar alternatif, yaitu biodiesel sebagai bahan campuran terhadap BBM. Saat ini, kondisi pemanfaatan biodiesel dalam negeri masih sangat kecil dan memiliki peluang untuk dioptimalkan. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya realisasi pemanfaatan biodiesel yang masih dibawah angka target mandatori. Salah satu hambatan yang dialami, adalah adanya kendala dalam pasokan bahan baku biodiesel, yaitu kelapa sawit. Biaya logistik juga menjadi penghambat ketersediaan dan keterjangkauan Bahan Bakar Nabati (BBN) tersebut, sehingga kini daya saing industri BBN masih dikalahkan oleh BBM. Dengan kondisi seperti itu, dibutuhkan manajemen rantai pasok yang lebih efektif dan

efisien dengan fokus memenuhi ketersediaan biodiesel yang terjangkau, serta mengetahui faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhinya. Penelitian ini akan menggunakan metode pemodelan dengan tehnik simulasi sebagai sarana berbasis untuk memahami sistem dalam manajemen rantai pasok, dan mengambil studi kasus industri biodiesel secara global. Pemodelan dibuat dengan tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah analisis model sistem. Tahap kedua adalah pembuatan diagram kausatik, dan tahap ketiga adalah mensimulasikan kondisi eksisting rantai pasok beserta rancangan skenarionya hingga tahun 2032. Hasil dari penelitian ini, dari skenario model yang dilakukan pengembangan model rantai pasok biodiesel mampu meningkatkan rasio pemenuhan sebesar 13% dan mengurangi persentase atau efisiensi biaya logistik sebesar 15,7%.

Kata kunci : biodiesel, model, manajemen rantai pasok, simulasi, sistem dinamik, rasio pemenuhan, efisien.

DYNAMIC MODELLING SYSTEMS TO INCREASE EFFICIENCY AND FULFILLMENT RATE OF BIODIESEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN INDONESIA

Student Name : Ashma Hanifah Shalihah
NRP : 5213100076
Major : Information Systems FTIF-ITS
Supervisor I : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

Energy and environmental issues have become a global issue around the world, including in Indonesia. living standards rise, resulting in increased national energy demand is mainly dominated by the transport sector. To limit the use of fuel in Indonesia, the government has issued a policy for the use of alternative fuels, ie biodiesel as the fuel mixture. Currently, the use of biodiesel in the country is still very small and have a chance to be optimized. This is demonstrated by the low realization of the use of biodiesel is still below the required target figure. One such constraints, are constraints in the supply of biodiesel raw materials, namely oil palm. Logistics costs also become an obstacle to the availability and affordability of Biofuel (BBN), so now the competitiveness of the biofuel industry is still defeated by BBM. With such conditions, it takes supply chain management more effective and efficient with a focus on meeting the affordable availability of biodiesel, and to determine the factors that can influence it.

This study used modeling method with simulation technique as a tool to understand system in supply chain management of biodiesel's development, globally. Modeling is done with three main stages. The first stage is the analysis of the system model. The second stage is the creation of the causatic diagram, and the third step is to simulate the conditions of the existing supply chain trying to try scenarios until 2032. The results of this study, from the model scenario, the development of biodiesel supply chain model can increase the fulfillment ratio by 13% and reduce the logistics cost by 15.7%.

Keywords : *biodiesel (biofuel), model, supply chain management, simulation, dynamic systems, fulfillment rate, efficient.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan hikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul

“Model Sistem Dinamik untuk Meningkatkan Rasio Pemenuhan dan Efisiensi Pada Manajemen Rantai Pasok Biodiesel Nasional”.

Skripsi ini merupakan tugas akhir akademik sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat-Nya dalam setiap nafas dan langkah penulis hingga saat ini, serta shalawat serta salam juga penulis curahkan kepada Nabiyurrahmah, Muhammad SAW.
2. Bapak Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi ITS Surabaya.
3. Ibu Erma Suryani., S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus dosen wali penulis yang dengan kesabarannya, memberikan motivasi serta dan banyak pengetahuan serta pemahaman baru bagi penulis, sehingga penulis dapat mengusahakan hasil yang terbaik selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Ayahanda dan ibunda tercinta yang selalu menjadi semangat bagi penulis untuk melakukan yang terbaik, dan

selalu mendoakan penulis sedari kecil hingga lulus sekarang.

5. Kawan – Kawan Lab Sistem Enterprise (SE) yang selalu menjadi rekan senasib dan seperjuangan.
6. Penghuni Lab ADDI yang telah mempersilakan penulis beruang dan mencari inspirasi dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman – teman, Keluarga BELTRANIS (SI 2013) yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dan telah memberikan banyak cerita selama penulis melakukan studi.
8. Mas dan Mbak serta adik – adik jurusan Sistem Informasi yang dan seluruh *civitas akademika* Jurusan Sistem Informasi ITS dan seluruh pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dan telah memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi orang yang membaca, bagi penelitian dan pengembangan penelitian lainnya. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan karena kesempurnaan sejatinya hanya milik Allah SWT, maka saran dan kritik yang konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan demi perbaikan selanjutnya.

Jakarta, 30 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| Lembar Pengesahan | ii |
| Lembar Persetujuan..... | iv |
| Abstrak | v |
| Abstract | vii |
| Kata Pengantar | ix |
| Daftar Isi..... | xi |
| Daftar Gambar..... | xv |
| Daftar Tabel | xix |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 7 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 7 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 8 |
| 1.5 Manfaat Penulisan | 8 |
| 1.6 Relevansi | 9 |
| BAB 2 Tinjauan Pustaka | 11 |
| 2.1 Landasan Teori | 11 |
| 2.1.1 Manajemen Rantai Pasok | 11 |
| 2.1.2 Manajemen Logistik..... | 12 |
| 2.1.3 Rantai Pasok yang Efektif dan Efisien | 13 |
| 2.1.4 Konsep Model dan Simulasi Sistem Dinamik | 15 |
| 2.1.5 Simulasi Dalam Rantai Pasok | 17 |
| 2.1.6 Proses Bisnis Rantai Pasok Biodiesel | 18 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2 | Penelitian Sebelumnya..... | 24 |
| BAB 3 | Metodologi Penelitian..... | 29 |
| 3.1 | Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir..... | 30 |
| 3.1.1 | Identifikasi Kondisi dan Permasalahan | 30 |
| 3.1.2 | Studi Literatur..... | 30 |
| 3.1.3 | Pengumpulan Data..... | 30 |
| 3.1.4 | Penyusunan Model | 31 |
| 3.1.5 | Formulasi Model..... | 32 |
| 3.1.6 | Pengujian Model..... | 33 |
| 3.1.7 | Penyusunan Skenario dan Analisis Hasil Simulasi | 35 |
| 3.1.8 | Kesimpulan dan Saran | 36 |
| BAB 4 | MODEL DAN IMPLEMENTASI..... | 37 |
| 4.1 | Analisa Sistem | 37 |
| 4.1.1 | Pengumpulan Data..... | 37 |
| 4.1.2 | Analisa Variabel | 38 |
| 4.2 | Membuat Model Kausatik | 41 |
| 4.3 | Membuat Model Matematis (<i>flow diagram</i>)..... | 51 |
| 4.3.1 | <i>Sub-model Population</i> | 54 |
| 4.3.2 | <i>Sub-model Demand</i> | 55 |
| 4.3.3 | <i>Sub-model Biodiesel Production</i> | 57 |
| 4.3.4 | <i>Sub-model Biodiesel Inventory</i> | 62 |
| 4.3.5 | <i>Sub-model Biodiesel Cost</i> | 65 |
| 4.3.6 | <i>Sub-model Biodiesel Logistic Cost</i> | 66 |
| 4.3.7 | <i>Sub-model Biodiesel Price in Consumen</i> | 70 |
| 4.4 | Verifikasi | 72 |
| 4.5 | Validasi..... | 76 |
| 4.5.1 | Populasi Penduduk Indonesia | 77 |
| 4.5.2 | Permintaan Biodiesel yang Dikonsumsi | 79 |
| 4.5.3 | Produksi Biodiesel..... | 81 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 4.5.4 | Produktivitas Lahan..... | 83 |
| 4.6 | Analisis Hasil Base Model | 85 |
| 4.6.1 | Analisis Populasi | 85 |
| 4.6.2 | Analisis Permintaan Biodiesel..... | 86 |
| 4.6.3 | Analisis Luas Area Lahan Kebun Sawit..... | 87 |
| 4.6.4 | Analisis Produksi Biodiesel | 88 |
| 4.6.5 | Analisis Stok dan Rasio Pemenuhan Biodiesel 89 | |
| 4.6.6 | Analisis Biaya Logistik Biodiesel | 92 |
| BAB 5 | PEMBENTUKAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL | 93 |
| 5.1 | Rancangan Skenario | 93 |
| 5.1.1 | Skenario Meningkatkan Nilai Rendemen (OER)95 | |
| 5.1.2 | Skenario Ekstensifikasi Lahan | 98 |
| 5.1.3 | Skenario Mengurangi Aktor Distribusi | 101 |
| 5.2 | Implementasi Skenario | 106 |
| 5.2.1 | Hasil Skenario 1: Meningkatkan Nilai Rendemen..... | 106 |
| 5.2.2 | Hasil Skenario 2: Ekstensifikasi Lahan..... | 108 |
| 5.2.3 | Hasil Skenario 3: Meminimalisir Alur Distribusi | 110 |
| 5.3 | Analisis Hasil Implementasi Skenario..... | 114 |
| 5.3.1 | Produksi Biodiesel..... | 115 |
| 5.3.2 | Rasio Pemenuhan Biodiesel | 117 |
| 5.3.3 | Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen | 119 |
| 5.4 | Resume Skenario..... | 120 |
| BAB 6 | KESIMPULAN DAN SARAN | 125 |
| 6.1 | Kesimpulan..... | 125 |
| 6.2 | Saran..... | 127 |

| | |
|----------------------|-----|
| DAFTAR PUSTAKA..... | 129 |
| LAMPIRAN A | 135 |
| LAMPIRAN B..... | 1 |
| LAMPIRAN C..... | 2 |
| BIODATA PENULIS..... | 5 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Riset Laboratorium Sistem Enterprise..... | 10 |
| Gambar 2.1 Tahapan Rantai Pasok [13]..... | 18 |
| Gambar 2.2 Diagram Proses Produksi Biodiesel [14]..... | 22 |
| Gambar 2.3 <i>General framework of the Biodiesel's Supply Chain</i> [15] | 23 |
| Gambar 2.4 Pola Distribusi Terhadap BBN Pertamina [16] .. | 24 |
| Gambar 3.1 Metodologi Penelitian | 29 |
| Gambar 3.2 Diagram CLD Rantai Pasok Biodiesel | 32 |
| Gambar 4.1 Diagram Kausatik..... | 43 |
| Gambar 4.2 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel in Demand | 44 |
| Gambar 4.3 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel in Demand | 45 |
| Gambar 4.4 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Production | 46 |
| Gambar 4.5 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel Production | 47 |
| Gambar 4.6 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Demand Fulfillment Ratio | 48 |
| Gambar 4.7 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Stocks | 48 |
| Gambar 4.8 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel Stocks | 49 |
| Gambar 4.9 Variabel yang Mempengaruhi Price in Consumen | 50 |
| Gambar 4.10 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Logistic Cost | 50 |
| Gambar 4.11 Diagram Stock and Flow Rantai Pasok Biodiesel | 53 |
| Gambar 4.12 Sub-model Populasi..... | 54 |
| Gambar 4.13 Sub-Model Biodiesel in Demand | 56 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4.14 Sub-Model Biodiesel Production..... | 58 |
| Gambar 4.15 Sub-Model Biodiesel Inventory | 63 |
| Gambar 4.16 Sub-Model Biodiesel Unit Cost..... | 65 |
| Gambar 4.17 Alur Distribusi Bahan Bakar Biodiesel | 69 |
| Gambar 4.18 Sub-Model Biodiesel Logistic Cost..... | 69 |
| Gambar 4.19 Sub-Model Biodiesel Price in Consumen | 71 |
| Gambar 4.20 Pengaturan lama waktu simulasi..... | 74 |
| Gambar 4.21 <i>Toolbar</i> untuk menjalankan hasil model | 74 |
| Gambar 4.22 Pesan <i>error</i> yang ditampilkan oleh aplikasi | 75 |
| Gambar 4.23 Pesan ketika <i>running</i> model berhasil dilakukan | 75 |
| Gambar 4.24 Verifikasi model | 76 |
| Gambar 4.25 Perbandingan Data Historis dan Data Model Populasi | 79 |
| Gambar 4.26 Perbandingan Data Historis dan Data Model Permintaan..... | 81 |
| Gambar 4.28 Perbandingan Data Historis dan Data Model Produksi..... | 83 |
| Gambar 4.29 Perbandingan Data Historis dan Data Model Produktivitas..... | 85 |
| Gambar 4.30 Hasil Model dari Populasi | 86 |
| Gambar 4.31 Hasil Model dari Demand..... | 87 |
| Gambar 4.32 Hasil Model dari Luas Lahan | 88 |
| Gambar 4.33 Hasil Model dari Produksi | 89 |
| Gambar 4.34 Hasil Model dari Inventori..... | 90 |
| Gambar 4.35 Hasil Model dari Rasio Pemenuhan..... | 91 |
| Gambar 4.36 Hasil Model dari Biaya Logistik..... | 92 |
| Gambar 5.2 Sub-Model Skenario Produksi Biodiesel..... | 100 |
| Gambar 5.3 Alur Distribusi Biodiesel | 103 |
| Gambar 5.4 Sub-Model Skenario 3 A | 103 |

Adapun berikut adalah bentuk pemodelan yang ditampilkan pada Gambar 5.5 ketika akan melakukan skenario 3 B dengan

| | |
|--|-----|
| menyatukan biaya logistik (transportasi) dari petani ke pabrik. | 105 |
| Gambar 5.6 Sub-Model Skenario 3 B | 105 |
| Gambar 5.7 Produksi Biodiesel Skenario 1 Meningkatkan Nilai OER..... | 107 |
| Gambar 5.8 Rasio Pemenuhan Biodiesel Skenario 1 Meningkatkan Nilai OER..... | 108 |
| Gambar 5.11 Produksi Biodiesel Skenario Ekstensifikasi ... | 109 |
| Gambar 5.12 Rasio Pemenuhan Biodiesel Skenario Ekstensifikasi | 110 |
| Gambar 5.13 Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen Skenario 3 A..... | 111 |
| Gambar 5.14 Biaya Logistik Biodiesel Skenario 3 A | 112 |
| Gambar 5.15 Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen Skenario 3 B | 113 |
| Gambar 5.16 Biaya Logistik Biodiesel Skenario 3 B | 114 |
| Gambar 5.17 Perbandingan Skenario Produksi Biodiesel.... | 115 |
| Gambar 5.18 Perbandingan Skenario Rasio Pemenuhan Biodiesel..... | 117 |
| Gambar 5.19 Perbandingan Skenario Harga Biodiesel | 119 |

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1.1 Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel campuran BBM [3] | 3 |
| Tabel 2.1 Indikator Performa Rantai Pasok | 13 |
| Tabel 2.2 Pihak-pihak yang terlibat dalam <i>Supply Chain</i> Biodiesel..... | 19 |
| Tabel 4.1 Variabel yang Digunakan..... | 39 |
| Tabel 4.2 Persamaan Sub-Model Population | 55 |
| Tabel 4.3 Persamaan Sub-Model Demand..... | 57 |
| Tabel 4.4 Persamaan Sub-Model Biodiesel Production | 60 |
| Tabel 4.5 Persamaan Sub-Model Biodiesel Inventory | 63 |
| Tabel 4.6 Persamaan Sub-Model Biodiesel Cost | 65 |
| Tabel 4.7 Struktur Cash-Cost Biodiesel..... | 67 |
| Tabel 4.8 Persamaan Sub-Model Biodiesel Price in Consumen | 71 |
| Tabel 4.9 Data Historis dan Data Simulasi Populasi Penduduk Indonesia | 77 |
| Tabel 4.10 Validasi Populasi..... | 78 |
| Tabel 4.11 Data Historis dan Data Simulasi Jumlah Permintaan Biodiesel | 79 |
| Tabel 4.12 Validasi Jumlah Permintaan..... | 80 |
| Tabel 4.15 Data Historis dan Data Simulasi Jumlah Produksi Biodiesel..... | 81 |
| Tabel 4.16 Validasi Produksi | 82 |
| Tabel 4.17 Data Historis dan Data Simulasi Produktivitas | 83 |
| Tabel 4.18 Validasi Harga..... | 84 |
| Tabel 5.1 Rancangan Skenario..... | 94 |
| Tabel 5.2 Pembagian Fraksi Kelapa Sawit..... | 96 |
| Tabel 5.3 Persamaan Skenario Meningkatkan Nilai OER | 97 |
| Tabel 5.4 Dampak Skenario Peningkatan Nilai OER | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5.7 Persamaan Skenario Ekstensifikasi Lahan | 100 |
| Tabel 5.8 Dampak Skenario Ekstensifikasi Lahan | 101 |
| Tabel 5.9 Dampak Skenario Meminimalisir Alur Distribusi | 106 |
| Tabel 5.10 Perbandingan Hasil Skenario Produksi Biodiesel | 116 |
| Tabel 5.11 Perbandingan Rasio Pemenuhan Biodiesel | 118 |
| Tabel 5.12 Perbandingan Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen..... | 120 |
| Tabel 5.13 Resume Skenario | 121 |

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi hal-hal yang melatar belakangi dilakukannya penelitian, rumusan dan batasan permasalahan yang dikerjakan dalam penelitian. Pada bab ini juga dijelaskan tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian terhadap perkembangan solusi dari permasalahan yang diangkat serta metodologi dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pelaporan tugas akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan buku statistik ekonomi dan energi Indonesia (tahun 2012), terdapat penurunan jumlah cadangan minyak yang dimiliki Indonesia. Pada tahun 1985 tercatat jumlah cadangan minyak sekitar 9,2 milyar barrel, kemudian jumlah tersebut turun pada tahun 2000 menjadi 5,1 milyar barrel, dan pada tahun 2012 berkurang menjadi 3,74 milyar barrel. Sedangkan produksi minyak mentah di Indonesia juga menurun setiap harinya. Semenjak tahun 1998, tercatat produksi minyak mentah yang mencapai angka 1,52 juta barrel perhari (bph), dan terus menurun hingga tahun 2005 yang mencapai jumlah produksi sekitar 1,07 juta bph [1].

Kondisi penggunaan minyak bumi di Indonesia patut menjadi kekhawatiran bagi seluruh masyarakat pengguna energi bumi. Cadangan minyak dan gas bumi di Indonesia diperkirakan tidak akan bertahan selama 25 tahun. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil tersebut setidaknya menyebabkan adanya tiga ancaman serius, yaitu (1) menipisnya cadangan minyak bumi, (2) kenaikan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan (3) polusi gas rumah kaca (terutama CO₂) akibat pembakaran bahan bakar fosil [2].

Di samping cadangan yang terus menipis, kebutuhan energi nasional juga akan terus mengalami peningkatan. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, pada kurun waktu tahun 2000 – 2035, kebutuhan energi Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan sekitar 4,8 persen per tahun. PT Pertamina (Persero) dalam keterangan tertulisnya mengutip Kebijakan Energi Nasional (KEN) menyatakan, pada tahun 2025 diperkirakan total kebutuhan energi akan naik menjadi 2,41 miliar SBM (setara barel minyak) atau meningkat 84% dari total kebutuhan energi nasional pada tahun 2013 yang mencapai 1,31 miliar SBM [1].

Meningkatnya kebutuhan energi Indonesia tersebut berimplikasi pada meningkatnya urgensi konversi dan diversifikasi energi. Untuk itu, diperlukan suatu usaha diversifikasi sumber energi yang ramah lingkungan dengan memproduksi energi terbarukan (*renewable energy*) yang dapat menjamin pasokan kebutuhan energi nasional. Selain itu, penghematan pemakaian minyak bumi sebagai sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy*) juga harus dilakukan oleh semua pihak. Dalam situasi seperti ini, alternatif sumber energi terbarukan perlu dipertimbangkan, salah satunya adalah biodiesel yang telah menjadi perhatian serius pemerintah selama ini.

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang prospektif untuk digunakan, dikarenakan sumbernya yang berasal dari minyak tumbuhan yang diolah dengan memanfaatkan alkohol sehingga berpotensi untuk menggantikan solar karena kemiripan karakteristiknya. Biodiesel dapat digunakan sebagai pengganti minyak solar karena keduanya mempunyai sifat fisik dan kimia yang hampir sama. Selain itu, biodiesel memiliki keunggulan berupa jenis

bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable*), mudah untuk diproses, mudah terurai secara alami, dan tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan sekitar. Keunggulan lainnya dari pemakaian biodiesel sebagai bahan bakar adalah nilai emisi yang rendah jika dibandingkan dengan minyak diesel yang dihasilkan dari energi fosil. Selain itu jika subsidi untuk bahan bakar minyak dihapuskan, maka harga ekonomis biodiesel dapat bersaing dengan minyak diesel [3].

Seiring dengan tren penggunaan bahan bakar nabati yang semakin meningkat, sejak tahun 2006, PT Pertamina pun telah menetapkan sebuah produk bahan bakar bernama biosolar. Bahan pembuat biosolar ini merupakan solar yang dicampur dengan 5% biodiesel atau lebih dikenal dengan istilah B5 (5% biodiesel dicampur dengan 95% solar). Pemerintah terus menempatkan peran strategis biodiesel melalui Peraturan Menteri ESDM No. 25 tahun 2013, mulai Januari 2014 persentase campuran biodiesel ditetapkan menjadi 10% dan akan terus ditingkatkan menjadi 25% pada Januari 2025 seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel campuran BBM .

Tabel 1.1 Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel campuran BBM [3]

| Jenis Sektor | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2020 | 2025 | Keterangan |
|--------------|------|------|------|------|------|------|---------------------------|
| Rumah Tangga | - | - | - | - | - | - | Saat ini tidak ditentukan |

| | | | | | | | |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
| Transportasi PSO | 10% | 10% | 10% | 20% | 20% | 25% | Terhadap kebutuhan total |
| Transportasi Non PSO | 3% | 10% | 10% | 20% | 20% | 25% | Terhadap kebutuhan total |
| Industri dan Komersial | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 25% | Terhadap kebutuhan total |
| Pembangkit Listrik | 7,5% | 20% | 25% | 30% | 30% | 30% | Terhadap kebutuhan total |

Pemanfaatan sumberdaya nabati di Indonesia membutuhkan sebuah pendekatan yang memerhatikan para pemangku kepentingan. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa Indonesia masih belum mampu mengembangkan dan memanfaatkan potensi bahan bakar nabati yang ada secara maksimal. Realisasi pemanfaatan biodiesel pada tahun 2009 hanya sebesar 15,4% dari target mandatori. Pada tahun 2010 realisasi biodiesel menjadi 20,7% terhadap target mandatori kemudian terus meningkat menjadi 27,7% terhadap target mandatori. Dari segi pengembangan industri biofuel nasional, menurut Ketua Asosiasi Produsen Biofuels Indonesia (Aprobi) sampai dengan tahun 2008, terdapat penurunan jumlah produsen biofuel sebesar 70%. Para produsen memutuskan menutup usahanya, karena salah satu permasalahannya adalah adanya ketidakpastian pasokan Bahan Bakar Nabati (BBN) [2]. Ketua Umum Gabungan Pengusaha Perkebunan Indonesia

(GPPI) juga memaparkan adanya permasalahan infrastruktur yang kurang baik, sehingga biaya logistik menjadi salah satu penghambat dalam hilirisasi rantai pasok biodiesel [4].

Isu biodiesel ini memunculkan adanya kebutuhan untuk membangun model rantai pasok bioenergi. Pemanfaatan sumberdaya nabati serta pengolahan bahan baku hingga menjadi biodiesel, membutuhkan pengelolaan yang terintegrasi. Semua aliran –mulai dari bahan, informasi, dan uang– melibatkan berbagai pihak seperti konsumen biodiesel, pengolah biodiesel, dan juga Pertamina (sebagai BUMN yang menangani pengelolaan minyak dan gas bumi di Indonesia). Masing-masing pihak tersebut memiliki peran dan kepentingan yang berbeda-beda. Hal ini yang memunculkan permasalahan bagaimana *supply chain* biodiesel diterapkan dengan mempertimbangkan berbagai kepentingan dan pihak-pihak yang terkait. Manajemen rantai pasok menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk diterapkan karena aliran bahan, informasi, dan uang dapat dikelola secara terpadu di sepanjang rantai pasok. Banyaknya jumlah *stakeholder* yang terlibat, menunjukkan bahwa pelaksanaan pengembangan biodiesel membutuhkan penanganan yang komprehensif dari berbagai sudut pandang, lintas sektoral. Wujud dari manajemen rantai pasok ini sendiri, ialah terciptanya suatu sistem rantai pasok (*supply chain*) yang terdiri dari produsen tanaman sawit, kemudian pelaku pengolah minyak sawit (CPO), dan distributor hasil olahan produk yaitu biodiesel. Singkatnya, sistem rantai pasok ini menjadi jaringan untuk rantai pasok biodiesel dari pendistribusian sumber nabati dari pemasok hingga penjualan biodiesel di tangan *retailer*.

Adapun hasil identifikasi kondisi dan permasalahan yang ada mengenai ketersediaan biodiesel dalam memenuhi target

pemenuhan kebutuhan bioenergi pada masyarakat menjadi persoalan atau fokus yang perlu diperhatikan. Di Indonesia, pemanfaatan biodiesel terkendala oleh dua masalah utama, dimana ketersediaan pasokan Bahan Bakar Nabati (BBN) biodiesel mengalami kondisi ketidakpastian dan membutuhkan biaya logistik yang cukup tinggi. Jika melihat komponen biaya dalam operasi suatu industri, biaya logistik merupakan komponen biaya terbesar kedua setelah pembelian bahan. Tingginya biaya logistik menunjukkan belum optimalnya pengelolaan fungsi distribusi fisik. Hal ini pula yang menjadi salah satu kendala dalam mengembangkan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati biodiesel di Indonesia. Dampak langsung dari kedua masalah ini adalah BBN akan terus kalah bersaing dengan BBM di dunia industri energi, sehingga rencana diversifikasi energi tidak tercapai. Kedua masalah utama tersebut juga menjadi titik berat permasalahan dalam proses pengadaan biodiesel hingga ke tangan konsumen. Hal ini yang melandasi dibutuhkan adanya evaluasi dari segi efektivitas ketersediaan dan juga efisiensi biaya, agar bahan bakar ini dapat dengan mudah diperoleh, dimanfaatkan, serta terjangkau oleh masyarakat. Efektivitas dibutuhkan agar rasio pemenuhan permintaan akan ketersediaan biodiesel dapat tercukupi dan ditingkatkan, sedangkan efisiensi- selain dibutuhkan agar biaya dan proses yang dikeluarkan sebanding dengan penggunaan sumberdaya (*input*) yang digunakan – juga berpengaruh dalam menentukan seberapa mahal harga biodiesel ketika tiba di tangan konsumen akhir.

Pada penelitian ini, solusi yang ditawarkan adalah dengan menggunakan pemodelan dan simulasi sebagai alat penyediaan dukungan untuk perencanaan, analisa, dan evaluasi sistem menggunakan model simulasi dinamik. Melalui model simulasi dinamik, analisis pada sistem dapat

dilakukan dengan mempertimbangkan data historis yang ada, serta merancang skenario yang diperkirakan dapat memperbaiki kondisi rantai pasok biodiesel saat ini. Diharapkan dengan hal tersebut, selain mampu mengatasi permasalahan yang ada dan dapat membantu pencapaian target mandatori dari pemerintah, dapat juga mengoptimalkan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar terbarukan. Akhir dari penulisan ini akan diperoleh usulan-usulan terkait ketersediaan energi (biodiesel) untuk meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensinya dalam manajemen rantai pasok.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang sebelumnya, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan simulasi melalui pembuatan model rantai pasok biodiesel yang dapat meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensi dalam tiap prosesnya. Maka rumusan permasalahan terbagi menjadi 2 fokus utama, yaitu:

1. Bagaimana mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok?
2. Bagaimana meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok biodiesel dalam memenuhi ketersediaan biodiesel dengan melakukan pembuatan skenario kebijakan?

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang disebutkan di atas, batasan masalah dalam tugas akhir ini berupa pengerjaan dan perancangan SCM dengan studi kasus biodiesel pada tugas akhir ini berdasar dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan industri biodiesel, dan pengumpulan data sekunder melalui

review dokumen hasil penelitian yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian ESDM Indonesia, terkait data komoditas sawit dan energi biofuel di Indonesia.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang model rantai pasok yang dapat merepresentasikan kondisi aktual dari rantai pasok biodiesel saat ini.
2. Mengembangkan skenario rantai pasok biodiesel untuk meningkatkan pemenuhan ketersediaan rantai pasok dan efisiensi biaya, melalui identifikasi faktor-faktor apa saja yang berpengaruh, dalam lingkup manajemen rantai pasok.

1.5 Manfaat Penulisan

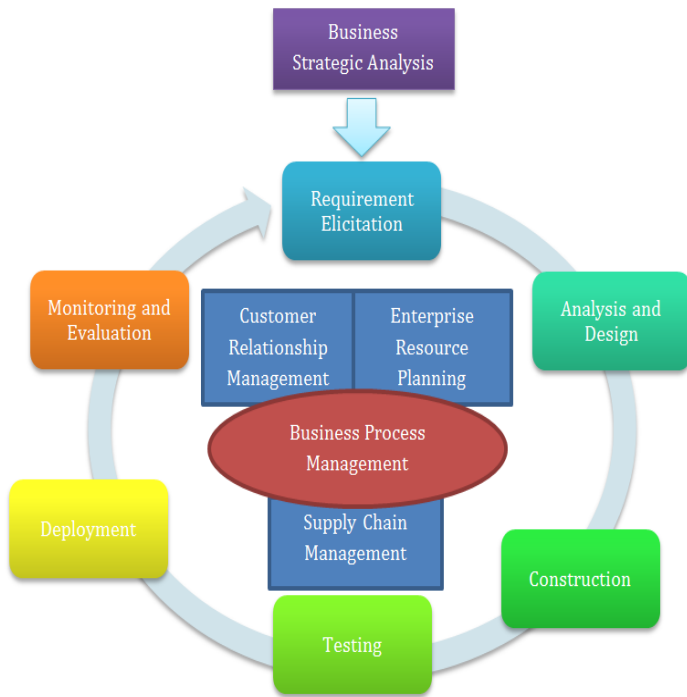
Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Terciptanya alur model manajemen rantai pasok dengan menggunakan simulasi sistem dinamik yang merepresentasikan keadaan aslinya untuk mendukung ketersediaan biodiesel.
2. Terciptanya skenario-skenario model yang dapat membantu untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh pada meningkatnya rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok dalam pemenuhan ketersediaan biodiesel sehingga dapat meningkatkan daya saing produk bahan bakar nabati (BBN)
3. Dapat membantu memberikan saran/keputusan/kebijakan dalam menyelesaikan permasalahan mengenai sistem logistik biodiesel untuk memenuhi ketersediaan bahan

bakar nabati dengan menggunakan manajemen rantai pasok yang efisien dan efektif, sehingga pertanyaan *what-if* yang tidak dapat dilakukan jika menggunakan metode lain dalam mencari solusi keputusan dari suatu permasalahan dapat terjawab.

1.6 Relevansi

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Laboratorium Sistem Enterprise (SE) Jurusan Sistem Informasi ITS Surabaya memiliki empat topik utama (dapat dilihat pada Gambar 1.1), yaitu *customer relationship management* (CRM), *enterprise resource planning* (ERP), *supply chain management* (SCM), dan *business process management* (BPM). Tugas akhir yang dikerjakan penulis adalah tentang SCM yang termasuk salah satu topik utama dari riset laboratorium SE. Mata kuliah yang bersangkutan dengan topik ini adalah mata kuliah Simulasi Sistem dan Manajemen Rantai Pasok dan Hubungan Pelanggan.



Gambar 1.1 Riset Laboratorium Sistem Enterprise

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas mengenai penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tugas akhir, berikut dengan dasar teori dan studi pustaka lain yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir.

2.1 Landasan Teori

Bagian ini menjelaskan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan penulis untuk memecahkan masalah penelitian, dan dasar-dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan.

2.1.1 Manajemen Rantai Pasok

Istilah manajemen rantai pasok (*supply chain management*) pertama kali dikenalkan pada era 1980. Istilah tersebut dipopulerkan oleh para konsultan manajemen. Fungsinya adalah sebagai pendekatan manajemen persediaan yang berfokus pada pasokan bahan baku. Rantai pasok dapat diartikan sebagai sekumpulan atau serangkaian aktifitas yang terlibat dalam proses transformasi & distribusi barang mulai dari bahan baku awal hingga produk akhir jadi dan sampai ke tangan para konsumen. Supply chain juga merupakan bagian dari proses bisnis dan informasi yang menyediakan barang beserta jasa dari pemasok (*supplier*) bahan baku, pabrik dan distribusi ke konsumen-konsumen [5].

Sementara *Supply Chain Management* (SCM) atau yang biasa disebut dengan manajemen rantai pasok, merupakan proses pengelolaan rencana, desain, dan kontrol dari alur/ arus informasi serta material selama proses *supply chain* yang ada bertemu dengan permintaan konsumen. SCM berguna untuk

mengefisiensikan alur rantai pasok yang ada dengan permintaan konsumen, baik pada saat ini maupun masa mendatang [6]. Adapun manfaat lain dari manajemen rantai pasok adalah untuk mengintegrasikan *supplier*, industri manufaktur, *warehouse*, jasa, pengecer, dan konsumen secara efisien [7]. Sehingga barang maupun jasa dapat terdistribusi dalam jumlah, waktu, serta lokasi yang tepat. Biaya yang dikeluarkan pun dapat diminimalisir untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

2.1.2 Manajemen Logistik

Manajemen logistik merupakan bagian dari manajemen rantai pasok pada perencanaan, pengimplementasian dan mengendalikan efisiensi, efektivitas untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Kinerja logistik ditentukan oleh efisiensi logistik (mencapai output yang diharapkan dengan sumber daya minimum), efektivitas logistik (mencapai persentase tertinggi dari output yang diharapkan) dan kompetensi logistik (menjadi kompeten dengan memperoleh nilai komparatif yang terbaik dan bersih) [8]. Dibutuhkan keefektivan dan keefisienan dalam manajemen logistik pada rantai pasok untuk mengintegrasikan kegiatan logistik pada produsen, distributor dan konsumen sehingga memungkinkan produsen sawit Indonesia menjadi kompetitif di pasar [7]. Logistik merupakan komponen penting yang menghubungkan produksi dan pemasaran, sehingga mempengaruhi perekonomian nasional karena penambahan sumber daya. Meningkatnya kerja transportasi barang memiliki dampak langsung pada biaya logistik. Tingginya biaya logistik adalah salah satu faktor utama penghambat bahan bakar nabati dapat bersaing dengan bahan bakar minyak [4].

2.1.3 Rantai Pasok yang Efektif dan Efisien

Pendekatan manajemen rantai pasok berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan dunia usaha untuk menekan biaya secara menyeluruh. Karena ruang lingkupnya mengelola aliran barang maka konsep manajemen rantai pasok banyak bersinggungan dengan manajemen logistik [9]. Sehingga dibutuhkan indikator kinerja yang berhubungan antara peningkatan rasio pemenuhan dan efisiensi rantai pasok dengan aktor. Menurut J.D. Vorst, terdapat perbedaan pada indikator performa rantai pasok yang dibagi menjadi tiga tingkatan utama, yang ditampilkan pada Tabel 2.1 [5]. Namun, untuk pengerjaan tugas akhir kali ini fokus utama peningkatan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok berada pada level *supply chain* (rantai pasok) dengan indikator kerjanya, yaitu ketersediaan produk dan memperhatikan biaya logistik dari produk yang dihasilkan (biodiesel).

Tabel 2.1 Indikator Performa Rantai Pasok

| Tingkatan | Indikator kinerja | Penjelasan |
|---------------------|---|--|
| <i>Supply chain</i> | Ketersediaan produk Kualitas produk <i>Responsiveness</i> Keandalan pengiriman Total biaya rantai pasok | Selalu tersedia saat dibutuhkan Sisa umur hidup produk Waktu siklus pesan rantai pasok Waktu siklus pesan rantai pasok Waktu siklus pesan rantai pasok Jumlah seluruh biaya-biaya organisasi didalam rantai pasok |

| Tingkatan | Indikator Kinerja | Penjelasan |
|------------|---|--|
| Organisasi | Tingkat persediaan Waktu throughput <i>Responsiveness</i> Keandalan pengiriman Total biaya organisasi | Jumlah produk di penyimpanan Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan rantai proses bisnis Waktu ancap dan fleksibilitas Persentase pengiriman tepat waktu dan jumlah yang tepat Jumlah biaya seluruh proses didalam organisasi |
| Proses | Waktu throughput <i>Responsiveness</i> Hasil proses Biaya proses | Waktu yang dibutuhkan mengerjakan proses Fleksibilitas proses Luaran proses Biaya yang dikeluarkan saat proses bekerja |

Adapun tujuan dari peningkatan rasio pemenuhan dan efisiensi yang ingin dicapai penulis, mengacu pada penelitian Mulyadi, yang menyarankan bahwa penetapan rantai pasok yang efektif dan efisien untuk komoditi strategis atau kebutuhan dasar (seperti beras, gula, tepung terigu, garam, minyak goreng, semen, pupuk, obat-obatan, bahan bakar, dan LPG), adalah sebagai berikut [9]:

1. Mengefektifkan persediaan komoditas sehingga permintaan (biodiesel) dapat tercukupi, hal ini dapat ditinjau dari rasio pemenuhan yang berhasil dipenuhi;
2. Mengefisiensikan distribusi dan pabrikasi dalam rangka mendapatkan komoditas tersebut dengan harga yang terjangkau.

2.1.4 Konsep Model dan Simulasi Sistem Dinamik

Model adalah representasi hasil dari dunia nyata. Pemodelan dibuat dalam gambaran yang sederhana, dengan melibatkan proses pemetaan masalah dari dunia nyata terhadap model pada dunia model, kemudian abstraksi (analisis dan optimasi model), serta memetakan solusi kembali pada sistem yang sebenarnya. Istilah lain dari model adalah tiruan dunia nyata yang dibuat virtual [10].

Sementara simulasi berisi penggambaran detail sistem atau operasi yang sedang diteliti atau dipelajari. Sistem yang dimaksud adalah sekumpulan objek yang bekerjasama untuk tujuan yang sama, serta membentuk susunan tertentu dan memiliki sifat atau hubungan ketergantungan. Sistem dinamik adalah metodologi untuk mengabstraksikan suatu fenomena di dunia sebenarnya ke model yang lebih eksplisit. Model sistem dinamik dibentuk karena adanya hubungan sebab-akibat (*causal*) yang mempengaruhi struktur dalam sistem, baik secara langsung antar dua struktur, maupun akibat dari berbagai hubungan yang terjadi pada sejumlah struktur, hingga membentuk umpan-balik (*causal loop*).

Kompleksnya suatu sistem karena banyaknya faktor yang mempengaruhi struktur dan perilaku dari suatu sistem ril akan menyebabkan terlibatnya banyak komponen sistem atau variabel-variabel yang bertanggung jawab atas mekanisme

kerja sistem yang bersangkutan. Pada gilirannya, penurunan formula matematis untuk setiap variabel sistem akan membutuhkan waktu yang banyak dan upaya yang berulang. Kendala ini dapat diatasi secara efisien dengan memanfaatkan bahasa simulasi (*simulation languages*) dan program komputer. *Simulation languages* adalah sekumpulan kode komputer yang mampu melaksanakan perhitungan dalam jumlah besar menuruti aturan-aturan simulasi yang telah ditentukan sebelumnya. Hampir sejalan dengan perkembangan sistem dinamik, sejumlah perangkat lunak yang menggunakan *simulation language* pun telah dikembangkan. Perangkat-perangkat lunak semacam ini memungkinkan seorang analis untuk membangun suatu model sistem dinamik secara efisien dan spesifik. Untuk dapat mensimulasikan, model sistem dinamik harus dibuat dalam bentuk diagram alir (*flow diagram*) yang dapat dimengerti oleh *software* komputer yang digunakan. Setiap *software* memiliki cara penggambaran *flow diagram* yang khas atau berbeda satu sama lain. Namun, tiga *software* yang paling umum digunakan adalah: Vensim, Powersim, dan Stella.

Adapun persoalan yang dapat dengan tepat dimodelkan menggunakan metodologi dinamika sistem adalah masalah yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu)
2. Struktur fenomenanya mengandung struktur umpan-balik (*feedback structure*), paling sedikit satu.

Menurut Muhammadi dan Soesilo [11], menyatakan bahwa sistem dinamis memiliki tujuan, yaitu:

1. Memahami (*to understand*) bagaimana cara kerja masing-masing unsur yang membangun sebuah sistem.

2. Mengoptimalkan (*to optimize*) hasil kerja sistem (setelah dipahami cara kerja masing-masing unsur sistem).
3. Meramalkan (*to predict*) kinerja sistem dimasa yang akan datang berdasarkan hasil kerja yang optimal.

2.1.5 Simulasi Dalam Rantai Pasok

Sebelum mempertaruhkan eksperimen dengan sistem *supply chain* yang nyata, simulasi menjadi *tools* yang berguna untuk memahami jaringan rantai pasok yang terdiri dari fungsi pengadaan material, tranformasi dari *raw material* menjadi *finished product*, hingga distribusi dari produk sudah jadi tersebut. *Supply chain simulation* menyiratkan model rantai pasok operasional representatif dengan mengamati proses tertentu dalam rantai pasokan yang nyata.

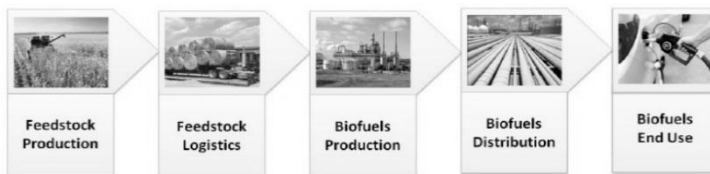
Penggunaan skenario untuk optimasi adalah salah satu metode tradisional untuk menangani kasus-kasus yang mengandung ketidakpastian. *Supply chain simulation* dapat menunjukkan bagaimana variabel-variabel penting dalam sistem saling berinteraksi. Hal ini juga dapat dimanfaatkan dalam melakukan percobaan dengan situasi atau rancangan skenario baru, dimana terdapat ketidakpastian berupa informasi, hingga *decision rules* yang ingin diterapkan [12]. Terdapat beberapa objektif dari penggunaan *supply chain simulation* secara umum, yaitu:

1. Dapat *generate knowledge* atau pengetahuan baru mengenai proses dan permasalahan pada *supply chain*.
2. Dapat digunakan untuk megusulkan dan mensimulasikan skenario dalam rangka peningkatan (*improvements*) pada rantai pasok.

3. Dapat mereproduksi dan menguji alternatif berbasis keputusan yang berbeda.

2.1.6 Proses Bisnis Rantai Pasok Biodiesel

Jaringan rantai pasok terdiri dari banyak proses yang melibatkan berbagai pihak disepanjang rantai pasok biodiesel. Tahapan yang terjadi dalam sistem rantai pasok biodiesel terdiri dari produksi bahan baku (*feedstock production*), logistik bahan baku (*feedstock logistic*), produksi biodiesel (*biofuels production*), distribusi biodiesel (*biofuels distribution*) dan pengguna biodiesel (*biofuels end use*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tahapan Rantai Pasok [13]

Tahapan identifikasi jaringan rantai pasok ini memiliki pengaruh dalam identifikasi pemangku kepentingan atau pihak mana saja yang terlibat dalam rantai pasok biodiesel yang dimulai dari pemasok sampai ke konsumen. Penentuan pemangku kepentingan bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis hubungan yang saling mempengaruhi dalam pengelolaan aliran barang yang terjadi di sepanjang jaringan rantai pasok [1]. Identifikasi, analisis dan pendefinisian dari pemangku kepentingan dan kebutuhannya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pihak-pihak yang terlibat dalam *Supply Chain Biodiesel*

| No | Pemangku Kepentingan | Peran | Kebutuhan |
|----|-------------------------------|---|--|
| 1. | Perusahaan Industri Biodiesel | Melakukan proses pengolahan bahan baku menjadi biodiesel | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan pabrik dan fasilitas untuk melakukan proses produksi biodiesel sesuai dengan kapasitas produksi yang terpasang. 2. Keuntungan semaksimal mungkin dengan biaya yang dikeluarkan seoptimal mungkin. |
| 2. | Pertamina | Mengelola biodiesel untuk dicampurkan dengan solar sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah | Ketersediaan tempat penyimpanan biodiesel dan teknologi untuk pencampuran biodiesel dengan solar. |

| | | | |
|----|----------------------------|---|--|
| 3. | <i>Distribution center</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pendistribusian dan penjualan kepada <i>retailer</i> ataupun perusahaan industri. 2. Melakukan penyimpanan biodiesel murni sebelum didistribusikan kepada konsumen. | Ketersediaan tempat penyimpanan (<i>inventory</i>) biodiesel |
| 4. | <i>Retailer</i> | Melakukan penjualan langsung baik biosolar yang didapat dari SPBU maupun biodiesel murni kepada konsumen | Ketersediaan tempat penyimpanan dan penjualan biosolar maupun biodiesel murni sebelum dilakukan penjualan kepada |

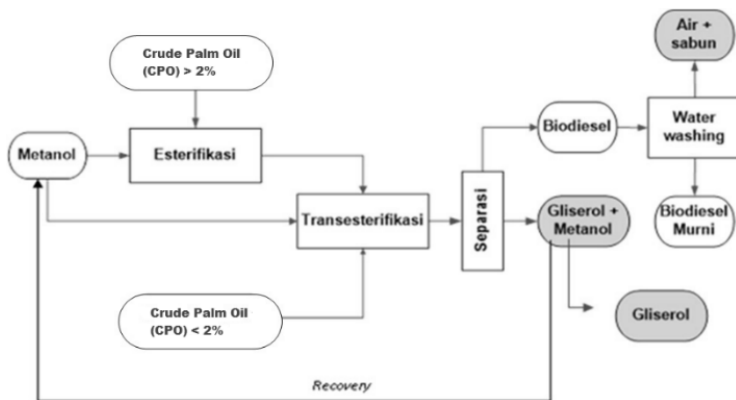
| | | | |
|----|-----------------|--|--|
| | | | konsumen. |
| 5. | <i>Consumer</i> | Pengguna akhir dari biodiesel yang menggunakannya sebagai pemasok energi untuk aktivitas masyarakat maupun dunia industri. | Terpenuhinya kebutuhan energi konsumen |

Gambar 2.1 telah menjelaskan tahapan-tahapan dalam rantai pasok biodiesel yang terdiri dari bahan baku (*feedstock production*), logistik bahan baku (*feedstock logistics*), produksi biodiesel (*biodiesel production*), distribusi biodiesel (*biodiesel distribution*) dan konsumen (*biodiesel enduser*). Bahan baku utama yang digunakan dalam rantai pasok biodiesel adalah kelapa sawit. Pemasok kelapa sawit adalah produsen sawit yang memiliki lahan atau industri agribisnis berupa perkebunan sawit. Proses logistik terdiri dari aktivitas yang dibutuhkan dalam pengiriman bahan baku ke pabrik.

Di dalam pabrik, sawit menjalani dua tahap proses kimiawi, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi dilakukan hanya untuk minyak yang mengandung asam lemak bebas yang lebih dari dua persen. Tujuan dari proses ini adalah untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dari minyak tersebut menjadi kurang dari satu persen dan mengurangi terbentuknya sabun saat proses transesterifikasi berlangsung yang menyulitkan proses pencucian serta memungkinkan hilangnya produk yang berguna. Filtrasi juga bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel pengotor

biodiesel yang terbentuk selama proses berlangsung, seperti karat (kerak besi) yang berasal dari dinding *reactor* atau dinding pipa atau kotoran dari bahan baku.

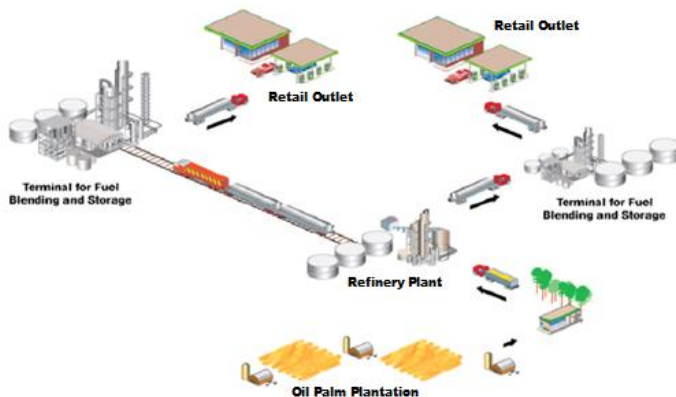
Setelah tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi, yaitu tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil ester melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk sampingan yaitunya gliserol. Pada proses produksi biodiesel ini menghasilkan beberapa limbah hasil sampingan produk biodiesel seperti gliserol dan methanol yang dapat digunakan kembali sebagai bahan campuran minyak sawit untuk proses pembuatan biodiesel selanjutnya. Proses produksi biodiesel dapat digambarkan melalui diagram alir yang terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Proses Produksi Biodiesel [14]

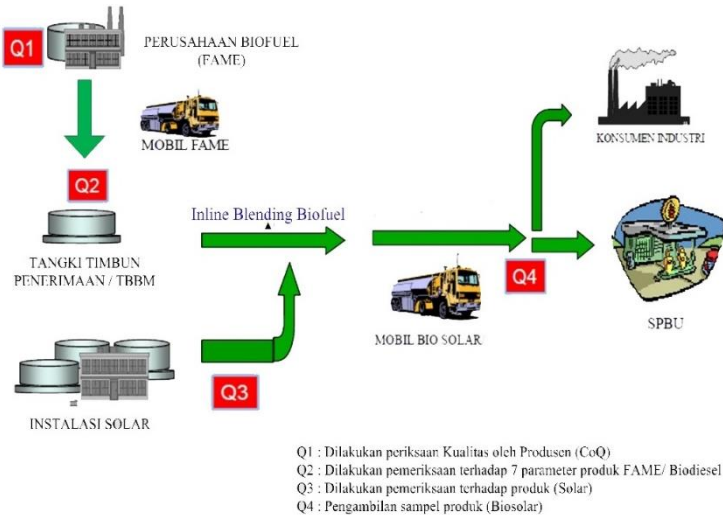
Sementara itu, ilustrasi untuk rantai pasok biodiesel secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.3. Dikarenakan biodiesel tergolong Bahan Bakar Nabati (BBN), maka sumber utama biodiesel berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan. Salah satu sumber yang paling umum digunakan berasal dari minyak

kelapa sawit yang diproduksi dari tanaman/ perkebunan kelapa sawit.



Gambar 2.3 *General framework of the Biodiesel's Supply Chain* [15]

Hasil produksi kelapa sawit diolah untuk diekstrak minyaknya, dan menjalani proses pemurnian di *refinery*. Minyak sawit yang telah diolah harus menjalani proses pencampuran biodiesel (*blending*) dengan solar terlebih dahulu, sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah dan ketetapan Pertamina melalui pola distribusi dan kontrol kualitas yang dilakukan terhadap BBN Pertamina. Kemudian biosolar tersebut didistribusikan lagi menuju *retailer*, SPBU maupun konsumen industri yang membutuhkan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pola Distribusi Terhadap BBN Pertamina [16]

Perlu diketahui bahwa pendistribusian BBN biodiesel dikelola oleh badan usaha minyak dan gas milik negara, yaitu Pertamina, sehingga biodiesel yang telah diolah akan menjalani proses distribusi layaknya ilustrasi pada Gambar 2.4, namun saat ini tercetus pengembangan program *blending* manual oleh masing-masing pabrik agar mempermudah proses persediaan biodiesel.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian yang memiliki topik serupa dengan penelitian ini, yaitu tentang simulasi dinamik, ataupun pemodelan mengenai biodiesel dalam berbagai konteks atau ruang lingkup. Namun, pada umumnya pemodelan baru diterapkan dalam konteks produksi dan distribusi kelapa sawit saja.

Lembito et al. melakukan penelitian dengan judul “Designing a Supply Chain System Dynamic Model for Palm Oil Agro-Industries” [17]. Model dinamis rantai pasok industri CPO yang disusun terdiri dari submodel produksi, permintaan dan suplai, serta pendapatan dan biaya. Model dinamis memasukan parameter biaya logistik yang terdiri dari biaya transportasi dan penyimpanan. Namun model tersebut belum memasukan potensi CPO untuk memenuhi kebutuhan biodiesel.

Handoko et al. juga melakukan penelitian tentang permodelan sistem dinamik untuk ketercapaian kontribusi biodiesel dalam bauran energi Indonesia 2025 sesuai Peraturan Presiden No 5 tahun 2006 [18]. Model sistem dinamis yang disusun terdiri dari lahan, pabrik refinery, pabrik biodiesel, dan penggunaan untuk minyak goreng dan biodiesel sebagai bahan bakar. Penelitian menggabungkan kemungkinan penyediaan biodiesel dengan menggunakan bahan baku CPO dan minyak jarak pagar. Hasil penelitian menyebutkan pada kondisi mandat 5 % dan subsidi biodiesel Rp. 2000 per liter tidak akan mencapai target biodiesel pada tahun 2025 sebesar 10.22 juta Kl. Target kontribusi biodiesel dalam bauran energi Indonesia 2025 sebesar 10.22 juta ton tersebut dapat dicapai dengan intervensi kebijakan-kebijakan yang meliputi 1) pencabutan subsidi solar, 2) perluasan implementasi kewajiban penggunaan campuran biodiesel ke solar di sektor transportasi non PSO, industri, dan pembangkit listrik sehingga mencapai target minimum campuran sebesar 10 %, 3) Pengenaan pajak lingkungan terhadap solar sebesar minimum 5 % sebagai tambahan atas pengenaan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) dan Pajak Bahan Bakar Kendaraan (PBBKB), 4) Subsidi biodiesel minimum sebesar Rp. 2000 per liter. Penelitian memasukkan minyak jarak sebagai sumber bahan baku biodiesel, padahal dalam kenyataannya minyak jarak belum nyata berproduksi.

Penelitian juga hanya memasukkan minyak goreng sebagai alternatif penggunaan CPO, dan belum memasukan industri lain seperti oleokimia atau minyak kelapa sawit.

Penelitian terkait produksi CPO juga pernah dilakukan, dengan judul “Pengembangan Model Sistem Dinamik untuk Analisis Peningkatan Produksi Turunan Crude Palm Oil” [19]. Model yang dikembangkan penulis menggunakan metode sistem dinamik. Tujuan penelitian adalah untuk memecahkan permasalahan: bagaimana jumlah produksi minyak sawit yang diproses dapat meningkatkan pemanfaatan pengolahan produk minyak sawit derivatif. Hasil penelitian yang diperoleh adalah apabila penggunaan produk CPO dialokasikan 35% untuk diolah menjadi stearin, dan 5% dari stearin digunakan dalam sabun lokal maka hal tersebut dapat memenuhi kebutuhan sabun domestik hingga tahun 2015. Kelebihan dari penelitian ini adalah, penulis mempertimbangkan segala faktor yang berpengaruh dalam proses produksi CPO, mulai dari produksi stearin hingga produksi olein untuk berbagai produk turunan sawit. Penulis juga mempertimbangkan persentase ekspor dan impor sawit yang berpengaruh pada kapasitas atau jumlah produk sawit yang dihasilkan. Dengan adanya penelitian ini, analisa penggunaan minyak sawit untuk produk turunannya dapat diamati serta penggunaan untuk jangka waktu kedepannya dapat diprediksi.

Kemudian, Zheng juga melakukan penelitian mengenai penyediaan bahan baku biofuel di Washington yang mengalami ketidakpastian harga [20]. Zheng memaparkan bahwa bahan bakar nabati, sebagai alternatif bahan bakar untuk transportasi, kini digunakan secara global. Hal ini merupakan keuntungan bagi negara pemasok, sehingga banyak dari mereka yang mencari cara efisien untuk merangsang

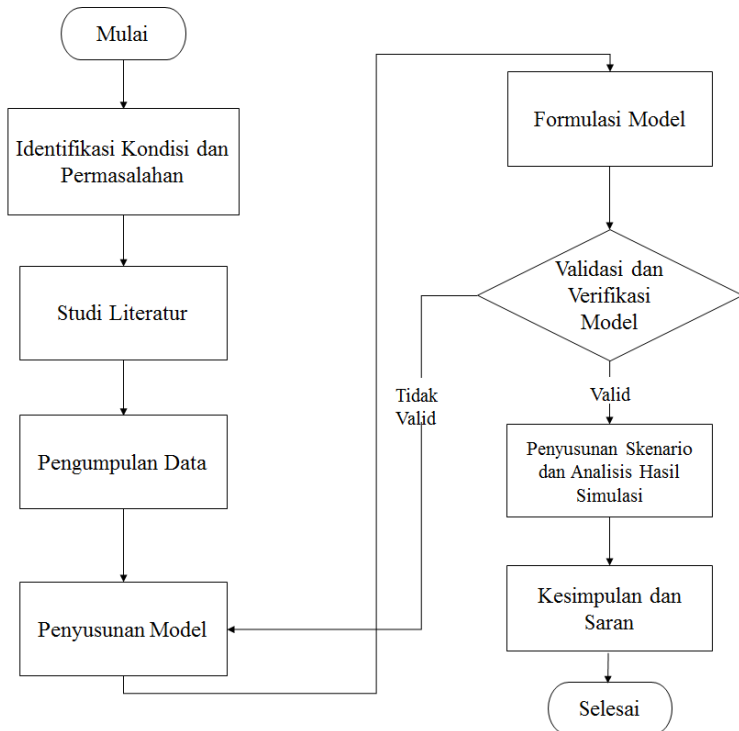
perkembangan biofuel di negara industri. Penelitian ini menggunakan model dalam memaksimalkan utilitas dalam memperkirakan keseimbangan penggunaan penyediaan tanaman (bahan baku) biofuel di Washington, dengan pertimbangan risiko harga. Metode dilanjutkan dengan memeriksa hasil statistik komparatif model, untuk digunakan dalam pengambilan keputusan sebagai implikasi bagi petani bahan baku biofuel di Washington. Hasil dari analisis model, didapat dari tiga potensi tanaman bahan baku biofuel, hanya satu yang dapat diimplikasikan di Washington.

Dewi dan Fatimah juga melakukan penelitian mengenai dampak permintaan biodiesel dari kelapa sawit di pasar Malaysia [21]. Dalam penelitiannya, mereka menyatakan bahwa dalam beberapa tahun terakhir, dengan latar belakang kekhawatiran mengenai peningkatan kebutuhan pasokan energi serta kepedulian lingkungan, telah meningkatkan minat untuk sumber energi terbarukan. Hal ini telah mengakibatkan beberapa negara untuk mencari bioenergi alternatif yang mengarah pada peningkatan permintaan bioenergi berbasis bahan baku seperti kelapa dan minyak rapeseed (untuk biodiesel) dan gula tebu dan jagung (untuk etanol). Karena pentingnya peningkatan biodiesel di Malaysia dan di tempat lain, dampak dari permintaan baru telah menambahkan dimensi baru dalam pasar minyak khususnya kelapa sawit. Penelitian ini berusaha untuk menguji dampak dari permintaan biodiesel dengan keadaan pasar minyak sawit di Malaysia. Studi ini mencoba untuk mengintegrasikan dinamika ekonomi dan pendekatan pemodelan sistem untuk pasar minyak sawit di Malaysia. Dinamika sistem pada sisi lain memberikan alternatif dasar untuk menangani sistem umpan balik (multi-loop) yang ada dipasar yang kompleks seperti minyak kelapa. Simulasi menganalisis perilaku dari sistem komoditas dengan

mengidentifikasi hubungan sebab dan akibat dan umpan balik yang menciptakan dinamika dalam sistem. Keunikan dari penelitian ini adalah, elemen sistem yang dimasukkan dalam model ini cukup luas, seperti pasokan, domestik permintaan, permintaan ekspor, harga-harga dunia, domestik dan saham. Model secara umum mampu menangkap kompleksitas dan ketergantungan yang ada dalam sistem, dan dapat digunakan untuk mempelajari efek perubahan dari satu atau lebih variabel.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang langkah-langkah pengerjaan tugas akhir dalam memodelkan dan mensimulasikan sistem rantai pasok biodiesel pada masa akan datang. Model disimulasikan sesuai dengan kondisi nyata yang berjalan kemudian digunakan untuk mengetahui apakah suplai yang dilakukan dapat mencukupi besarnya permintaan konsumen pada masa yang akan datang. Metodologi dari penelitian ini digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Pada bagian ini menjelaskan seluruh tahapan yang dilakukan selama penelitian berdasarkan metodologi yang digambarkan pada Gambar 3.1.

3.1.1 Identifikasi Kondisi dan Permasalahan

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi mengenai kondisi dan gambaran umum permasalahan sistem, mulai dari permasalahan-permasalahan yang ada, proses distribusi pada setiap lini, dan hal-hal lain yang diperlukan untuk memperoleh gambaran umum tugas akhir. Untuk mengetahui permasalahan yang sebenarnya, maka perlu mengumpulkan informasi secara aktual sesuai dengan kejadian lapangan dan semua gejala yang ditimbulkannya. Dalam tugas akhir ini permasalahan yang diungkapkan adalah pembuatan model dan simulasi untuk menciptakan model rantai pasok biodiesel yang efektif dan efisien dengan pemanfaatan berskala nasional.

3.1.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari sumber-sumber pendukung. Sumber-sumber yang dimaksud dapat berupa jurnal tugas akhir, buku, *electronic book* yang membahas mengenai *supply chain*, sistem dinamik, dan energi biodiesel. Diharapkan dengan mengetahui dasar-dasar ilmu yang digunakan akan membantu memahami secara mendalam konsep dan teori untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.1.3 Pengumpulan Data

Setelah tahapan identifikasi perencanaan sistem, maka tahapan selanjutnya adalah pengumpulan data. Pengerjaan tugas akhir ini, membutuhkan beberapa data yang bersangkutan dalam permasalahan yang diambil. Untuk kasus rantai pasok

biodiesel nasional, diperlukan jenis data sekunder – dimana data yang diperoleh berasal dari sumber yang sudah tersedia sebelumnya. Beberapa data pokok yang digunakan, diambil dari hasil penelitian (survei) yang telah dilakukan oleh Badan Pusat Statistik. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data populasi, data luas lahan, data jumlah produksi, produktivitas dan lain sebagainya.

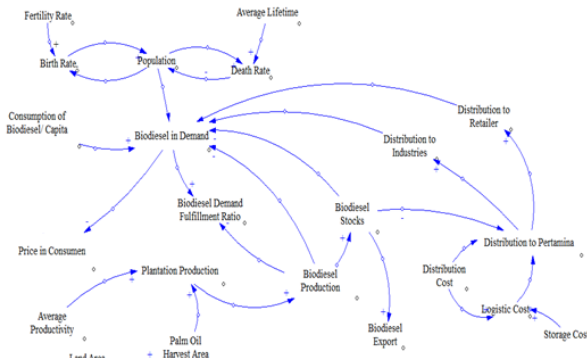
Sedangkan, untuk pengembangan submodel, dibutuhkan data mikro seperti biaya tangki timbun, biaya outbound logistic, dan biaya transportasi (distribusi) darat. Pengumpulan data mikro tersebut akan dilakukan secara langsung dengan wawancara, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan tanya jawab dengan pelaku usaha industri biodiesel, PT. XYZ mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian secara lisan.

3.1.4 Penyusunan Model

Tahap ini merupakan penyusunan model dengan software simulasi yaitu Vensana Simulation (Vensim). Model merepresentasikan semua variabel terkait dengan tugas akhir. Ketika data pendukung pengamatan di lapangan dan tujuan telah ditentukan, maka data dapat diolah dan dipelajari. Sehingga, dapat dirumuskan asumsi, kendala, sebab akibat dari suatu variabel dengan variabel yang lain, serta faktor lain yang berhubungan dengan pembuatan model [22]. Membuat model dilakukan dengan penggambaran *Causal Loop Diagram* (CLD). Model tersebut digunakan untuk menggambarkan bagaimana jalannya sistem yang akan dianalisa agar dapat membuat skenario lain dan dibuat dengan komponen-komponen antara lain: subyek yang terlibat dalam sistem, faktor-faktor yang mempengaruhi, dan obyek yang dikenai pekerjaan dan akibat dari jalannya sistem sehingga dapat

memudahkan untuk memahami kondisi saat ini. Oleh karena itu, dibutuhkan pula adanya analisis variabel yang dimasukkan dan dibuat menjadi diagram kausatik untuk mengetahui pola perilaku dan hubungan antar variabel yang sudah didefinisikan, sehingga dapat berguna untuk menyesuaikan model dengan perilaku kehidupan nyata. Adapun pembahasan analisis variabel dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Diagram kausatik berupa CLD menampilkan hubungan yang memiliki pengaruh baik positif maupun negatif pada sistem. Pengaruh positif ditandai dengan (+) dan pengaruh negatif ditandai dengan (-). Berikut merupakan diagram kausatik rantai pasok biodiesel yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram CLD Rantai Pasok Biodiesel

3.1.5 Formulasi Model

Setelah mengetahui kebutuhan sistem, dasar-dasar ilmu serta teknologi yang digunakan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan formulasi model dari simulasi yang akan dilakukan. Tahapan ini merupakan pembuatan model matematis atau Flow Diagram dari base model sebelumnya yang telah dirumuskan melalui pembentukan keterkaitan antar

variabel yang menggambarkan sistem dan dinyatakan dalam formulasi (persamaan) berdasarkan data yang telah diolah sebagai kombinasi dari variabel peubah, dan sejumlah persamaan yang menunjukkan hubungan antar variabel-variabel tersebut. Model dikerjakan dengan bantuan *tools* software Ventana System (Vensim), dan formulasi model disesuaikan dengan jenis bahasa simulasi yang digunakan, yaitu bahasa dynamo.

3.1.6 Pengujian Model

Setelah pembuatan model, tahap selanjutnya adalah pengujian model. Pengujian model simulasi selalu mencakup dua tahapan penting, yaitu validasi dan verifikasi model. Pada fase verifikasi model dilakukan proses pengecekan terhadap model, apakah model yang sudah dibuat telah merefleksikan model konseptual dengan jelas dan terbebas dari *error*. Verifikasi model harus dilakukan terutama untuk menghindari terjadinya kesalahan logika yang mungkin timbul, sehingga memastikan model dapat memberikan solusi yang masuk akal. Verifikasi model juga mencegah terjadinya kesalahan umum, seperti cakupan variabel yang kurang penting sementara variabel lain yang signifikan justru terabaikan.

Sedangkan validasi model, bertujuan untuk melihat apakah model sudah menggambarkan kondisi nyata atau tidak. Validasi model dilakukan setelah model simulasi diverifikasi. Pada tahap ini, proses pengujian model dilakukan. Suatu model dapat dikatakan valid ketika tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata yang diamati baik dari karakteristiknya maupun dari perilakunya. Pengujian yang akan digunakan untuk melakukan validasi adalah melalui metode *behaviour validity test*, yaitu fungsi yang digunakan

untuk memeriksa apakah model yang dibangun mampu menghasilkan tingkah laku (*behaviour*) *output* yang diterima.

Menurut Barlas [23], dua cara yang dapat dilakukan untuk memvalidasi model simulasi adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan Rata – Rata (Mean Comparison)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

Dimana:

\bar{S} = nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = nilai rata-rata data

Model valid apabila nilai $E1 \leq 5\%$

2. Perbandingan Variasi Amplitudo (% Error Variance)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana:

Ss = standard deviasi model

Sa = standard deviasi data

Model valid apabila nilai $E2 \leq 30\%$

Dari proses verifikasi dan validasi, model simulasi yang telah teruji keandalannya dapat dihasilkan. Model tersebut masih harus dianalisis melalui perbandingan hasil *output* skenario, sehingga pertanyaan yang diajukan diawal pembentukan model dapat terjawab.

3.1.7 Penyusunan Skenario dan Analisis Hasil Simulasi

Dari tujuan tugas akhir dirancang skenario guna memberikan alternatif keputusan ideal. Pada tahap ini akan dilakukan perubahan kondisi terhadap variabel model sehingga akan dihasilkan *output* yang berbeda dengan model awal. Dari *output* yang berbeda tersebut nantinya dilakukan analisa pengaruh perubahan, apakah terjadi efek perbedaan secara signifikan atau tidak.

Skenario dibuat untuk mengetahui kondisi yang paling ideal dari sistem. Penyusun skenario terhadap persebaran biodiesel dilakukan dengan mengubah nilai pada variabel-variabel yang berpengaruh terhadap performa sistem. Adapun pengembangan skenario dilakukan dengan memanfaatkan data untuk menciptakan berbagai kemungkinan. Pada sistem dinamik terdapat dua jenis skenario, yaitu:

1. Skenario Parameter

Skenario parameter dilakukan dengan mengubah nilai parameter model dan melihat dampaknya terhadap *output* model.

2. Skenario Struktur

Skenario Struktur dilakukan dengan mengubah struktur model, dengan menambahkan beberapa *feedback loop*, menambahkan parameter baru, dan mengubah struktur *feedback loop*. Hal ini bertujuan untuk membentuk rekomendasi struktur baru yang dapat memperbaiki kinerja sistem. Dari skenario-skenario yang telah dibuat dilakukan analisis dan pengkajian secara mendalam untuk mencari skenario yang ideal sebagai acuan pembuatan kebijakan. Hasil analisis dibuat mengacu pada tujuan tugas akhir.

3.1.8 Kesimpulan dan Saran

Langkah selanjutnya adalah membuat kesimpulan dan saran. Langkah ini digunakan untuk mengetahui apakah hasil tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah diterapkan serta memberikan saran berupa pengembangan atau perbaikan tugas akhir selanjutnya. Kesimpulan dan saran dibuat untuk melengkapi penyusunan dokumentasi tugas akhir, yang mana ditujukan agar seluruh langkah-langkah yang telah dilakukan dapat memberikan informasi yang berguna bagi yang membacanya. Tahap ini merupakan tahapan terakhir dalam pengerjaan tugas akhir. Tahapan ini mendokumentasikan seluruh tahapan yang dilakukan dan seluruh luaran dari setiap proses yang dijalani. Luaran dari proses ini adalah buku laporan tugas akhir yang disesuaikan dengan *format* yang sudah ditetapkan oleh Jurusan Sistem Informasi.

BAB 4 MODEL DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pembuatan model yang sesuai dengan sistem nyata serta penjelasannya untuk memastikan kebenaran dari implementasi model. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap model tersebut, sehingga dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan di tugas akhir dengan menggunakan bantuan aplikasi *Ventana System (Vensim)*.

4.1 Analisa Sistem

Pada tahapan ini, akan dilakukan penjabaran pokok permasalahan utama dan identifikasi faktor-faktor apa saja yang terlibat dalam permasalahan di tugas akhir ini. Sehingga dapat mengetahui gambaran jelas sistem yang akan dibuat.

4.1.1 Pengumpulan Data

Setelah tahapan identifikasi perencanaan sistem, maka tahapan selanjutnya adalah pengumpulan data. Pengerjaan tugas akhir ini, membutuhkan beberapa data yang bersangkutan dalam permasalahan yang diambil. Untuk kasus rantai pasok biodiesel nasional, diperlukan jenis data sekunder – dimana data yang diperoleh berasal dari sumber yang sudah tersedia sebelumnya. Beberapa data pokok yang digunakan, diambil dari hasil penelitian (survei) yang telah dilakukan oleh Badan Pusat Statistik. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data populasi, data luas lahan, data jumlah produksi, produktivitas dan lain sebagainya.

Sedangkan, untuk pengembangan submodel, dibutuhkan data mikro seperti biaya tangki timbun, biaya outbound logistic, dan biaya transportasi (distribusi) darat. Pengumpulan data

mikro tersebut akan dilakukan secara langsung dengan wawancara, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan tanya jawab dengan pelaku usaha industri biodiesel, PT. XYZ mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian secara lisan.

4.1.2 Analisa Variabel

Dari hasil pengumpulan data dan penggalian teori terhadap studi literatur yang ada, maka dibutuhkan analisa faktor-faktor apa saja yang saling berhubungan dan digunakan dalam pembuatan model simulasi sistem dinamik. Dari faktor-faktor yang dapat didefinisikan, kemudian akan diketahui variabel-variabel yang berpengaruh dalam permasalahan yang diambil di tugas akhir ini. Dari studi literatur yang dijalani, didapat beberapa variabel yang merupakan elemen penting dalam sebuah rantai pasok, diantaranya adalah

1. *demand*
2. *production*
3. *inventory*
4. *cost*
5. *fill rate*

Adapun pengerjaan tugas akhir ini, menggunakan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap studi kasus, yaitu rantai pasok biodiesel. Dari kelima variabel yang telah disebut, terdapat kesamaan antara variabel yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, dengan hasil dari penelusuran studi literatur. Penggunaan variabel pada pengerjaan tugas akhir ini merupakan pengembangan dari variabel hasil studi literatur, serta analisis penulis dalam menyesuaikan kebutuhan variabel terhadap kondisi eksis sistem rantai pasok biodiesel yang ada. Beberapa variabel signifikan terhadap rantai pasok biodiesel

yang dianalisis dan berperan untuk digunakan pada tugas akhir ini, ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Variabel yang Digunakan

| Variabel | Deskripsi | Satuan |
|---|---|---------------|
| Permintaan komoditas (<i>Commodity in Demand</i>) | Menunjukkan jumlah komoditas CPO yang telah diolah menjadi biodiesel yang dibutuhkan oleh konsumen. Dengan menunjukkan rata-rata konsumsi per kapita dikalikan jumlah penduduk yang merupakan pengguna biodiesel. | Ton |
| Produksi (<i>Production</i>) | Menunjukkan jumlah produksi dari hasil lahan yang digunakan untuk memproduksi CPO pertahunnya. Yang mana dengan mengetahui rata produktivitas dari lahan/ha-nya, maka hasil produksi bisa diketahui. | Ton/ha |
| <i>Land area</i> | Menunjukkan jumlah luas lahan kebun sawit yang digunakan untuk | Ha |

| | | |
|--|---|-------|
| | memproduksi CPO pertahunnya. | |
| Stok (<i>Commodity in Stocks</i>) | Menunjukkan jumlah stok biodiesel yang disimpan di gudang secara keseluruhan per-tahunnya. Komoditas yang disimpan, diperoleh dari badan pemerintah (Pertamina) yang didapat dari industri atau petani sawit | Ton |
| <i>Cost</i> | Menunjukkan biaya yang harus dikeluarkan pada proses dari produksi hingga sampai ke tangan konsumen | Rp/Kl |
| <i>Harga</i> | Menunjukkan jumlah harga yang ada di level konsumen (pemberhentian dari manajemen rantai pasok). Dikarenakan konsumen merupakan tempat terakhir, biasanya harganya berdampak mahal karena pada proses/alur distribusinya terdapat | Rp/Kl |

| | | |
|--|---|---|
| | biaya-biaya lain yang masih dibutuhkan. | |
| <i>Commodity in Demand Fulfillment</i> | Menunjukkan rasio pemenuhan akan kebutuhan komoditi biodiesel, apakah terpenuhi atau tidak, sehingga dapat memenuhi permintaan akan komoditas. Rasio pemenuhan ditunjukkan dengan perbandingan jumlah produk yang tersedia ketika diminta oleh konsumen, dengan mengetahui jumlah produksi komoditi yang dihasilkan dan jumlah permintaan komoditi yang diminta, maka akan diketahui apakah komoditi tersebut akan menjadi defisit atau surplus. | - |

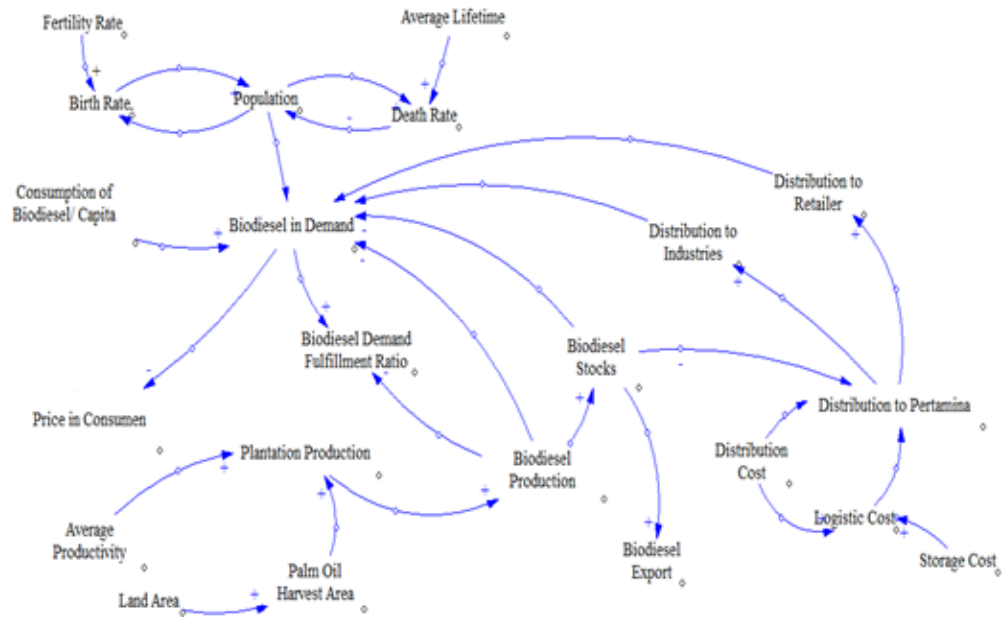
4.2 Membuat Model Kausatik

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui pola perilaku dan hubungan antar variabel yang ada pada simulasi, sehingga dapat berguna untuk menentukan kesesuaian model dengan

perilaku di kehidupan. Dalam pemodelan menggunakan sistem dinamik memiliki tahapan-tahapan dalam proses pembuatannya. Menggunakan metode Sistem Dinamik ini dilakukan untuk memodelkan proses ketersediaan bahan bakar nabati biodiesel saat ini (kondisi *existing*) di Indonesia. Kemudian dari model tersebut disimulasikan dengan data kondisi saat ini. Lalu dilakukan verifikasi dan validasi model dibandingkan dengan kondisi nyata. Selanjutnya terakhir, membuat skenario perubahan atau perbaikan manajemen rantai pasok yang diusulkan untuk dapat meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensinya. Hasil simulasi diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan berbagai sektor yang terlibat dalam rantai pasok BBN ini.

Pembuatan diagram kausatik bertujuan untuk mengetahui pola perilaku dan hubungan antar variabel yang ada pada simulasi secara konseptual. Sehingga dapat berguna dalam menentukan kesesuaian model dengan perilaku di kehidupan. Diagram kausatik dibuat dengan cara menentukan variabel yang berpengaruh dalam sistem. Diagram ini menggambarkan hubungan berpengaruh positif (+) dan berpengaruh negatif (-) pada sistem. Kemudian digambarkan pula dalam sebuah *Casual Loop Diagram* (CLD).

Dalam kasus yang diambil pada tugas akhir ini digambarkan dalam bentuk diagram kausatik dengan faktor-faktor utama yaitu ketersediaan biodiesel secara nasional. Kemudian ditentukan pula hal-hal yang dapat mempengaruhi proses manajemen rantai pasoknya, baik berpengaruh positif maupun negatif agar dapat memenuhi tujuan awal penelitian. Berikut adalah diagram kausatik yang terbentuk dari sistem, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:

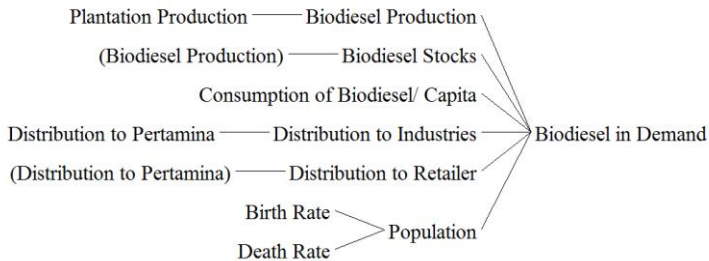


Gambar 4.1 Diagram Kausatik

Dalam diagram kausatik pada Gambar 4.1 digambarkan beberapa sub model yang memiliki keterkaitan dan hubungan sebab akibat yang bersifat positif maupun negatif, berikut diantaranya :

1. *Biodiesel in Demand*

Demand adalah variabel yang menjelaskan mengenai jumlah biodiesel yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan masyarakat akan konsumsi energi tiap orangnya/ per-kapita. Berikut adalah variabel yang mempengaruhinya:



Gambar 4.2 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel in Demand

a. *Biodiesel Production*

Variabel ini menjelaskan jumlah biodiesel yang dapat dihasilkan (diproduksi) per-hektar lahan sawit tiap tahunnya.

b. *Biodiesel Stocks*

Variabel ini menjelaskan jumlah biodiesel yang ditampung, dalam suatu tempat penyimpanan. Biasanya tempat penyimpanan biodiesel berupa tangki timbun layaknya jenis bahan bakar lainnya.

c. *Consumption of Biodiesel/ Capita*

Variabel ini menjelaskan besarnya jumlah rata-rata tiap orang per-kapita dalam satu tahun mengkonsumsi (menggunakan) biodiesel sebagai bahan bakar nabati.

d. *Distribution to Industries*

Variabel ini menjelaskan apabila permintaan bertambah, dapat juga dikarenakan adanya pendistribusian biodiesel untuk keperluan industri.

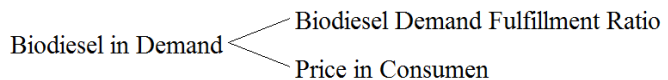
e. *Distribution to Retailer*

Variabel ini menjelaskan apabila permintaan bertambah maka pendistribusian biodiesel ke *retailer* akan melanjutkan produk hingga menuju konsumen sebagai tujuan akhir dari pendistribusian biodiesel. Sehingga dapat membantu konsumen dalam menjangkau sumber energi ini.

f. *Population*

Variabel ini menjelaskan jumlah penduduk yang ada di suatu daerah untuk menentukan seberapa besar kebutuhan akan biodiesel tersebut dipenuhi.

Dan berikut adalah variabel-variabel yang dipengaruhi adanya *Biodiesel in Demand*:



Gambar 4.3 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel in Demand

a. *Biodiesel Demand Fulfillment Ratio*

Variabel yang menjelaskan rasio dari pemenuhan permintaan untuk kebutuhan konsumsi tiap jiwa per kapita, apakah sudah terpenuhi atau belum dengan total jumlah biodiesel yang diproduksi tiap tahunnya. Variabel ini menjadi salah satu

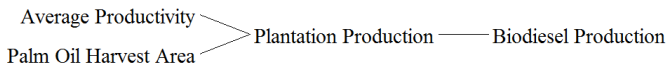
parameter penentu apakah suatu daerah sedang mengalami defisit atau surplus biodiesel.

b. Price in Consumer

Variabel yang menjelaskan besarnya harga biodiesel per liter di rantai distribusi akhir, yaitu konsumen. Harga di tingkat konsumen ini, salah satu pengaruhnya adalah permintaan (*demand*) biodiesel. Semakin tinggi permintaan, maka semakin tinggi harganya karena dibutuhkan produksi yang jauh lebih banyak pula.

2. *Biodiesel Production*

Production merupakan variabel yang menggambarkan banyaknya komoditas biodiesel yang dapat diproduksi atau dihasilkan dari lahan sawit per-hektar tiap tahunnya dalam rangka memenuhi kebutuhan konsumsi energi tersebut. Berikut adalah variabel yang mempengaruhinya:

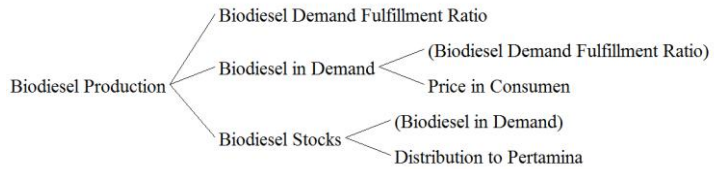


Gambar 4.4 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Production

a. Plantation Production

Variabel ini menjelaskan jumlah/ hasil dari lahan sawit yang dapat dimanfaatkan dan dipanen, untuk kemudian diolah menjadi biodiesel.

Dan berikut ini adalah variabel-variabel yang dipengaruhi adanya *Biodiesel Production*:



Gambar 4.5 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel Production

a. *Biodiesel Demand Fulfillment Ratio*

Variabel ini menjelaskan rasio pemenuhan dari permintaan biodiesel untuk kebutuhan konsumsi tiap jiwa per-kapita. Apakah sudah terpenuhi atau belum dengan total jumlah biodiesel yang diproduksi tiap tahunnya. Rasio pemenuhan juga menjadi penentu untuk melihat apakah suatu daerah sedang mengalami defisit atau surplus biodiesel.

b. *Biodiesel in Demand*

Variabel ini menjelaskan mengenai jumlah permintaan akan biodiesel yang dibutuhkan oleh masyarakat.

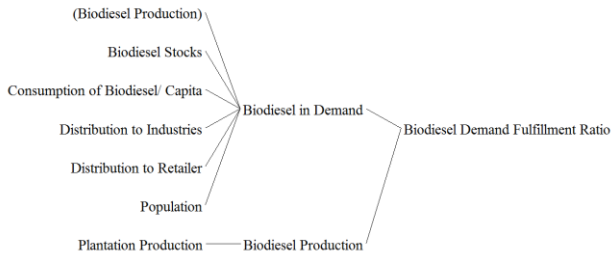
c. *Biodiesel in Stocks*

Variabel ini menjelaskan jumlah biodiesel yang ditampung atau disimpan dalam suatu tempat penyimpanan, umumnya berupa gudang atau tangki timbun.

3. *Biodiesel Demand Fulfillment*

Demand Fulfillment merupakan variabel yang menggambarkan banyaknya biodiesel yang diproduksi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi tiap jiwa (per-kapita). Dengan melihat jumlah produksi yang dihasilkan dibagi dengan jumlah permintaan biodiesel per-tahunnya. Sehingga dapat diketahui apakah suatu daerah termasuk surplus atau defisit dalam pemenuhan kebutuhan

biodieselnnya. Berikut adalah variabel-variabel yang mempengaruhinya:



Gambar 4.6 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Demand Fulfillment Ratio

a. *Biodiesel in Demand*

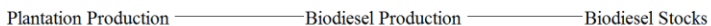
Variabel yang menjelaskan banyaknya permintaan akan biodiesel yang dibutuhkan oleh masyarakat.

b. *Biodiesel Production*

Variabel yang menjelaskan mengenai banyaknya biodiesel yang diproduksi tiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

4. *Biodiesel in Stocks*

Stock adalah variabel yang menjelaskan jumlah seluruh komoditas yang diproduksi lalu disimpan dalam suatu tempat penyimpanan. Variabel ini juga digunakan untuk mengetahui apakah jumlah produksi biodiesel sudah bisa memenuhi permintaan biodiesel. Berikut adalah variabel lain yang mempengaruhinya:

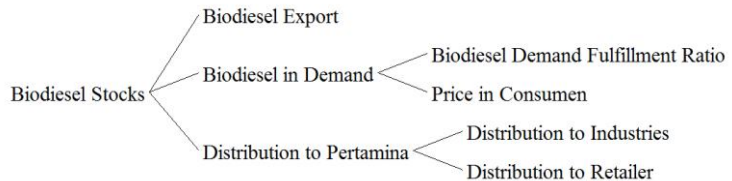


Gambar 4.7 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Stocks

a. *Biodiesel Production*

Variabel yang menjelaskan mengenai banyaknya biodiesel yang diproduksi tiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

Dan berikut adalah variabel lain yang dipengaruhi adanya *Biodiesel in Stocks*:



Gambar 4.8 Variabel yang Dipengaruhi Biodiesel Stocks

a. *Biodiesel Export*

Variabel yang menjelaskan banyaknya jumlah dari biodiesel yang diproduksi, namun bukan untuk dimanfaatkan oleh dalam negeri, melainkan untuk diekspor/ dijual ke negara lain yang membutuhkan.

b. *Biodiesel in Demand*

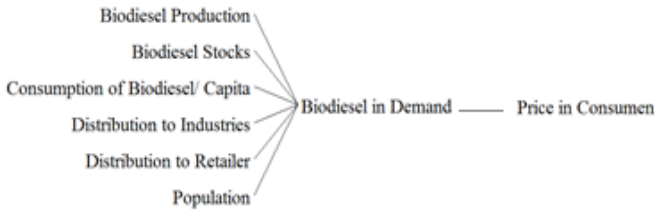
Variabel yang menjelaskan banyaknya permintaan akan biodiesel yang dibutuhkan oleh masyarakat.

c. *Biodiesel Distribution to Pertamina*

Variabel yang menjelaskan bahwa untuk pemasaran biodiesel dilakukan oleh badan pemerintahan Pertamina.

5. *Biodiesel Price in Consumer*

Price in Consumer adalah variabel yang menggambarkan besarnya harga biodiesel di tangan konsumen. Berikut adalah variabel yang mempengaruhinya:



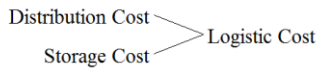
Gambar 4.9 Variabel yang Mempengaruhi Price in Consumer

a. *Biodiesel in Demand*

Variabel yang menjelaskan banyaknya permintaan akan biodiesel yang dibutuhkan oleh masyarakat.

6. *Biodiesel Logistic Cost*

Logistic Cost adalah variabel yang menggambarkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan dalam proses logistik biodiesel hingga berakhir di tangan konsumen.



Gambar 4.10 Variabel yang Mempengaruhi Biodiesel Logistic Cost

a. *Distribution Cost*

Variabel yang menggambarkan besarnya biaya transportasi untuk mendistribusikan biodiesel dari pabrik pengolahan hingga ke tangan konsumen.

b. *Storage Cost*

Variabel yang menggambarkan besarnya biaya yang melibatkan persediaan biodiesel dalam tangki penyimpanan, seperti biaya tempat, listrik, dan lain-lain.

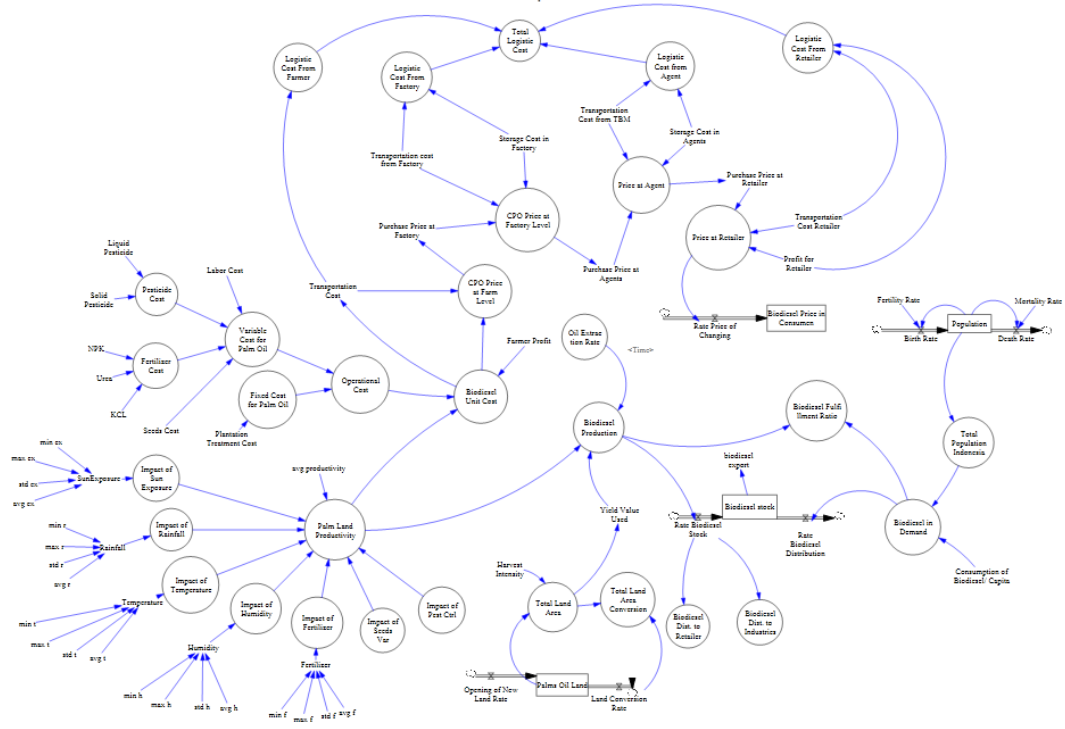
4.3 Membuat Model Matematis (*flow diagram*)

Tahapan selanjutnya yaitu membuat formulasi model dengan *Flow Diagram*. *Flow Diagram* berfungsi untuk menggambarkan atau mensimulasikan alur ketersediaan biodiesel berdasarkan data yang telah diolah. Sehingga dalam pembuatan *base model* ini bergantung pada proses sebelumnya, yaitu pengumpulan data. Untuk dapat membuat *Flow Diagram*, yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan faktor apa saja (di dalam sistem) yang nilainya mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Faktor tersebut akan dilambangkan sebagai *level*.
2. Menentukan laju penambahan dan pengurangan dari level serta faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhinya. Selanjutnya, laju akan dilambangkan dengan *Rate*.
3. Menentukan variabel bantu yang akan menjadi parameter dalam memenuhi tujuan awal penelitian.
4. Menentukan interval waktu yang digunakan pada simulasi sesuai dengan data yang diperoleh untuk tugas akhir. Sehingga penentuan waktu simulasi akan sama dengan periode pada data yang digunakan untuk proses validasi.

Untuk mempermudah pengamatan dan analisis, *Flow Diagram* yang telah dibuat dibagi menjadi beberapa sub-model. Pembentukan sub-model berdasarkan variabel-variabel yang signifikan terhadap studi kasus tugas akhir. Pada masing-masing sub-model akan dijelaskan mengenai formula tiap variabel yang digunakan. Formulasi tersebut didapat dari data yang telah diolah saat melakukan tinjauan pustaka maupun pengumpulan data. Berikut adalah diagram keseluruhan *stock*

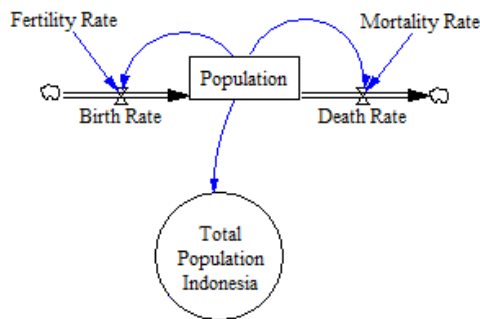
& *flow* untuk rantai pasok biodiesel di Indonesia, yang ditunjukkan oleh Gambar 4.11



Gambar 4.11 Diagram Stock and Flow Rantai Pasok Biodiesel

4.3.1 Sub-model Population

Pada sub-model populasi ini menggambarkan jumlah populasi (jumlah penduduk) yang hidup di Indonesia. Jumlah populasi dipengaruhi oleh jumlah kelahiran yang dihitung dari rata-rata wanita usia subur dengan jumlah populasi dan jumlah kematian, yang dihitung dari rata-rata angka harapan hidup dengan jumlah populasi keseluruhan. Data yang ditampilkan dalam sub-model ini adalah data tahunan dari tahun 2000-2016. Berikut adalah sub-model populasi yang ditunjukkan oleh Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Sub-model Populasi

Dalam sub-model ini terdapat nilai *Level* yang menunjukkan nilai akumulasi dari jumlah populasi di Indonesia, yang didapat dari perhitungan nilai laju kelahiran - laju kematian. Sedangkan untuk nilai *Parameter* diperoleh dari data-data yang telah didapat pada tahap pengumpulan data. Dari model tersebut persamaan dari variabel yang ada dituliskan pada Tabel 4.2. Masing-masing variabel tersebut memiliki perumusan fungsi sendiri dan ada pula yang telah terdefiniskan nilainya dari data yang telah didapat dari pengumpulan data.

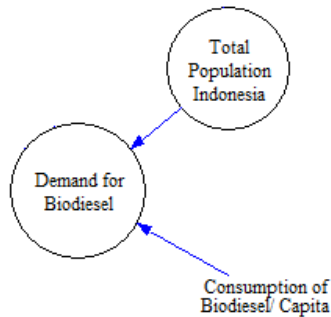
Tabel 4.2 Persamaan Sub-Model Population

| Variabel | Persamaan |
|----------------------------|---|
| Fertility Rate | 0.0176 |
| Mortality Rate | 0.0045 |
| Birth Rate | “Fertility Rate”*Population |
| Death Rate | “Mortality Rate”*Population |
| Population | INTEG(“Birth Rate”-“Death Rate”, 2.06265e+008) |
| Population Initial Value | 2.06265e+008 |
| Total Population Indonesia | ”Population” |

4.3.2 Sub-model Demand

Pada Sub-Model *biodiesel in demand* ini menggambarkan jumlah dari permintaan biodiesel yang sesuai dengan rata-rata konsumsi per-kapita (per-jiwa). Melihat beberapa penelitian yang telah dilakukan beberapa orang terdahulu, model untuk permintaan biodiesel ditentukan oleh jumlah populasi dan tingkat konsumsi bahan bakar. Kedua faktor ini digunakan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Lembito, yang menyebutkan bahwa jumlah populasi dan tingkat konsumsi bahan bakar, menjadi variabel yang mempengaruhi *demand* pada model [17]. Selain itu, Kenworthy dalam penelitiannya juga memaparkan tentang adanya keterkaitan antara permintaan bahan bakar dengan rata-rata konsumsi bahan bakar untuk setiap orang dan jumlah populasi total masyarakat Indonesia. Ia menuliskan bahwa semakin banyak jumlah penduduk dalam suatu daerah, maka semakin tinggi pula konsumsi energi yang dibutuhkan untuk digunakan [24].

Adapun variabel populasi sendiri – termasuk ke dalam dalam sub-model populasi yang telah dibahas sebelumnya – memiliki sub-model yang terpisah karena menghitung laju kelahiran & kematian. Kemudian hasil akhir dari sub-model populasi tersebut berpengaruh kepada variabel “*biodiesel in demand*” seperti pada Gambar 4.13. Berikut adalah sub-model *demand* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Sub-Model Biodiesel in Demand

Dalam sub-model ini terdapat nilai *auxiliary*, dimana nilai tersebut menunjukkan jumlah dari permintaan biodiesel dengan mengkalikan jumlah populasi dengan rata-rata konsumsi biodiesel perkapita tiap tahunnya. Sedangkan untuk nilai *Parameter* yang lainnya didapatkan ketika pengumpulan data. Berikut persamaan yang ada dalam model dituliskan pada Tabel 4.3, pada tingkat konsumsi bahan bakar, sewaktu tahun 2000 tercatat angka konsumsi biodiesel yang mencapai seribu ton biodiesel (*initial value*), yang kemudian setiap tahunnya meningkat sekitar 500 ton.

Tabel 4.3 Persamaan Sub-Model Demand

| Variabel | Persamaan |
|----------------------|--|
| Demand for Biodiesel | “Consumption of biodiesel / Capita”*”Total Population Indonesia” |

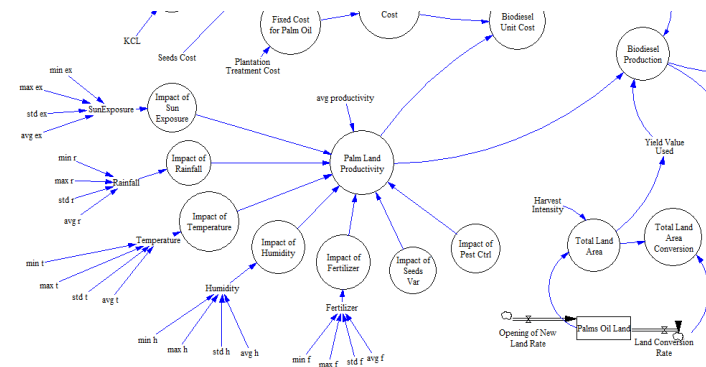
4.3.3 Sub-model Biodiesel Production

Pada sub-model produksi ini menggambarkan variabel yang mempengaruhi jumlah atau banyaknya biodiesel yang berhasil diproduksi dari tiap hektar lahan sawit yang digunakan untuk memanen kelapa sawit tiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen.

Untuk memproduksi biodiesel per-Kl/ton terdapat beberapa variabel yang saling berpengaruh. Sehingga sebelum memproduksi biodiesel maka kelapa sawit harus dipanen dahulu, dengan membutuhkan luas lahan yang digunakan untuk menanam sawit dan intensitas produksi tertentu (frekuensi penanaman sawit untuk dipanen oleh petani tiap tahunnya). Setelah itu barulah diketahui lahan panen yang dihasilkan. Adanya lahan panen yang merupakan variabel yang mempengaruhi produksi biodiesel, secara tidak langsung memiliki hubungan kepada produktivitas lahan untuk menghasilkan biodiesel per-hektar.

Pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit dipengaruhi oleh banyak faktor baik faktor yang dipengaruhi alam atau faktor yang dipengaruhi manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dapat dikelompokkan dalam 3 faktor, yakni faktor lingkungan, faktor bahan tanaman dan faktor kultur teknis. Faktor yang termasuk ke dalam faktor lingkungan ialah curah hujan, tingkat kelembapan, dan suhu. Sedangkan faktor

bahan tanaman terdiri dari faktor bibit yang disediakan untuk ditanam. Untuk faktor kultur teknis terdiri dari faktor pengendalian hama dan pengelolaan pemberian pupuk [25]. Sehingga pada sub-model produksi ini, produktivitas kelapa sawit diukur melalui persentase keterlibatan atau *impact* dari masing-masing faktor yang berpengaruh. Berikut adalah sub-model *Biodiesel Production* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.14



Gambar 4.14 Sub-Model Biodiesel Production

Dalam submodel ini terdapat variabel produktivitas yang menjelaskan mengenai nilai akumulasi dari variabel yang mempengaruhi produktivitas lahan dalam memproduksi bahan baku biodiesel.

Untuk membuat persamaan variabel produktivitas, dibutuhkan data mengenai iklim (curah hujan, intensitas eksposur matahari, suhu, kelembaban), dan juga pengaruh pemberian pupuk, bibit dan pestisida terhadap tanaman kelapa sawit. Data iklim diperoleh melalui data tahunan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) mengenai iklim. Sedangkan data pemberian pupuk [26], bibit [27], dan pestisida [28] diambil

dari beberapa penelitian terdahulu dan dapat dilihat pada Lampiran A.

Setelah mendapat data mengenai iklim, pupuk, bibit, dan pestisida, maka selanjutnya ialah menghitung perbandingan pengaruh iklim, pupuk, bibit, dan pestisida terhadap produktivitas. Parameter yang menjadi input setiap pengaruh/faktor, didapat dari nilai minimum dan maksimum suhu, curah hujan, kelembaban, sinar matahari, dan juga dosis pupuk yang tersedia. Kelima parameter tersebut digunakan untuk batasan nilai persamaan random pada model simulasi. Sedangkan untuk nilai pengaruh pemberian pestisida dan bibit dihitung melalui perbandingan produktivitas optimal dengan produktivitas yang kurang optimal. Untuk mencari nilai masukan random, menggunakan cara: mencari faktor & tahun yang memiliki angka produktivitas bagus, kemudian dibandingkan dengan rata-rata nilai produktivitas data historis. Setelah itu, mencari tahun yang memiliki angka faktor serta produktivitas dibawah nilai masukan yang telah ditentukan sebelumnya kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata produktivitas historis, jika sudah dilanjutkan dengan mencari tahun yang memiliki angka faktor serta produktivitas diatas nilai masukan yang telah ditentukan sebelumnya kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata produktivitas historis pula. Hasil penjumlahan parameter akan diakumulasikan dan dikali dengan angka rata-rata produktivitas data.

Rata-rata submodel ini menggunakan nilai *auxiliary* dan nilai *parameter*. Berikut adalah Tabel 4.4 yang menjelaskan persamaan yang digunakan pada submodel *Biodiesel Production*.

Tabel 4.4 Persamaan Sub-Model Biodiesel Production

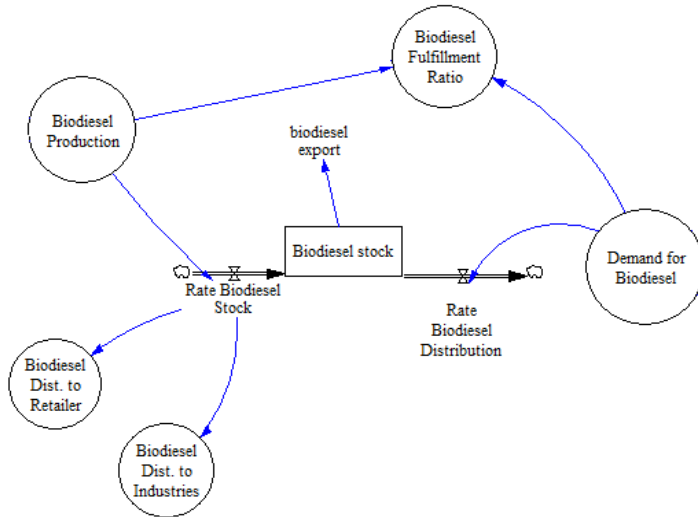
| Variabel | Persamaan |
|----------------------------|--|
| Palm Land Productivity | (Impact of Fertilizer+ Impact of Humidity + Impact of Rainfall + Impact of Temperature + Impact of Seeds Var+ Impact of Pest Ctrl + Impact of Sun Exposure)*avg productivity |
| Yield Value Used | Total Land Area |
| Harvest Intensity | 1 |
| Opening of New Land Rate | 0.08 |
| Palms Oil Land (area) | (“Opening of New Land Rate”- “Land Conversion Rate”)* “Palms oil land” |
| Land Conversion Rate | 0.01 |
| Total Land Area | Palms Oil Land*Harvest Intensity |
| Total Land Area Conversion | “Land Conversion Rate”*”Total Land Area” |
| Oil Extraction Rate | 15 |
| Biodiesel Production | (Biodiesel Production+(Palm Land Productivity*Yield Value Used*Oil Extraction Rate))/1000 |
| SunExposure | RANDOM NORMAL (min ex, max ex, avg ex, std ex, 1) |
| Rainfall | RANDOM NORMAL (min r, max r, avg r, std r, 1) |
| Temperature | RANDOM NORMAL (min t, max t, avg t, std t, 1) |
| Humidity | RANDOM NORMAL (min h, |

| | |
|------------------------|---|
| | max h, avg h, std h, 1) |
| Fertilizer | RANDOM NORMAL (min f, max f, avg f, std f, 1) |
| Impact of Sun Exposure | IF THEN ELSE(SunExposure=3.82, 0.12, IF THEN ELSE(SunExposure<3.82, 0.1, IF THEN ELSE(SunExposure>3.82, 0.03, 0))) |
| Impact of Temperature | IF THEN ELSE(Temperature=27.28, 0.14, IF THEN ELSE(Temperature<27.28, 0.035, IF THEN ELSE(Temperature>27.28, 0.01, 0))) |
| Impact of Rainfall | IF THEN ELSE(Rainfall=8.59, 0.14, IF THEN ELSE(Rainfall<8.59, 0.1, IF THEN ELSE(Rainfall>8.59, 0.0029, 0))) |
| Impact of Humidity | IF THEN ELSE(Humidity=80, 0.075, IF THEN ELSE(Humidity>80, 0.022, IF THEN ELSE(Humidity<80, 0.1438, 0))) |
| Impact of Fertilizer | IF THEN ELSE(Fertilizer=0.9, 0.07, IF THEN ELSE(Fertilizer>0.9, 0.02, IF THEN ELSE(Fertilizer<0.9, 0.002, 0))) |

4.3.4 *Sub-model Biodiesel Inventory*

Pada Sub-Model *Biodiesel Inventory* ini menggambarkan variabel yang mempengaruhi jumlah biodiesel yang disimpan dalam suatu tempat penampungan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Dengan menghitung rasio pemenuhannya, maka dapat diketahui apakah jumlah produksi biodiesel sudah memenuhi permintaan biodiesel dari konsumen. Dalam sub-model ini terdapat nilai *level* yang menunjukkan nilai akumulasi dari laju jumlah stok biodiesel yang akan didistribusikan kepada konsumen.

Terdapat pula faktor lain yang berpengaruh pada stok biodiesel, yaitu kuota ekspor biodiesel yang dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel konsumen non-domestik. Hal ini berpengaruh dikarenakan jumlah produksi biodiesel yang dihasilkan dari dalam negeri tidak seluruhnya terserap untuk digunakan sebagai bahan bakar oleh masyarakat Indonesia. Sehingga, kedepannya variabel ini juga turut diperhitungkan dalam analisis pemenuhan permintaan konsumen. Berikut adalah Gambar 4.15 yang menggambarkan sub-model persediaan biodiesel nasional.



Gambar 4.15 Sub-Model Biodiesel Inventory

Untuk perumusan tiap variabel yang ada dalam sub-model inventori, dijabarkan secara mendetail pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Persamaan Sub-Model Biodiesel Inventory

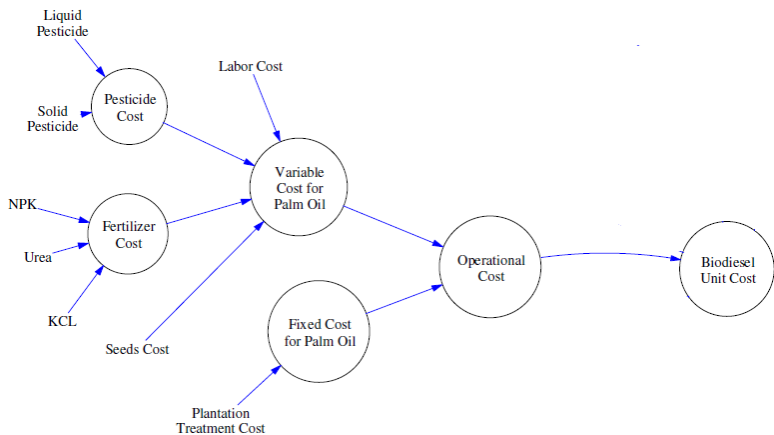
| Variabel | Persamaan |
|------------------------------------|---|
| Rate Biodiesel Stock | “Biodiesel Production” |
| Rate Biodiesel Distribution | “Demand for Biodiesel” |
| Biodiesel Stock | ((“Rate Biodiesel Stock” + “Biodiesel Stock”) - “Rate Biodiesel Distribution”) / 1000 |
| Biodiesel Export | 0.35*“Biodiesel Stock” |
| Biodiesel Demand Fulfillment Ratio | “Biodiesel Production”/“Demand for Biodiesel” |
| Biodiesel | “Rate Biodiesel Stock”*0.78 |

| | | |
|---|----|-----------------------------|
| Distribution Retailer | to | |
| Biodiesel Distribution Industries | to | “Rate Biodiesel Stock”*0.22 |

Distribusi biodiesel ke retailer ditujukan untuk penjualan kepada konsumen yang digunakan sebagai bahan bakar transportasi masyarakat. Sedangkan distribusi ke sektor industri dibagi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik, dan juga dimanfaatkan oleh industri-industri yang menggunakan diesel generator dalam kegiatan operasionalnya.

4.3.5 Sub-model Biodiesel Cost

Pada Sub-Model Biodiesel Cost menggambarkan variabel yang mempengaruhi biaya per-unit untuk memproduksi biodiesel per-kiloliter. Variabel-variabel yang diantaranya adalah *Operational Cost*, *Farmer Profit*, dan *Land Productivity*. Untuk *operational cost* merupakan biaya yang dikeluarkan petani untuk untuk memproduksi sawit per-hektarnya. *Operational cost* tersebut terdiri dari *variabel cost* dan *fixed cost*. Berikut ini adalah Gambar 4.16 yang menggambarkan mengenai sub-model biaya biodiesel per-kiloliter.



Gambar 4.16 Sub-Model Biodiesel Unit Cost

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam sub-model *biodiesel cost*. Penjelasan mendetail mengenai formulasi pada sub-model *biodiesel cost* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Persamaan Sub-Model Biodiesel Cost

| Variabel | Persamaan |
|-----------------|--------------------|
| Fertilizer Cost | $NPK + KCL + Urea$ |

| | |
|----------------------------|---|
| KCL | 100000 |
| NPK | 802900 |
| Urea | 100636 |
| Labor Cost | RANDOM UNIFORM(602000, 670000 , 1) |
| Pesticide Cost | Liquid Pesticide+Solid Pesticide |
| Liquid Pesticide | 7.84533e+006 |
| Solid Pesticide | 907940 |
| Seeds Cost | RANDOM UNIFORM(2.25e+006, 2.3e+006 , 1) |
| Plantation Treatment Cost | RANDOM UNIFORM(1.5e+006, 2e+006 , 1) |
| Variable Cost for Palm Oil | Fertilizer Cost+Labor Cost+Pesticide Cost+Seeds Cost |
| Fixed Cost for Palm Oil | Plantation Treatment Cost |
| Operational Cost | Fixed Cost for Palm Oil+Variable Cost for Palm Oil |
| Biodiesel Unit Cost | (Operational Cost+Farmer Profit)/ (Palm Land Productivity*1000) |

4.3.6 Sub-model Biodiesel Logistic Cost

Pada sub-model *Biodiesel Logistic Cost* menggambarkan variabel apa saja yang mempengaruhi biaya logistik yang ada pada proses distribusi biodiesel dari produsen hingga sampai ke tangan konsumen. Melalui sub-model ini dapat diketahui perhitungan jumlah biaya logistik dari pelaku/ aktor dalam rantai distribusi biodiesel. Biaya logistik ini akan berpengaruh pada variabel harga biodiesel di tangan konsumen. Sub-model ini mengandung nilai *auxiliary* dimana fungsinya untuk menghitung biaya logistik dari masing-masing aktor distribusi.

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisisnya, alur penyaluran biodiesel dimulai dari petani sawit yang mengumpulkan bahan baku BBN berupa kelapa sawit, kemudian kelapa sawit akan diolah menjadi biodiesel pada pabrik yang dimiliki oleh pelaku usaha industri biodiesel. Kelapa sawit yang telah dipanen dari lahan perkebunan dan disalurkan sampai ke pabrik, kemudian akan disalurkan kembali kepada agen-agen yang mana akan menghantarkan biodiesel tersebut ke para *retailer* juga.

Adapun penggunaan transportasi dari perkebunan sawit hingga ke pabrik memakan biaya sebesar 5.35% dari harga biodiesel per literanya, atau sekitar Rp 450. Pada perjalanan yang ditempuh dari pabrik ke agen, memakan biaya tambahan untuk ongkos sebesar rata-rata Rp 855 per liter biodiesel. Sementara itu biaya penyimpanan pada pabrik dikenakan sebesar Rp 225,7.

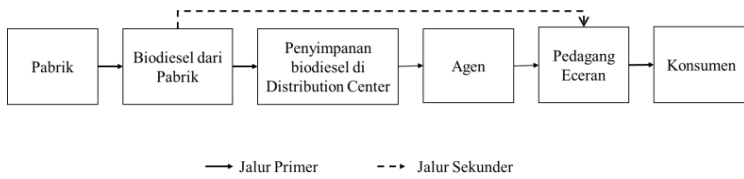
Tabel 4.7 Struktur Cash-Cost Biodiesel

| No | Komponen | Nilai | Keterangan |
|--|----------------------------|-------|--|
| A | Biaya PKS | 855 | Rp/L CPO (transportasi) |
| B | Biaya Penyimpanan BB | 225,7 | Rp/L (Pompa Tangki Penyimpanan Air+MeOH+Gliserol, Instalasi Listrik) |
| C | Biaya Bahan Baku TBS | 450 | Rp/kg (transportasi perkebunan menuju PKS) |
| <i>Catatan: TBS=Tandan Buah Segar; PKS=Pabrik Kelapa Sawit; BB=Bahan Bakar Biodiesel</i> | | | |

Dalam biaya logistik pada aktor berikutnya (pelaku agen dan pengecer biodiesel) diasumsikan sama dengan biaya logistik transportasi dan penyimpanan yang timbul dari pabrik. Adapun rata-rata dari keuntungan yang diambil oleh retailer berkisar sekitar 15% dari harga biodiesel yang dijual ke konsumen, dimana keuntungan tersebut bernilai sebesar Rp.125,7.

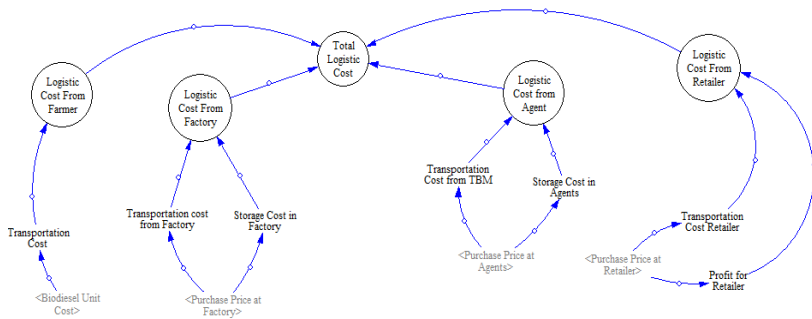
Ilustrasi mengenai alur distribusi biodiesel, dapat dilihat pada Gambar 4.17. Jalur distribusi primer merupakan jalur utama penyaluran biodiesel dimana penyaluran biodiesel dimulai dari petani sawit yang mengumpulkan bahan baku BBN berupa kelapa sawit, kemudian kelapa sawit akan diolah menjadi biodiesel pada pabrik yang dimiliki oleh pelaku usaha industri biodiesel. Kelapa sawit yang telah dipanen dari lahan perkebunan dan disalurkan sampai ke pabrik, kemudian akan didistribusikan ke Pertamina untuk menjalani proses *blending*, kemudian akan dikembalikan kepada agen-agen yang mana akan menghantarkan biodiesel tersebut ke para *retailer* juga.

Sehingga biaya transportasi yang timbul ialah dari petani ke pabrik, dari pabrik ke TBM (terminal Pertamina), dari TBM ke agen, dan dari agen ke *retailer*. Perbedaan pada jalur sekunder ialah terletak pada pendistribusian biodiesel yang tidak melewati Pertamina, karena proses *blending* (dengan solar biasa) dilakukan oleh masing-masing pabrik produsen biodiesel, tanpa mengandalkan pihak Pertamina.



Gambar 4.17 Alur Distribusi Bahan Bakar Biodiesel

Berikut adalah Gambar 4.18 yang menggambarkan sub-model biaya logistik biodiesel.



Gambar 4.18 Sub-Model Biodiesel Logistic Cost

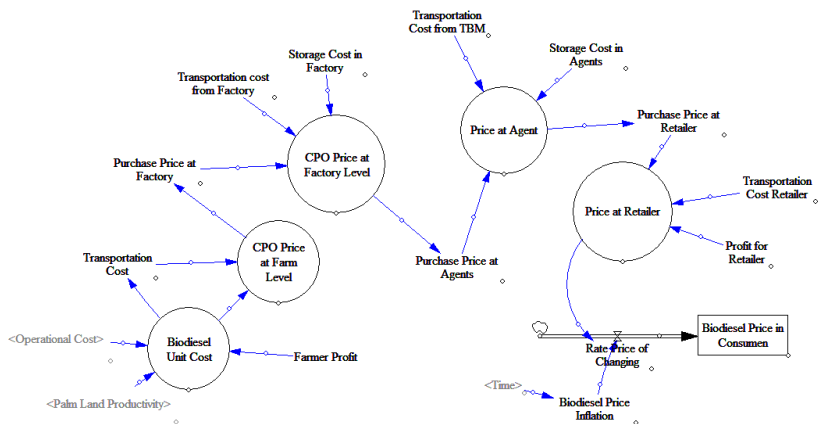
| Variabel | Persamaan |
|---------------------------------------|---|
| Transportation Cost (from plantation) | $0.0535 * \text{“Biodiesel Unit Cost”}$ |
| Transportation Cost from Factory | .855 |
| Transportation Cost from TBM | .855 |
| Transportation Cost Retailer | .855 |
| Storage Cost | 225.7 |
| Logistic Cost From | Transportation Cost |

| | |
|-----------------------------|---|
| Farmer | |
| Logistic Cost From Factory | Storage Cost in Factory+Transportation cost from Factory |
| Logistic Cost from Agent | Storage Cost in Agents+Transportation Cost from TBM |
| Logistic Cost from Retailer | Profit for Retailer+Transportation Cost Retailer |
| Profit for Retailer | 125.7 |
| Total Logistic Cost | Logistic Cost from Agent+Logistic Cost From Factory+Logistic Cost From Farmer+Logistic Cost From Retailer |

4.3.7 Sub-model Biodiesel Price in Consumen

Pada sub-model *Biodiesel Price in Consumen* menggambarkan variabel yang mempengaruhi harga biodiesel dari produsen ke tangan konsumen. Sesuai dengan Gambar 4.17, jalur distribusi biodiesel bermula dari petani selaku produsen, kemudian akan berlanjut dan berakhir di tangan *retailer* sebelum sampai ke konsumen. Hal tersebut menjadikan masing-masing pelaku rantai distribusi, melakukan upaya penambahan nilai yang berbeda-beda. Pada kasus biodiesel terdapat penambahan nilai, seperti biaya transportasi, dan biaya penyimpanan [29]. Berdasarkan wawancara dengan perusahaan pelaku industri biodiesel, didapatkan bahwa perkiraan prosentase biaya-biaya yang terlibat dalam *logistic cost* ialah; biaya penyimpanan yang dikenakan sebesar Rp 225,7, dan biaya transportasi yang dikenakan sebesar Rp 855 (kecuali biaya transportasi dari perkebunan sawit hingga ke pabrik yang memakan biaya

sebesar 5.35% dari harga biodiesel). Selain itu, para petani dapat mengambil untung rata-rata sebesar 2,5 juta dalam sekali penjualan (bulanan) hasil produksi kelapa sawit. Adapun variabel yang berpengaruh signifikan pada sub-model ini, antara lain adalah peningkatan atau inflasi pada harga minyak dunia, serta biaya yang dikeluarkan per-unit biodiesel per-kiloliternya. Berikut adalah Gambar 4.19 yang menggambarkan mengenai sub-model *biodiesel price in konsumen*.



Gambar 4.19 Sub-Model Biodiesel Price in Consumer

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam sub-model biodiesel *price in konsumen*. Penjelasan mendetail mengenai formulasi pada sub-model biodiesel *price in konsumen* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Persamaan Sub-Model Biodiesel Price in Consumer

| Variabel | Persamaan |
|----------------------------|---|
| CPO Price at Factory Level | Purchase Price at Factory + Transportation cost from Factory + Storage Cost in Factory + Production |

| | |
|---------------------------------------|---|
| | Cost |
| CPO Price at Farm Level | Biodiesel Unit Cost+Transportation Cost) |
| Purchase Price at Agents | CPO Price at Factory Level |
| Purchase Price at Factory | CPO Price at Farm Level |
| Farmer Profit | 2.5e+006 |
| Transportation Cost (from plantation) | 0.0535* "Biodiesel Unit Cost" |
| Transportation Cost from Factory | .855 |
| Transportation Cost from TBM | |
| Transportation Cost Retailer | |
| Storage Cost | 225.7 |
| Price at Retailer | (Profit for Retailer + Purchase Price at Retailer + Transportation Cost Retailer) |
| Rate Price of Changing | Price at Retailer |
| Biodiesel Price in Consumen | " Rate Price of Changing " |

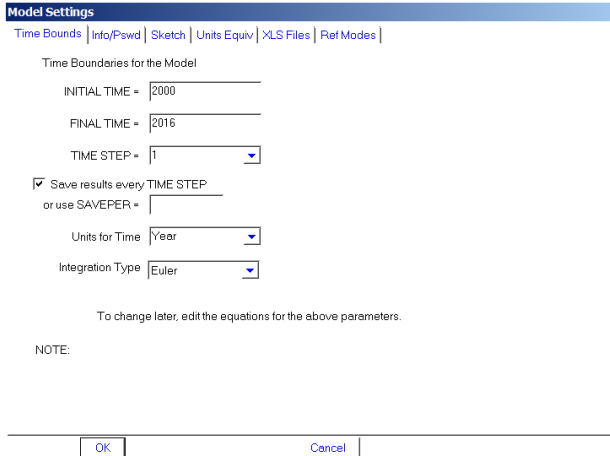
4.4 Verifikasi

Verifikasi merupakan penerjemahan dari model simulasi konseptual (diagram alur (*flow diagram*) dan asumsi) yang telah dibuat pada tahap-tahap sebelumnya ke dalam bahasa pemrograman secara benar. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa *error rate*, apakah model sudah terbebas dari error

atau belum. Tujuannya untuk memeriksa dan menguji model yang disimulasikan, apakah sudah menjadi representatif konsep secara tepat atau tidak dengan kondisi terkini dalam kenyataannya (kondisi aktual).

Setelah pembuatan model serta memasukkan parameter-parameter perhitungannya selesai, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *running model* dengan menggunakan aplikasi Ventana Simulation (Vensim) untuk menampilkan hasil simulasinya. Apabila model yang digambarkan tidak sesuai, maka Vensim akan menampilkan peringatan kesalahan (*error*). Begitu pula sebaliknya, apabila tidak menampilkan pesan *error* maka model dapat dikatakan *verified* (bebas kesalahan).

Sebelum *running model* dilakukan, perlu dilakukan penyesuaian atau *setting* terlebih dahulu. Salah satunya ialah mengatur lama/ durasi waktu simulasi yang dijalankan. Durasi tersebut disesuaikan dengan data yang diperoleh berikut dengan interval waktunya, baik hari, bulan, maupun tahun. Penjelasan ini dapat lebih mudah dipahami dengan melihat Gambar 4.20.



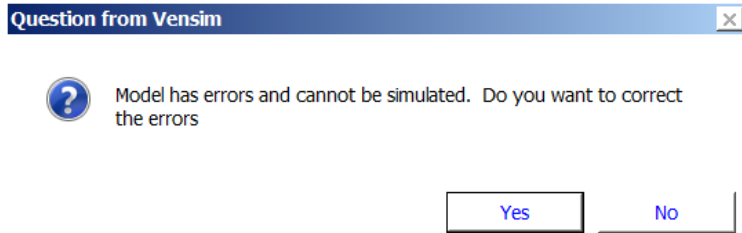
Gambar 4.20 Pengaturan lama waktu simulasi

Sedangkan untuk melakukan verifikasi yaitu, mengklik *Run a simulation* pada Vensim sesuai yang tertera pada Gambar 4.21. Jika model sudah bisa berjalan tanpa pesan kesalahan (*error*) maka model dapat dikatakan sudah terverifikasi.



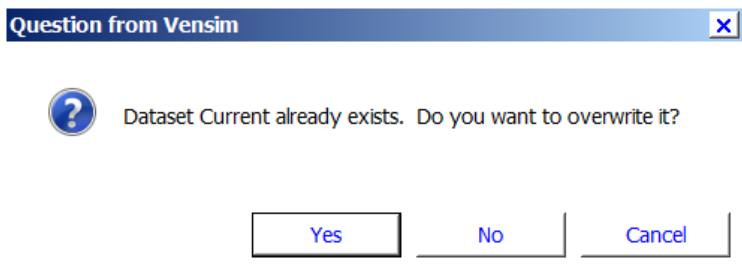
Gambar 4.21 *Toolbar* untuk menjalankan hasil model

Berikut adalah peringatan yang muncul apabila model masih memiliki kesalahan atau *error* dalam model. Jendela peringatan akan meminta pilihan untuk memperbaiki model yang sudah dibuat, dengan tampilan seperti pada Gambar 4.22.



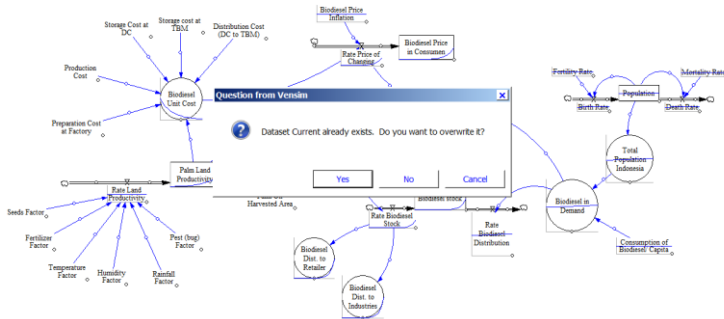
Gambar 4.22 Pesan *error* yang ditampilkan oleh aplikasi

Jika muncul jendela pemberitahuan berupa peringatan menyimpan kembali hasil simulasi maka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.23 menampilkan bahwa simulasi telah bisa dilakukan dan hasilnya siap untuk disimpan. Dengan begitu model dinyatakan terverifikasi.



Gambar 4.23 Pesan ketika *running* model berhasil dilakukan

Apabila sudah tidak ada kesalahan dari model, ditandai dengan peringatan untuk menyimpan hasil simulasi. Bukti bahwa *base model* yang dibangun telah terverifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.24. Apabila terverifikasi, maka simulasi bisa dijalankan dengan baik. Kemudian hasil dari simulasi model yang telah dibuat akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.



Gambar 4.24 Verifikasi model

4.5 Validasi

Setelah model selesai dibuat, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian atau validasi model. Validasi model adalah suatu cara yang dilakukan untuk melakukan pengecekan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem yang nyata yang sedang dimodelkan [30]. Validasi model dilakukan dengan membandingkan kesesuaian data historis (yang didapat dari sumber) dengan hasil simulasi. Perbandingan ini dilakukan untuk membuktikan secara nyata bahwa data hasil simulasi telah sesuai dengan dengan data historis sehingga model yang dibuat dapat dinyatakan telah valid. Perbandingan ditunjukkan dengan grafik antara data historis data hasil simulasi *base model*.

Adapun cara yang digunakan untuk melakukan validasi adalah melalui *behaviour validity test*, yaitu mengecek apakah model yang dibuat telah menghasilkan perilaku (*behaviour output*) yang dapat diterima. Variabel yang perlu divalidasi adalah variabel-variabel yang mempengaruhi tujuan dilakukannya simulasi. Berikut adalah hasil validasi yang dilakukan:

4.5.1 Populasi Penduduk Indonesia

Berikut ini merupakan tampilan data historis dan data hasil simulasi untuk populasi penduduk Indonesia yang dibandingkan untuk mengetahui kevaliditasan dari model (*flow diagram*) yang sebelumnya telah dibuat. Data dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.9.

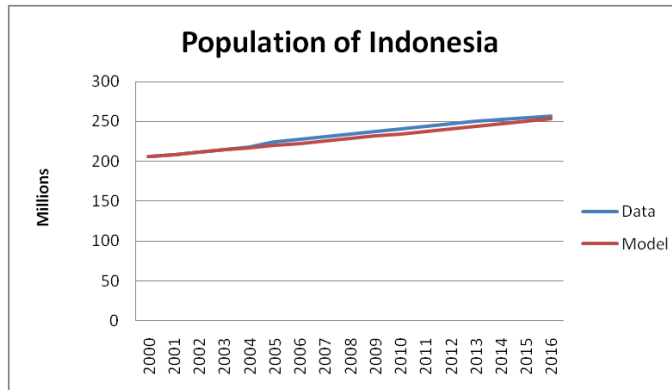
Tabel 4.9 Data Historis dan Data Simulasi Populasi Penduduk Indonesia

| Tahun | Populasi (Data) | Populasi (Simulasi) |
|--------------|------------------------|----------------------------|
| 2000 | 206264595 | 206265000 |
| 2001 | 208900000 | 208967000 |
| 2002 | 212000000 | 211705000 |
| 2003 | 215000000 | 214478000 |
| 2004 | 218100000 | 217288000 |
| 2005 | 224500000 | 220134000 |
| 2006 | 227700000 | 223018000 |
| 2007 | 231000000 | 225939000 |
| 2008 | 234200000 | 228899000 |
| 2009 | 237500000 | 231898000 |
| 2010 | 240700000 | 234936000 |
| 2011 | 243800000 | 238013000 |
| 2012 | 246900000 | 241131000 |
| 2013 | 249900000 | 244290000 |
| 2014 | 252100000 | 247490000 |
| 2015 | 254900000 | 250732000 |
| 2016 | 256700000 | 254017000 |

Tabel 4.10 Validasi Populasi

| | | |
|---|---|--------------|
| Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ (< 5 %) | $\frac{ 229364706 - 232950858,5 }{232950858,5}$ $= 0,015394 \times 100 \% = 1,54\%$ | Valid |
| Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %) | $\frac{ 15067993,68 - 16713487,87 }{16713487,87}$ $= 0,098453 \times 100 \% = 9,85\%$ | |

Berdasarkan dari hasil Tabel 4.10 sesuai dengan pengelolaan data pada Tabel 4.9 yang digambarkan melalui sub-model populasi (dapat dilihat pada Gambar 4.12). Pada sub-model tersebut kemudian dihitung nilai E1 dan E2 nya untuk mengetahui apakah sub-model telah valid atau belum. Kedua cara pengujian validasi telah memenuhi syarat untuk Mean Comparison <5% dan untuk Error Variance <30%, sehingga dapat dikatakan bahwa populasi penduduk Indonesia telah valid. Untuk melihat hasil perbandingan *running* sub-model populasi, terdapat grafik pada Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.25 Perbandingan Data Historis dan Data Model Populasi

4.5.2 Permintaan Biodiesel yang Dikonsumsi

Berikut ini merupakan tampilan data historis dan simulasi dari permintaan biodiesel nasional untuk dikonsumsi per-tahunnya, yang akan dibandingkan untuk mengetahui kevalidan dari model (*diagram flow*) yang sebelumnya telah dibuat. Data dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Historis dan Data Simulasi Jumlah Permintaan Biodiesel

| Tahun | Jumlah Permintaan Biodiesel | Model Permintaan Biodiesel |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 2000 | 210.500 | 206.265 |
| 2001 | 308.000 | 313.451 |
| 2002 | 416.400 | 423.409 |
| 2003 | 557.000 | 536.195 |
| 2004 | 638.000 | 651.863 |
| 2005 | 781.000 | 770.469 |
| 2006 | 880.000 | 892.071 |
| 2007 | 1.060.000 | 1.016.730 |

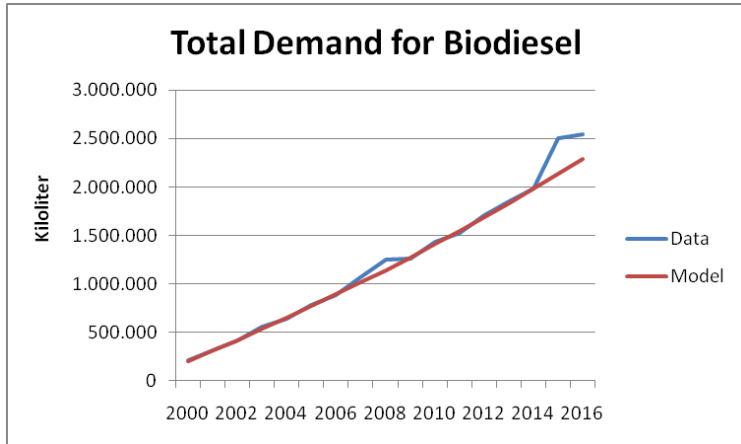
| | | |
|------|-----------|-----------|
| 2008 | 1.250.000 | 1.144.500 |
| 2009 | 1.260.000 | 1.275.440 |
| 2010 | 1.430.500 | 1.409.610 |
| 2011 | 1.520.000 | 1.547.090 |
| 2012 | 1.710.000 | 1.687.920 |
| 2013 | 1.845.000 | 1.832.170 |
| 2014 | 1.980.000 | 1.979.920 |
| 2015 | 2.500.000 | 2.131.220 |
| 2016 | 2.540.000 | 2.286.150 |

Tabel 4.12 Validasi Jumlah Permintaan

| | | |
|---|--|--------------|
| <p>Mean Comparison</p> $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ <p>(< 5 %)</p> | $\frac{ 1.182.616 - 1.228.612 }{1.228.612}$ $= 0,0374 \times 100 \% = 3,74\%$ | Valid |
| <p>Error Variance</p> $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ <p>(< 30 %)</p> | $\frac{ 626026,7522 - 694365,88 }{694365,88}$ $= 0,0984 \times 100 \% = 9,8\%$ | |

Berdasarkan dari hasil Tabel 4.12 sesuai dengan pengelolaan data pada Tabel 4.11 yang digambarkan melalui sub-model populasi (dapat dilihat pada Gambar 4.13). Pada sub-model tersebut kemudian dihitung nilai E1 dan E2 nya untuk mengetahui apakah sub-model telah valid atau belum. Kedua cara pengujian validasi telah memenuhi syarat untuk Mean Comparison <5% dan untuk Error Variance <30%, sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah permintaan biodiesel telah

valid. Untuk melihat perbandingan hasil *running* sub-model permintaan, terdapat grafik pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.26 Perbandingan Data Historis dan Data Model Permintaan

4.5.3 Produksi Biodiesel

Berikut ini merupakan tampilan data historis dan simulasi dari total produksi nasional biodiesel untuk dikonsumsi per tahunnya. Kedua data akan dibandingkan untuk mengetahui kevalidan dari model (*diagram flow*) yang sebelumnya telah dibuat. Data dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Data Historis dan Data Simulasi Jumlah Produksi Biodiesel

| Tahun | Produksi (Data) | Produksi (Simulasi) |
|-------|-----------------|---------------------|
| 2000 | 1550000 | 1550000 |
| 2001 | 1700000 | 1733170 |
| 2002 | 1745000 | 1938860 |
| 2003 | 1950000 | 2186850 |
| 2004 | 2075000 | 2424250 |

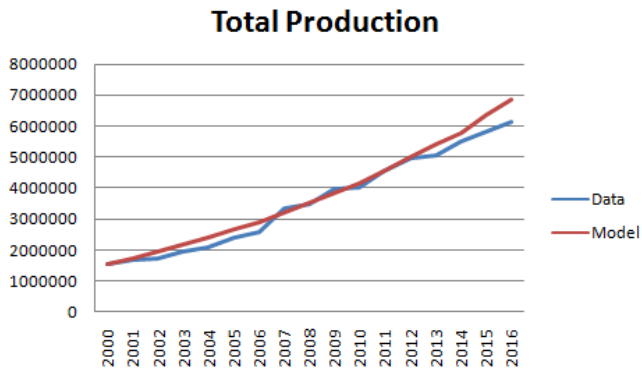
| | | |
|------|---------|---------|
| 2005 | 2429000 | 2671810 |
| 2006 | 2580000 | 2901200 |
| 2007 | 3335000 | 3234120 |
| 2008 | 3470000 | 3521000 |
| 2009 | 3975000 | 3869780 |
| 2010 | 4030000 | 4187340 |
| 2011 | 4550000 | 4576290 |
| 2012 | 4960000 | 5014330 |
| 2013 | 5050000 | 5417160 |
| 2014 | 5520000 | 5812120 |
| 2015 | 5825000 | 6372100 |
| 2016 | 6150000 | 6879580 |

Tabel 4.14 Validasi Produksi

| | | |
|---|---|--------------|
| Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ (< 5 %) | $\frac{ 3421500 - 3588149 }{3421500}$ = 0,048 x 100 % = 4,8% | Valid |
| Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %) | $\frac{ 1672602,762 - 1563540,81 }{1563540,81}$ = 0,069753 x 100 % = 6,9% | |

Berdasarkan dari hasil Tabel 4.14 sesuai dengan pengelolaan data pada Tabel 4.13 yang digambarkan melalui sub-model produksi (dapat dilihat pada Gambar 4.14). Pada sub-model tersebut kemudian dihitung nilai E1 dan E2 nya untuk mengetahui apakah sub-model telah valid atau belum. Kedua

cara pengujian validasi telah memenuhi syarat untuk Mean Comparison $<5\%$ dan untuk Error Variance $<30\%$, sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah produksi telah valid. Untuk melihat hasil *running* sub-model produksi, terdapat grafik pada Gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Perbandingan Data Historis dan Data Model Produksi

4.5.4 Produktivitas Lahan

Berikut ini merupakan tampilan data historis dan simulasi dari produktivitas lahan per-tahunnya. Kedua data akan dibandingkan untuk mengetahui kevalidan dari model (*diagram flow*) yang sebelumnya telah dibuat. Data dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Data Historis dan Data Simulasi Produktivitas

| Tahun | Produktivitas (simulasi) | Produktivitas (data) |
|-------|--------------------------|----------------------|
| 2000 | 2,912 | 2,6 |
| 2001 | 3,056 | 2,7 |
| 2002 | 3,44576 | 2,8 |

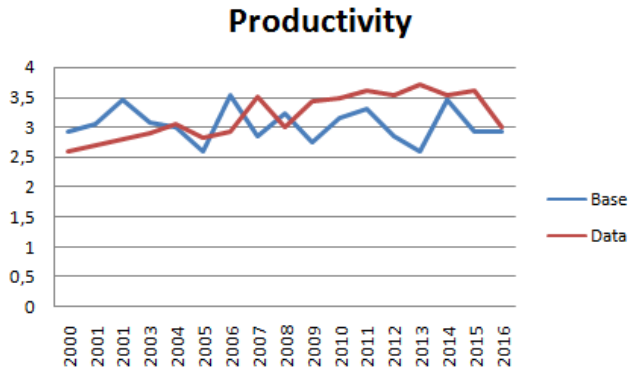
| | | |
|------|---------|-------|
| 2003 | 3,0784 | 2,9 |
| 2004 | 2,9984 | 3,04 |
| 2005 | 2,59168 | 2,83 |
| 2006 | 3,52576 | 2,925 |
| 2007 | 2,832 | 3,5 |
| 2008 | 3,22176 | 3 |
| 2009 | 2,73568 | 3,42 |
| 2010 | 3,136 | 3,48 |
| 2011 | 3,30176 | 3,6 |
| 2012 | 2,832 | 3,526 |
| 2013 | 2,59168 | 3,7 |
| 2014 | 3,44576 | 3,536 |
| 2015 | 2,912 | 3,6 |
| 2016 | 2,912 | 3,2 |

Tabel 4.16 Validasi Harga

| | | |
|--|--|--------------|
| Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ ($< 5\%$) | $\frac{ 3.18 - 3.03 }{3.03}$ $= 0,0485 \times 100\% = 4,8\%$ | Valid |
| Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ ($< 30\%$) | $\frac{ 0.36 - 0.28 }{0.28}$ $= 0,225 \times 100\% = 22,54\%$ | |

Pada Tabel 4.16 kedua cara pengujian validasi telah memenuhi syarat untuk Mean Comparison $<5\%$ dan untuk Error Variance $<30\%$, sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas telah

valid. Untuk melihat hasil *running* nya terdapat grafik pada Gambar 4.28 berikut.



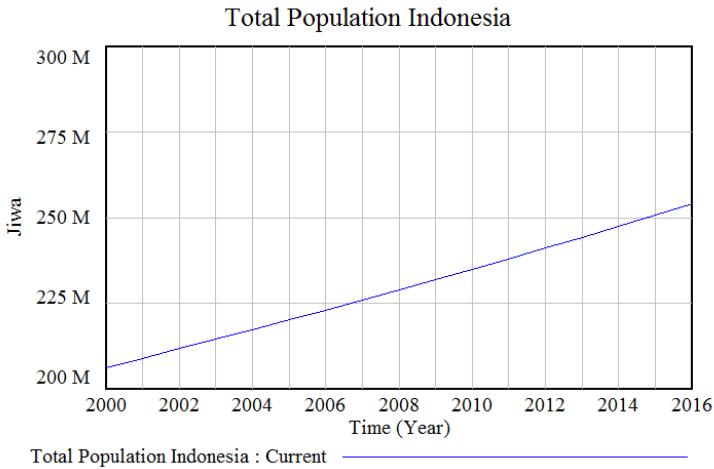
Gambar 4.28 Perbandingan Data Historis dan Data Model Produktivitas

4.6 Analisis Hasil Base Model

Setelah dilakukan verifikasi dan validasi pada model, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap hasil *running base model* atau *diagram flow* yang sebelumnya telah dibuat. Berikut ini adalah hasil datanya:

4.6.1 Analisis Populasi

Sesuai dengan sub-model populasi yang telah dibuat, *output* dari *flow diagram*nya ditunjukkan pada Gambar 4.29.

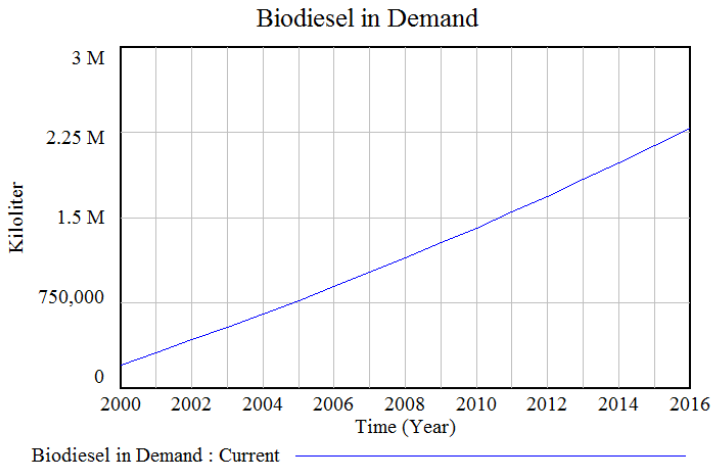


Gambar 4.29 Hasil Model dari Populasi

Jumlah populasi yang ada di Indonesia terus mengalami peningkatan hal ini terlihat pada grafik Gambar 4.29 bahwa tiap tahun, jumlah penduduk Indonesia kian bertambah, dimulai dari tahun 2000 hingga tahun 2016.

4.6.2 Analisis Permintaan Biodiesel

Sesuai dengan sub-model permintaan yang telah dibuat, *output* dari *flow diagram*nya ditunjukkan pada Gambar 4.30.

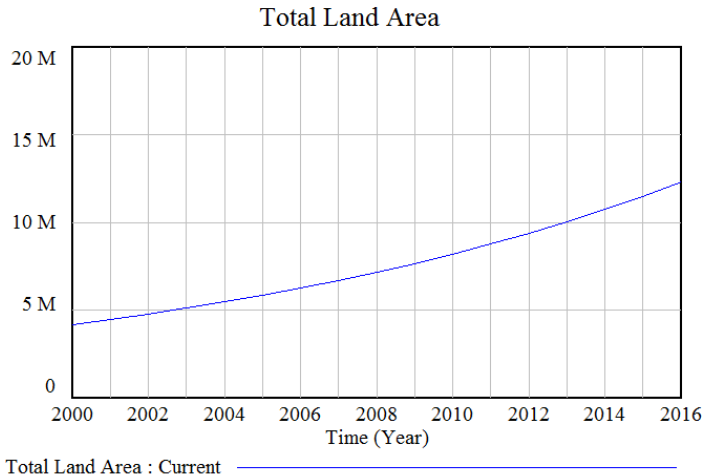


Gambar 4.30 Hasil Model dari Demand

Jumlah permintaan biodiesel yang digunakan oleh masyarakat Indonesia juga terus meningkat, terlihat pada grafik Gambar 4.30. Hal tersebut dapat disebabkan karena melesatnya laju penggunaan serta kebutuhan energi pada masyarakat sehingga bahan bakar pun turut menjadi salah satu sumber energi yang paling banyak dicari untuk dimanfaatkan [31].

4.6.3 Analisis Luas Area Lahan Kebun Sawit

Berikut adalah hasil dari persamaan dari variabel-variabel yang bersangkutan pada *flow diagram* luas lahan. Hasil dari model yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.31

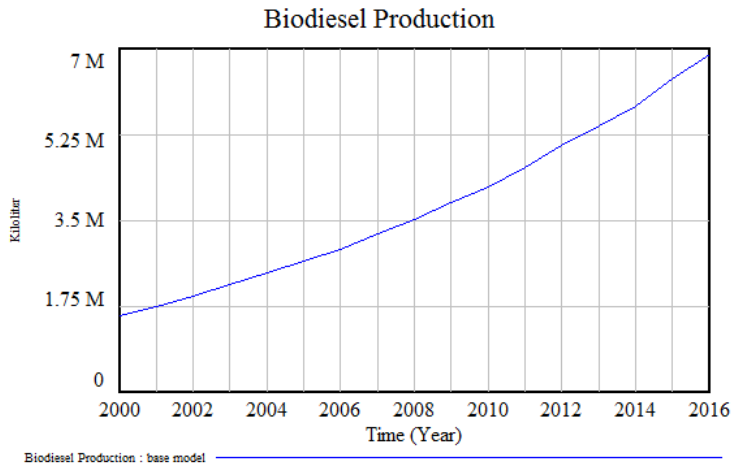


Gambar 4.31 Hasil Model dari Luas Lahan

Dari Gambar 4.31 tersebut menunjukkan jumlah luas lahan tanam sawit yang berada di Indonesia selama tahun 2000-2016. Sesuai dengan laju lahan yang digunakan dengan laju lahan konversi maka didapati bahwa terjadi peningkatan jumlah luas lahan tersebut. Sehingga hal ini juga mendasari adanya pengaruh hasil produksi biodiesel yang akan meningkat pula. Luas lahan terluas dicapai pada tahun 2016 yaitu sebesar 12 juta hektar lahan kelapa sawit.

4.6.4 Analisis Produksi Biodiesel

Sesuai dengan sub-model *production* yang telah dibuat, *output* dari *flow diagram*nya ditunjukkan pada Gambar 4.32

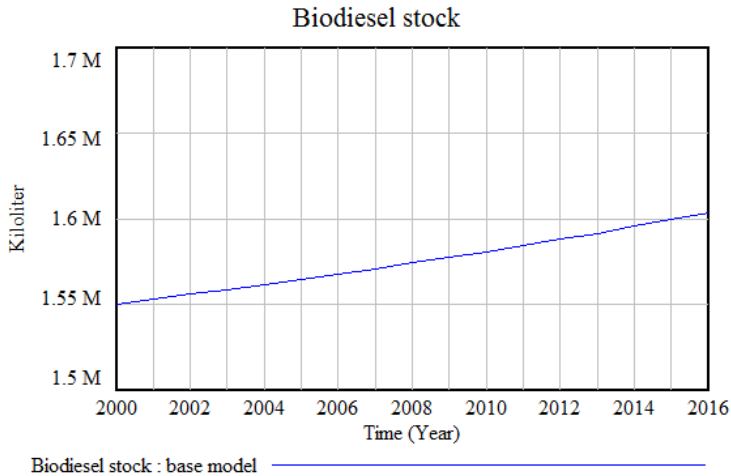


Gambar 4.32 Hasil Model dari Produksi

Dari Gambar 4.32 tersebut akan menunjukkan jumlah produksi biodiesel mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya. Salah satu penyebabnya ialah dikarenakan luas lahan tanam kelapa sawit (sebagai bahan baku biodiesel) yang kian bertambah pula. Jumlah produksi biodiesel paling tinggi tercatat pada tahun 2016 yaitu sebesar 5,1 juta kiloliter.

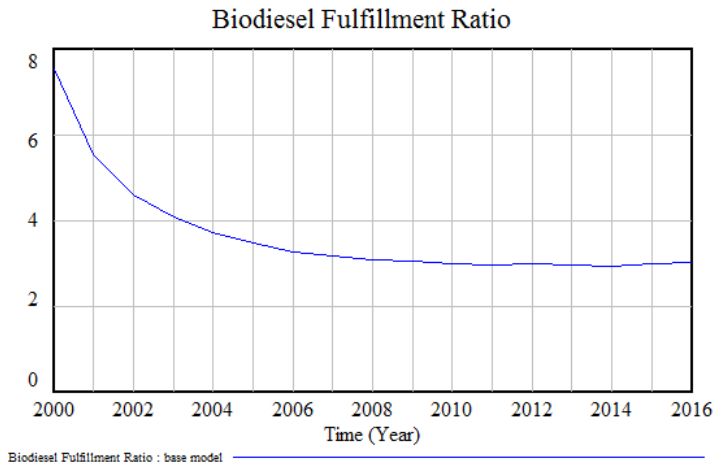
4.6.5 Analisis Stok dan Rasio Pemenuhan Biodiesel

Sesuai dengan sub-model *inventory* yang telah dibuat, *output* dari *flow diagram*nya ditunjukkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Hasil Model dari Inventori

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33, jumlah stok biodiesel berpengaruh dari biodiesel yang berhasil diproduksi. Dikarenakan angka produksi biodiesel terus meningkat setiap tahunnya, maka grafik stok biodiesel pun cenderung meningkat juga. Sedangkan untuk mengetahui apakah persediaan biodiesel sudah mencukupi total permintaan biodiesel yang ada, dapat dilihat melalui grafik rasio pemenuhan biodiesel pada Gambar 4.34 berikut.

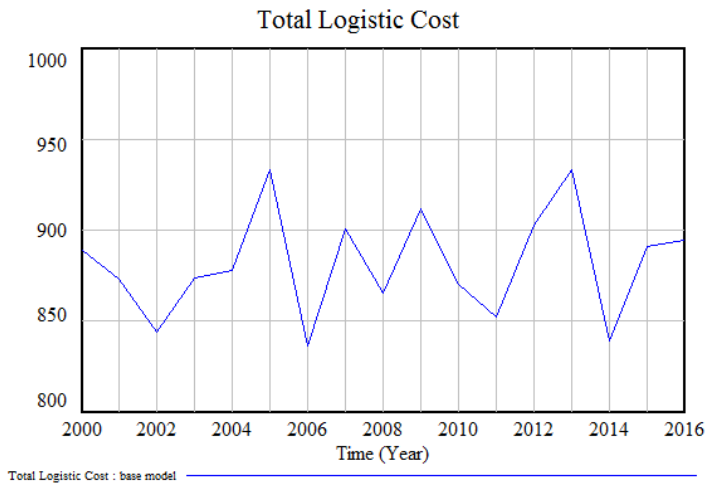


Gambar 4.34 Hasil Model dari Rasio Pemenuhan

Gambar 4.34 menunjukkan bahwa rasio pemenuhan bergerak turun drastis dari nilai 7,5 hingga bernilai 2 pada akhir tahun 2016. Meskipun jumlah produksi serta stok biodiesel terus meningkat secara stabil, dan tidak mengalami penurunan, kedua hal tersebut belum dapat mengimbangi besarnya peningkatan permintaan biodiesel yang datang dari konsumen atau masyarakat. Sehingga, akibatnya rasio pemenuhan biodiesel pun hanya tinggi di awal tahun 2000 saja (di saat kebutuhan biodiesel masih rendah dibandingkan pada saat tahun 2016), dan terus menurun sampai akhir periode yaitu tahun 2016. Kondisi rasio pemenuhan biodiesel saat ini terbilang cukup, dengan kata lain ketersediaan biodiesel nasional berstatus surplus / tidak defisit. Hal ini dilihat dari angka rasio pemenuhan pada awal hingga akhir periode, masih sebesar ≥ 1 . Namun dilihat dari grafik pada Gambar 4.34, rasio pemenuhan kian menurun, sehingga diperlukan solusi agar rasio pemenuhan biodiesel dapat ditingkatkan.

4.6.6 Analisis Biaya Logistik Biodiesel

Sesuai dengan sub-model *logistic cost* pada pembuatan *flow diagram*, maka hasil dari persamaan dari variabel-variabel yang bersangkutan untuk mengetahui biaya logistik yang dibebankan pada distribusi biodiesel per-kl-nya sesuai dengan aktor rantai pasok seperti yang terlihat pada Gambar 4.35



Gambar 4.35 Hasil Model dari Biaya Logistik

Dari Gambar 4.35 tersebut menunjukkan apabila biaya logistik biodiesel yang dikeluarkan dari keseluruhan aktor di rantai pasok adalah tidak stabil. Terlihat dari tiap tahunnya mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak konstan.

BAB 5 PEMBENTUKAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pembuatan skenario serta analisis terhadap hasil dari masing-masing skenario berdasarkan *base model* yang telah dibuat. Skenario ini dibuat untuk meningkatkan nilai rasio pemenuhan rantai pasok dan juga efisiensi dari biaya logistik rantai pasok biodiesel.

5.1 Rancangan Skenario

Setelah *base model* yang dibuat telah valid dan *verified*, tahapan berikutnya adalah skenariosasi, dimana skenario menjadi usulan perbaikan sistem, sesuai dengan tujuan awal dari pembuatan model sistem dinamik ketersediaan biodiesel nasional. Pembuatan skenario dapat dilakukan dengan menambahkan variabel dan parameter yang memiliki pengaruh dominan terhadap keseluruhan *base model*, untuk selanjutnya mengetahui dampak perubahan tersebut terhadap variabel lainnya. Dalam membuat skenario simulasi terdapat dua jenis skenariosasi, yaitu skenario struktur (*structure scenario*), dan skenario parameter (*parameter scenario*). Skenario struktur digunakan dengan mengubah struktur model melalui penambahan atau pengurangan variabel, sedangkan skenario parameter digunakan dengan mengubah nilai parameter suatu variabel yang berpengaruh pada model. Skenario struktur dan skenario parameter bersama-sama digunakan untuk memberikan usulan perbaikan sesuai dengan tujuan pembuatan sistem dinamik dari ketersediaan biodiesel untuk meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok. *Base model* dapat dikembangkan

menjadi skenario model apabila syarat model yaitu terverifikasi dan valid telah terpenuhi [32].

Terdapat beberapa skenario kebijakan yang dibuat untuk memenuhi tujuan adanya tugas akhir ini, ditunjukkan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Rancangan Skenario

| No. | Skenario | Tujuan |
|-----|--|--|
| 1. | Meningkatkan rendemen minyak kelapa sawit (<i>Oil Extraction Rate</i>) | Meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel |
| 2. | Melakukan Ekstensifikasi Lahan | |
| 3. | Mengurangi Pelaku Distribusi Biodiesel | Efisiensi biaya logistik komoditas biodiesel |

Pada Tabel 5.1, terdapat 3 skenario yang dibuat untuk memenuhi tujuan dari tugas akhir ini. Skenario 1 merupakan skenario berjenis skenario parameter, sedangkan skenario 2 dan 3 merupakan skenario berjenis skenario struktur. Detail (pembahasan) dari masing-masing skenario akan dijelaskan mulai sub-bab 5.1.1. Pada tahap skenariosasi ini, *time frame* skenario yang akan digunakan adalah dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2032. Hal ini dilakukan karena mandatori biodiesel diukur hingga 15 tahun kedepan (terhitung mulai dari tahun 2017) [3].

5.1.1 Skenario Meningkatkan Nilai Rendemen (OER)

Dalam skenario 1 ini, tujuannya adalah untuk meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel dari permintaan konsumen, dimana yang selama ini terjadi, produksi biodiesel selalu berbanding terbalik dengan permintaan biodiesel. Peningkatan rasio pemenuhan ini dilakukan dengan cara meningkatkan hasil produksi dari bahan baku biodiesel, yaitu kelapa sawit. Selama ini, penyebab rendahnya hasil produksi antara lain sawit yang telah panen, tidak menjalani pensortiran kematangan di pabrik berdasarkan fraksi yang dipanen, sehingga banyak hasil panen yang membusuk dan menjadikan nilai *Oil Extraction Rate* (OER) belum optimal. Padahal kondisinya banyak buah matang yang sudah & mampu mencapai tingkat kematangan ideal serta menghasilkan persentase OER sebesar 20% (perbuahnya). Akan tetapi, dikarenakan kondisinya masih terdapat buah-buah lain yang standar kematangannya mentah maupun busuk, maka dari itu nilai OER rata-rata yang dihasilkan menjadi lebih rendah dari 20%, yaitu 15%.

Sehingga pada penelitian ini, asumsi bahwa pabrik pengolah hasil panen kelapa sawit belum mengukur kualitas tandan yang sampai di pabrik pengolahan, dikarenakan masih banyak buah yang kondisinya setengah matang atau berakhir membusuk dan berdampak pada menurunnya kualitas ekstraksi minyak. Pengaruh OER atau rendemen yang belum optimal akan menghasilkan produksi biodiesel yang kurang maksimal pula. Tingkat kualitas kematangan buah dapat dilihat pada standar kematangan buah yang dibagi kedalam enam kategori. Dalam meningkatkan nilai rendemen agar optimal sebesar 20%, tingkat kematangan buah ini dapat digunakan petani untuk membantu menarget capaian atas hasil panennya sendiri, serta sebagai acuan evaluasi bagi pihak pabrik untuk

menentukan standar buah yang diterima untuk diolah. Sehingga potensi buah matang yang bisa menghasilkan ekstrak minyak lebih banyak dapat ditingkatkan.

Perlu diketahui bahwa yang dimaksud dengan rendemen atau OER kelapa sawit adalah persentase hasil dari kandungan minyak yang ada pada kelapa sawit yang sudah diolah di pabrik kelapa sawit. Nilai rendemen tersebut ditentukan berdasarkan fraksi kematangan tanaman yang dipanen. Standar kematangan hasil panen sawit terbagi menjadi 6 fraksi [33]. Untuk lebih detailnya, pembagian fraksi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pembagian Fraksi Kelapa Sawit

| Fraksi | Tingkat kematangan | Persentase |
|---------------|---------------------------------------|-------------------|
| I | Sangat mentah (<i>immature</i>) | 0 – 12,5 % |
| II | Mendekati matang | 12,5 – 20 % |
| III | Matang (<i>ripe</i>) | 20 – 30 % |
| IV | Matang (<i>ripe</i>) | 30 – 50 % |
| V | Terlalu matang (<i>overripe</i>) | 50 – 75% |
| VI | Terlalu matang | 75 – 100 % |

Dari *base model* yang dilakukan sebelumnya, pemenuhan biodiesel masih belum terpenuhi maka diperlukan untuk melakukan skenariosasi berikut untuk meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel. Sebelumnya berdasarkan hasil pengumpulan data, rata-rata rendemen dari minyak inti sawit produksi lokal memiliki nilai rendemen sebesar 15%. Nilai rendemen dari *base model* inilah yang akan ditingkatkan.

Skenario model ini tidak akan mengalami perubahan (struktur) model, dengan kata lain modelnya sama dengan *base model*

sebelumnya. Hanya saja, pada skenario model *Oil Extraction Rate* (OER) ini variabel parameter saja yang berubah dengan melakukan peningkatan rendemen sawit atau *oil extraction rate* (OER), yang mana sebelumnya nilai rendemen hanya sebesar 15%. Adapun beberapa upaya teknis di lapangan yang dapat dilakukan dalam rangka menaikkan rendemen hasil panen ialah diantaranya sebagai berikut:

1. Menunggu buah matang sesuai fraksinya, apabila buah matang lama, diberi nutrisi lebih melalui pemupukan
2. Apabila buah sudah matang, lekas dipetik, diangkut dan diolah karena jika tidak cepat, buah dapat membusuk dan menambah nilai Asam Lemak Bebas atau kandungan ALB didalamnya, yang mana hal ini dapat menurunkan nilai rendemen yang dihasilkan

Dengan adanya kegiatan tersebut, kenaikan rendemen dapat berdampak pada jumlah produksi bahan baku biodiesel yang jauh lebih meningkat daripada tahun sebelumnya. Berikut ini adalah persamaan pada simulasi skenario parameter OER yang akan diimplementasi yang diperlihatkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Persamaan Skenario Meningkatkan Nilai OER

| Variabel | Persamaan |
|---------------------------|-----------|
| Oil Extraction Rate (OER) | 20 |

Adapun dalam penerapan skenario ini, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangannya, diantaranya diperlihatkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Dampak Skenario Peningkatan Nilai OER

| Kelebihan | Kekurangan |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Dapat meningkatkan | 1. Pada proses panen |

| | |
|---|--|
| <p>produktivitas sawit.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Mendukung swasembada energi melalui bahan baku industri pertanian. 3. Dapat meningkatkan kualitas produksi tanaman. | <p>petani harus menunggu buah matang berdasarkan standar <i>oil extraction rate</i> (OER) yang diinginkan.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Membutuhkan perbaikan kualitas penanaman dengan melakukan uji coba untuk mengoptimalisasi OER. |
|---|--|

5.1.2 Skenario Ekstensifikasi Lahan

Ekstensifikasi lahan merupakan penambahan lahan baru atau membuka lahan baru sehingga dapat meningkatkan jumlah produksi bahan baku komoditas yang ditanam. Karena jumlah lahan mengalami peningkatan, maka produksi juga mengalami peningkatan. Dengan memanfaatkan lahan gambut yang dijadikan lahan perkebunan kelapa sawit, maka bisa menambah jumlah produksi biodiesel tiap tahunnya [34].

Alasan pemilihan lahan gambut sebagai lahan ekstensifikasi, adalah karena lahan gambut merupakan salah satu alternatif yang cukup potensial untuk dijadikan lahan pertanian maupun perkebunan. Lahan gambut yang terabaikan masih dapat digunakan untuk penanaman berbagai jenis tanaman, apabila dirawat serta didukung oleh lingkungan sekitar yang baik. Tercatat pada tahun 2016 bahwa Indonesia memiliki sekitar 14 juta hektar luas lahan gambut, namun pemanfaatan yang diperuntukkan sebagai lahan perkebunan kelapa sawit, hanya sebesar 0,17 juta hektar saja. Persebaran utama lahan gambut ini terletak pada wilayah Kabupaten yang sebagian besar

daerahnya memang berupa lahan gambut, seperti di Kabupaten Aceh Barat (Nangroe Aceh Darussalam), Kabupaten Pulang Pisau (Kalimantan Tengah), dan Kabupaten Kubu Raya (Kalimantan Barat) [35].

Alasan mengapa tidak semua lahan gambut digunakan untuk budidaya kelapa sawit, adalah karena terdapat beberapa aspek kriteria yang harus difokuskan sebagai syarat tumbuh kelapa sawit, diantaranya ialah kriteria ketebalan, kematangan, dan tingkat kesuburan gambut. Pertimbangan lain dalam seleksi lahan untuk kelapa sawit adalah dengan memprioritaskan pada lahan-lahan yang terdegradasi/terlantar. Kepala Bagian (Kabag) Tanaman PT Socfin Indonesia (Socfindo), Edison Parulian Sihombing, mengakui bahwa dengan pola pemuliaan lahan yang baik maka budidaya tanaman kelapa sawit tetap akan tumbuh dengan baik, layaknya lahan pada umumnya (non-gambut) [34].

Selain itu pemerintah pun telah mewajibkan perkebunan kelapa sawit dan pabriknya untuk mengimplementasi *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO), dengan dikeluarkannya Permentan No. 11 Tahun 2015. Penerapan ISPO dimaksudkan untuk menjamin keberlanjutan perkebunan kelapa sawit melalui penerapan sejumlah prinsip dan kriteria tertentu. Pengelolaan lahan gambut dalam ISPO didukung dengan peraturan Permentan No. 14 Tahun 2009 dan Inpres No. 10 Tahun 2011, yang berisikan tentang pedoman penggunaan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit [36].

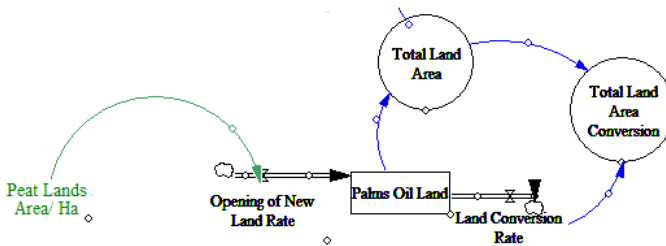
Dari *base model* yang sebelumnya dibuat, pemenuhan biodiesel masih kurang, maka diperlukan skenariosasi berikut untuk meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel nasional. Karena skenario ini merupakan jenis skenario struktur, maka

terdapat perubahan pada persamaan *flow diagram* begitu pula dengan *flow diagram*nya. Berikut ini adalah persamaan pada simulasi skenario struktur ekstensifikasi lahan yang akan diimplementasi, ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Persamaan Skenario Ekstensifikasi Lahan

| Variabel | Persamaan |
|--------------------------|------------------------------------|
| Peat Land Area (Ha) | $170000/14000000$ |
| Opening of New Land Rate | $0.08 + \text{''Peat Land Area''}$ |

Sedangkan untuk pemodelan yang ditampilkan pada Gambar 5.1 ketika akan melakukan ekstensifikasi lahan dengan menambahkan variabel lahan gambut didalamnya dan ditandai dengan panah berwarna hijau.



Gambar 5.1 Sub-Model Skenario Produksi Biodiesel

Adapun dalam penerapan skenario ini, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangannya, diantaranya diperlihatkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Dampak Skenario Ekstensifikasi Lahan

| Kelebihan | Kekurangan |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengurangi penurunan produksi tiap tahun, untuk memenuhi permintaan komoditas 2. Meningkatkan jumlah produksi biodiesel dikarenakan luas tanam sawit juga ikut bertambah | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lebih sulit diimplementasikan jika dibandingkan dengan opsi intensifikasi lahan 2. Pemanfaatan lahan gambut juga diperebutkan untuk berbagai sektor lain (tidak hanya untuk perkebunan kelapa sawit) 3. Apabila tidak diimplementasikan secara terkelola dan hati-hati, dapat menimbulkan isu lingkungan, ekonomi, dan sosial pada wilayah lahan. |

5.1.3 Skenario Mengurangi Aktor Distribusi

Pada skenario ini merupakan skenario dimana upaya yang dilakukan adalah untuk meminimalisir biaya logistik dalam rantai pasok dengan cara mengurangi aktor rantai pasok atau pelaku-pelaku yang terlibat dalam distribusi biodiesel.

Seperti yang diutarakan Prastowo *et al* dalam penelitiannya, bahwa dengan mengefisienkan kegiatan distribusi, maka harga komoditas yang terbentuk pada tingkat akhir atau pada level

konsumen dapat diminimalisir pula. Hal ini dikarenakan efisiensi dari kegiatan distribusi komoditas atau dikenal dengan istilah ‘tata niaga’ sangat dipengaruhi oleh panjang mata rantai distribusi dan besarnya margin keuntungan yang ditetapkan oleh setiap mata rantai distribusi. Sehingga semakin pendek mata rantai distribusi dan semakin kecil margin keuntungan, maka kegiatan distribusi tersebut semakin efisien [37].

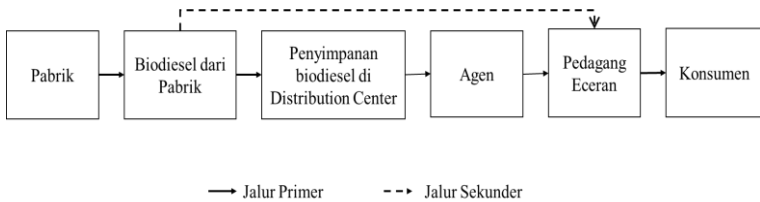
Oleh karena penelitian tersebut, untuk mengefisienkan rantai pasok biodiesel dibutuhkan mata rantai distribusi yang efisien pula. Hal itu yang mendasari dibentuknya skenario ini, dengan kata lain skenario ini bertujuan untuk meminimalisir biaya logistik pada biodiesel sehingga dapat meminimalisir harga biodiesel juga.

Terdapat beberapa upaya dalam mengurangi pelaku yang terlibat dalam distribusi biodiesel, yang akan ditampilkan pada sub bab 5.1.3.1 dan 5.1.3.2.

5.1.3.1 Meminimalisir Alur Distribusi Tanpa Agen

Seperti yang terlihat pada Gambar 5.2, alur distribusi biodiesel dimulai dari pabrik, kemudian distributor utama (yaitu Pertamina), lalu dilanjutkan ke agen, pedagang eceran (*retailer*), dan berakhir di tangan konsumen. Pada *base model* yang dikerjakan dalam tugas akhir ini, jalur distribusi yang digunakan merupakan jalur primer. Karena, jalur sekunder bukan merupakan jalur yang umum digunakan, dan masih dalam tahap inisiasi. Perbedaan kedua jalur terletak pada pengalihan proses *blending* atau pencampuran biodiesel, dimana pada jalur sekunder biodiesel diolah dan dicampur langsung di dalam pabrik, tanpa melalui distributor utama terlebih dahulu dan pengiriman distribusi melalui agen pun terlewati [16]. Sehingga pelaku industri biodiesel dapat

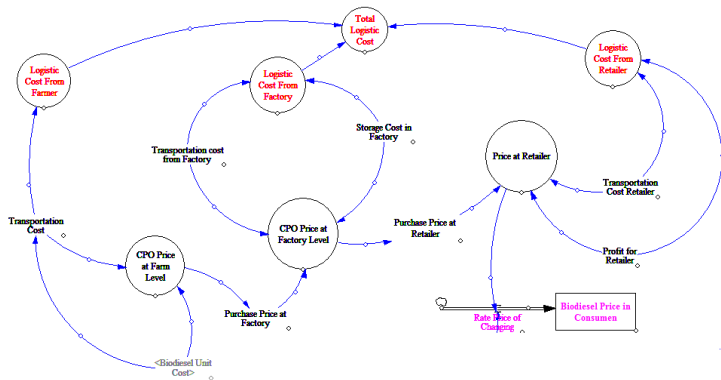
mengirimkannya langsung kepada pedagang eceran. Terdapatnya jalur sekunder dengan program *manual blending* inilah, yang mendasari dibentuknya skenario untuk mengurangi aktor distribusi berupa “agen”, pada model rantai pasok biodiesel.



Gambar 5.2 Alur Distribusi Biodiesel

Adapun berikut adalah bentuk pemodelan yang ditampilkan pada Gambar 5.3, ketika akan melakukan skenario 3 A dengan mengurangi aktor distribusi agen didalamnya.

Karena pada skenario ini tidak ada penambahan variabel baru, melainkan pengurangan variabel saja, maka dari itu tidak ada persamaan atau nilai (*equation*) pada model yang berubah.



Gambar 5.3 Sub-Model Skenario 3 A

5.1.3.2 Meminimalisir Alur Distribusi Bahan Baku dari Petani ke Pabrik

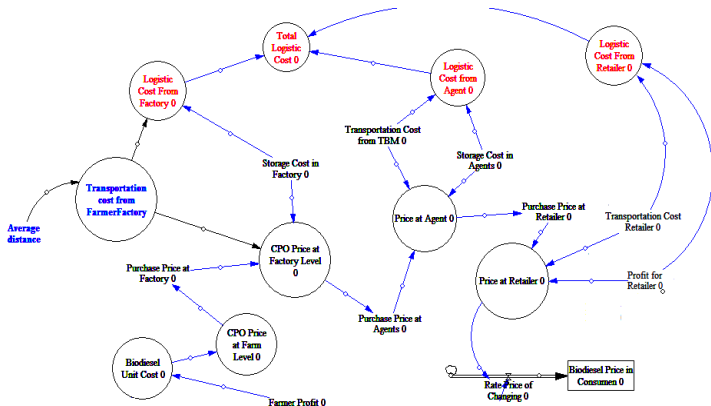
Tujuannya masih sama dengan skenario sebelumnya, yaitu untuk mengurangi biaya logistik yang timbul, sehingga harga bahan bakar biodiesel di tangan konsumen dapat terkena dampaknya pula. Perbedaan skenario struktur 3 B berikut terletak pada pengurangan aktor dalam proses distribusi. Pada skenario struktur 3 B, struktur model tidak mencantumkan biaya logistik (transportasi) dari petani. Hal yang mendasari dibentuknya skenario ini adalah, adanya program untuk mengembangkan industri biodiesel yang berada satu wilayah dengan lahan perkebunan sawit yang menjadi bahan bakunya. Program tersebut dinamakan dengan *Integrated CPO-Biodiesel Model* (ICBM) [38]. ICBM memungkinkan perkebunan sawit terintegrasi dengan pabrik pengolahan biodiesel. Sehingga sumberdaya yang sudah ada di perkebunan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dalam proses produksi di pabrik. Selain itu, ICBM juga memperbesar usaha biodiesel untuk mengatasi upah buruh dan biaya transportasi [39].

Adapun berikut adalah bentuk pemodelan yang ditampilkan pada Gambar 5.5, ketika akan melakukan skenario struktur 3 B dengan mengurangi biaya logistik dan alur distribusi petani ke pabrik didalamnya.

Sama seperti skenario struktur 3 A, variabel-variabel dalam skenario 3 B yang merepresentasikan biaya logistik – dari setiap pelaku yang terlibat proses distribusi biodiesel – ditandai dengan warna merah. Sedangkan variabel-variabel yang mengalami perubahan khusus skenario 3 B ini, ditandai dengan warna biru. Sebelumnya, hasil panen sawit memiliki biaya transportasinya sendiri, berikut juga dengan biaya

transportasi dari pabrik. Pada skenario 3 B hal tersebut berubah, dikarenakan perkebunan dan pabrik didekatkan lokasinya satu-sama lain, maka variabel biaya transportasinya pun disatukan dan terdapat penambahan variabel jarak rata-rata perkebunan dengan pabrik. Adapun jarak rata-rata perkebunan dengan petani apabila program atau skenario ICBM tersebut diimplementasikan diasumsikan adalah sebesar radius 32 kilometer.

Adapun berikut adalah bentuk pemodelan yang ditampilkan pada Gambar 5.4 ketika akan melakukan skenario 3 B dengan menyatukan biaya logistik (transportasi) dari petani ke pabrik.



Gambar 5.5 Sub-Model Skenario 3 B

Oleh karena dengan mengurangi mata rantai distribusi biodiesel dilakukan, maka untuk biaya logistik yang timbul per pelaku distribusi pun juga turut berkurang. Oleh karena itu, dengan adanya kegiatan tersebut dapat berpengaruh kepada penekanan biaya logistik yang terlibat di dalam distribusi biodiesel.

Selain itu, dalam penerapan skenario empat yaitu mengurangi pelaku distribusi ini, juga terdapat beberapa kelebihan dan

kekurangannya, diantaranya diperlihatkan pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Dampak Skenario Meminimalisir Alur Distribusi

| Kelebihan | Kekurangan |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Meminimalisir biaya yang timbul dari proses distribusi produk 2. Menekan harga biodiesel di tangan konsumen (menjadi lebih murah) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Membutuhkan upaya transportasi yang lebih besar, karena jarak antara pelaku distribusi yang satu dengan yang lainnya dapat saling berjauhan |

5.2 Implementasi Skenario

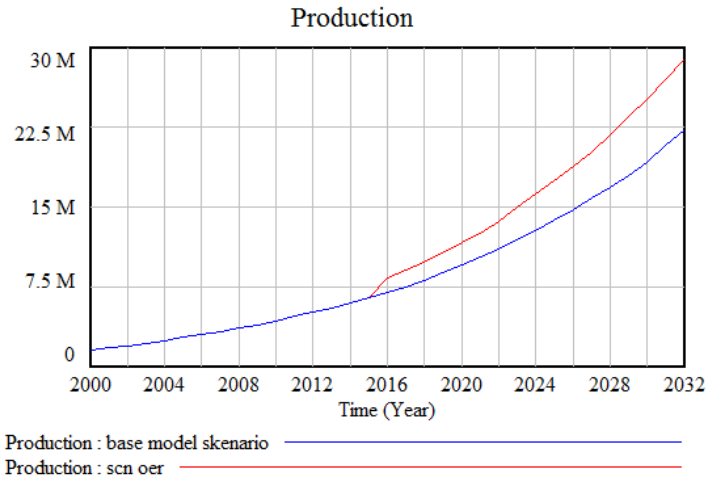
Tahapan berikut menunjukkan hasil dari implementasi skenariosasi yang dilakukan pada tahapan sebelumnya. Hasil dari skenariosasi tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik.

5.2.1 Hasil Skenario 1: Meningkatkan Nilai Rendemen

Skenario pertama ini merupakan skenario parameter, dimana terdapat perubahan nilai dari parameter yang bertujuan untuk meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel melalui peningkatan jumlah produksi biodiesel yang dihasilkan. Adapun parameter yang diubah dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Dengan mengimplementasikan skenario parameter yaitu mengubah nilai rendemen dengan meningkatkan *Oil Extracton Rate* (OER), dapat meningkatkan produksi biodiesel untuk

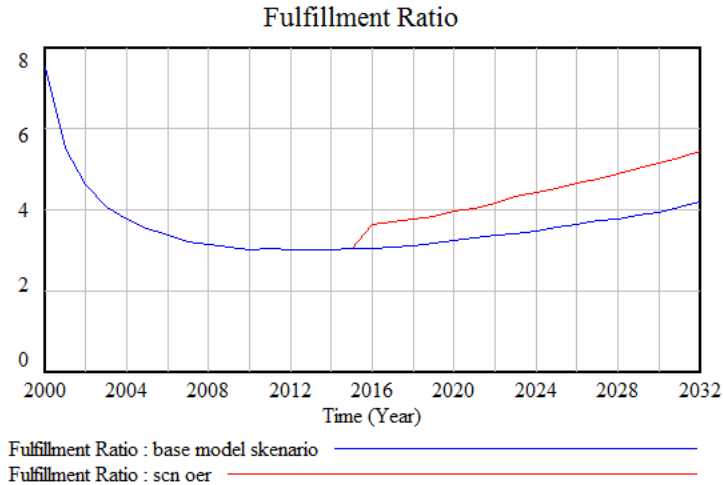
mencukup rasio pemenuhan biodiesel tersebut. Berikut adalah grafik yang menunjukkan jumlah produksi yang dihasilkan, dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Produksi Biodiesel Skenario 1 Meningkatkan Nilai OER

Sesuai pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 5.6 tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah produksi biodiesel pada base model dengan skenario lebih meningkat ketika menggunakan skenario. Namun baik dalam base model maupun skenario, pada awal periodenya (tahun 2000) memiliki jumlah produksi yang serupa. Hal ini disebabkan keduanya memiliki nilai variabel OER yang sama pada model, hingga tahun 2016 nilai OER pada skenario baru ditingkatkan. Lalu hasilnya pada skenario ini, terjadi peningkatan produksi dari *base model* ke skenario yang terhitung sebesar 21,4%.

Dengan meningkatnya produksi biodiesel maka terdapat perubahan pula dalam rasio pemenuhan biodiesel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Rasio Pemenuhan Biodiesel Skenario 1 Meningkatkan Nilai OER

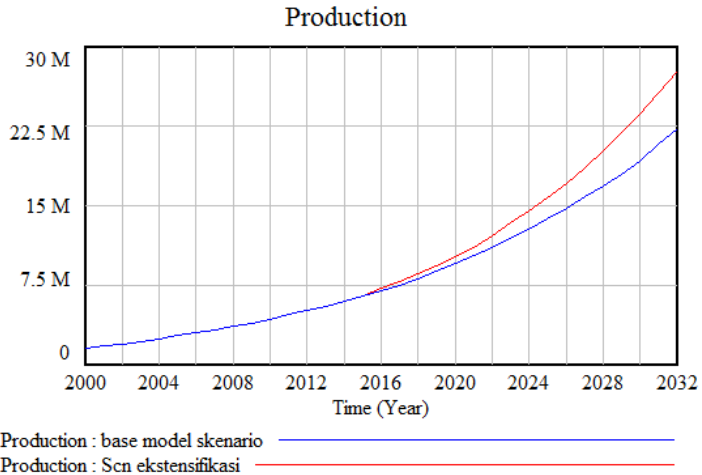
Ketika produksi biodiesel mengalami peningkatan, maka untuk rasio pemenuhan biodiesel pun mengalami peningkatan. Hal ini pun ditunjukkan oleh grafik yang ada pada Gambar 5.7 bahwa rasio pemenuhan biodiesel mengalami peningkatan dari *base model*. Pada skenario ini, terjadi peningkatan rasio pemenuhan dari base model ke skenario yang terhitung sebesar 13%.

5.2.2 Hasil Skenario 2: Ekstensifikasi Lahan

Skenario 2 ini merupakan skenario struktur, dimana terdapat perubahan struktur model yang bertujuan untuk membentuk rekomendasi struktur baru yang dapat memperbaiki kinerja sistem. Adapun struktur model yang mengalami perubahan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Dengan mengimplementasikan skenario ini yaitu menambahkan variabel lahan ekstensifikasi ke dalam model,

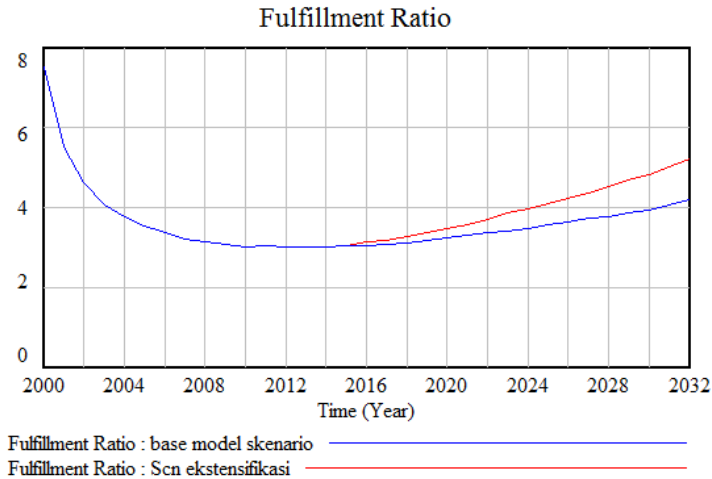
maka dapat meningkatkan hasil produksi biodiesel untuk mencukup rasio pemenuhan biodiesel tersebut. Berikut adalah grafik yang menunjukkan jumlah produksi yang dihasilkan, dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Produksi Biodiesel Skenario Ekstensifikasi

Sesuai pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 5.8 tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah produksi biodiesel pada *base model* dengan skenario lebih meningkat ketika menggunakan skenario. Pada skenario ini, terjadi peningkatan produksi dari *base model* ke skenario yang terhitung sebesar 12,71%.

Dengan meningkatnya produksi biodiesel maka terdapat perubahan pula dalam rasio pemenuhan biodiesel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Rasio Pemenuhan Biodiesel Skenario Ekstensifikasi

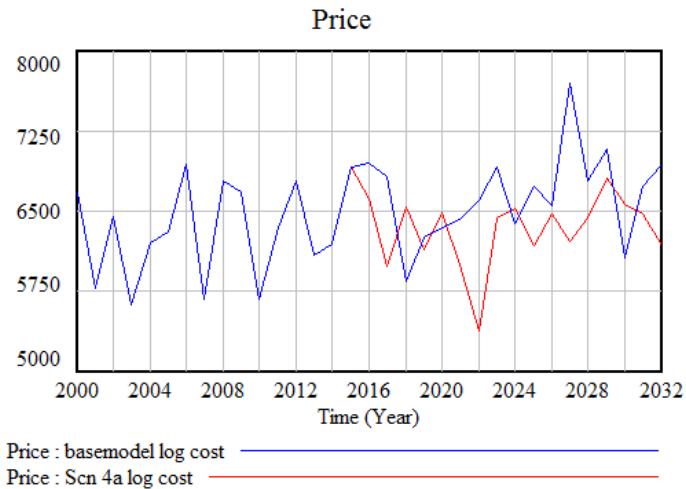
Ketika produksi biodiesel mengalami peningkatan, maka untuk rasio pemenuhan biodiesel pun mengalami peningkatan. Hal ini pun ditunjukkan oleh grafik yang ada pada Gambar 5.9 bahwa rasio pemenuhan biodiesel mengalami peningkatan dari *base model*. Pada skenario ini, terjadi peningkatan rasio pemenuhan dari *base model* ke skenario yang dihitung sebesar 7,12%.

5.2.3 Hasil Skenario 3: Meminimalisir Alur Distribusi

Sama seperti skenario sebelumnya, skenario keempat ini juga merupakan skenario struktur, dimana terdapat perubahan struktur model yang bertujuan untuk membentuk rekomendasi struktur baru yang dapat memperbaiki kinerja sistem. Tujuan khusus skenario 3 ini adalah untuk mengefisienkan biaya logistik yang timbul dari proses distribusi biodiesel. Adapun struktur model yang mengalami perubahan dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.5.

5.2.3.1 Skenario Tanpa Agen Distribusi (Skenario 3 A)

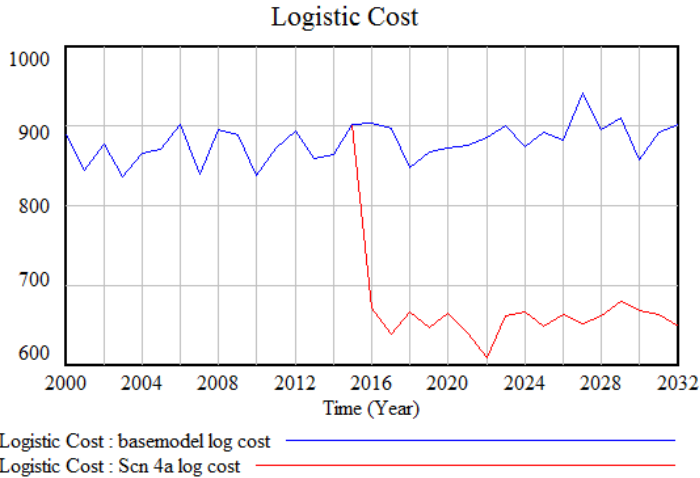
Dengan mengimplementasikan skenario struktur 3 A yaitu mengurangi variabel salah satu aktor distribusi dalam model, yaitu agen maka dapat mengurangi biaya logistik dan menekan harga biodiesel di level akhir (konsumen). Berikut adalah grafik yang menunjukkan harga biodiesel di tangan konsumen, dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen Skenario 3 A

Sesuai pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 5.10 tersebut, dapat dilihat bahwa harga biodiesel di tangan konsumen lebih rendah menggunakan skenario dibandingkan dengan *base model*. Perbedaan antara harga biodiesel pada *base model* dengan skenario mengalami rata-rata penurunan sebesar 2,73% per tahun.

Dengan menurunnya harga biodiesel di tingkat konsumen, maka terdapat penurunan terhadap biaya logistik biodiesel yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 berikut.

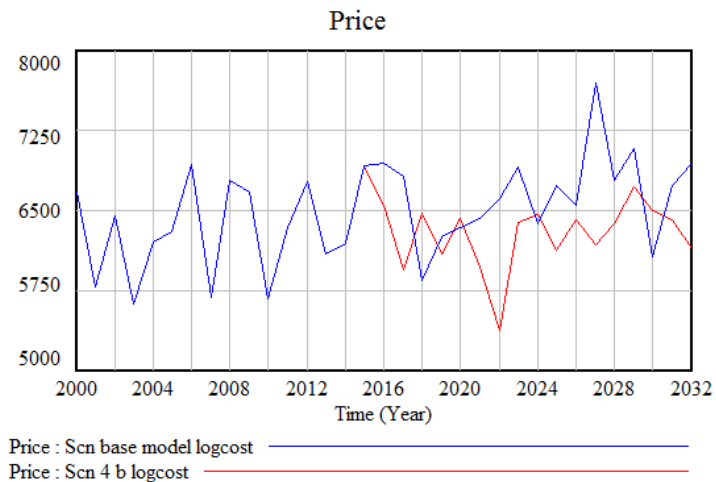


Gambar 5.11 Biaya Logistik Biodiesel Skenario 3 A

Sedangkan untuk biaya logistik yang dikeluarkan ketika melakukan distribusi biodiesel dari produsen hingga ke tangan konsumen, juga mengalami pengurangan apabila menerapkan skenario struktur 3 A tersebut. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.11 yang menunjukkan perbedaan biaya logistik pada *base model* dengan yang menggunakan skenario. Perbedaan antara biaya logistik pada *base model* dengan skenario mengalami penurunan rata-rata sebesar 15,7%.

5.2.3.2 Skenario Mempersingkat Distribusi Petani-Pabrik (Skenario 3 B)

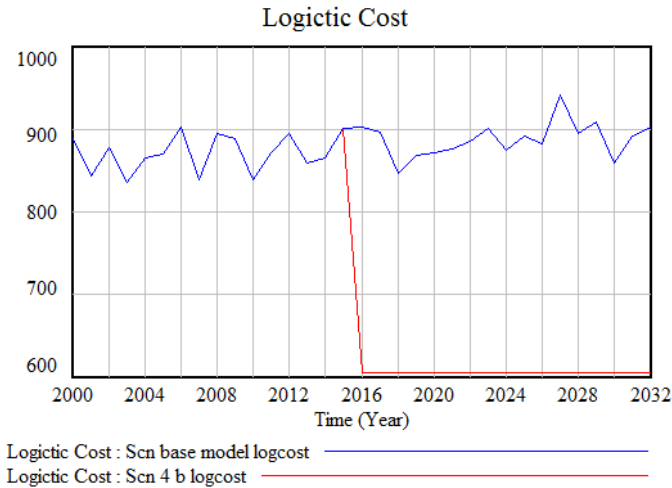
Dengan mengimplementasikan skenario 3 B yaitu meminimalisir distribusi dari petani ke pabrik dalam model, maka dapat mengurangi biaya logistik dan menekan harga biodiesel di level akhir (konsumen). Berikut adalah grafik yang menunjukkan harga biodiesel di tangan konsumen, dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen Skenario 3 B

Sesuai pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 5.12 tersebut, dapat dilihat bahwa harga biodiesel di tangan konsumen lebih rendah menggunakan skenario dibandingkan dengan base model. Perbedaan antara harga biodiesel pada *base model* dengan skenario mengalami rata-rata penurunan sebesar 3% per tahun.

Dengan menurunnya harga biodiesel di tingkat konsumen, maka terdapat penurunan terhadap biaya logistik biodiesel yang ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Biaya Logistik Biodiesel Skenario 3 B

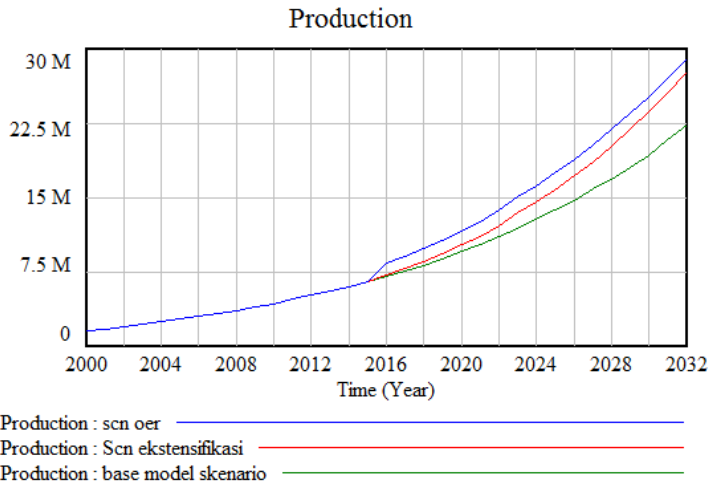
Sedangkan untuk biaya logistik yang dikeluarkan ketika melakukan distribusi biodiesel dari produsen hingga ke tangan konsumen, juga mengalami pengurangan apabila menerapkan skenario struktur 3 B tersebut. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.13 yang menunjukkan perbedaan biaya logistik pada *base model* dengan yang menggunakan skenario. Perbedaan antara biaya logistik pada *base model* dengan skenario mengalami penurunan rata-rata sebesar 19,7%.

5.3 Analisis Hasil Implementasi Skenario

Bagian ini akan menjelaskan mengenai perbandingan hasil dari skenario-skenario yang telah dilakukan. Karena pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa terjadi perbaikan pada setiap parameter yang berpengaruh pada rasio pemenuhan dan efisiensi biaya logistik, maka pada bagian ini akan menjelaskan mengenai perbandingan antar skenario yang dapat memberikan hasil yang paling optimal. Dari hasil

analisis ini, akan ditambahkan pula prediksi dari 15 tahun kedepan antara tahun 2018-2032. Berikut ini adalah hasil analisis dari skenario yang telah dibuat:

5.3.1 Produksi Biodiesel



Gambar 5.14 Perbandingan Skenario Produksi Biodiesel

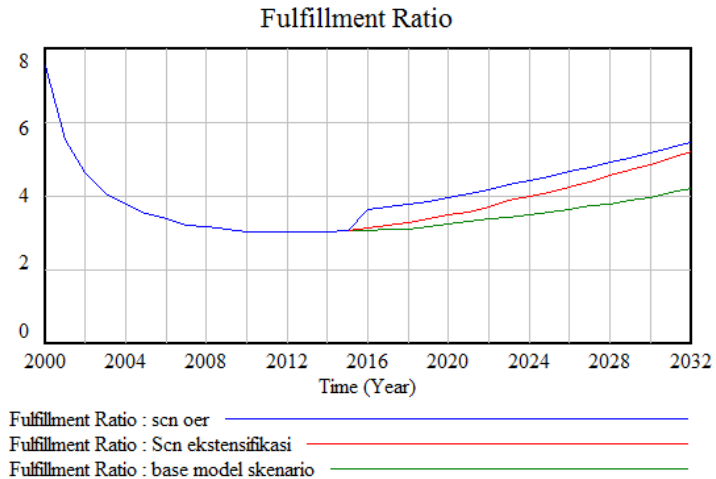
Sesuai pada grafik yang terdapat pada Gambar 5.14, menjelaskan mengenai jumlah produksi biodiesel setiap tahunnya dengan mengimplementasikan keempat skenario yang dibahas pada bab 5.2. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan skenario peningkatan nilai OER/rendemen (skenario 1) menghasilkan produksi biodiesel yang paling tinggi diantara penggunaan skenario yang lainnya. Bahkan untuk keseluruhan skenario mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya. Selain itu, penggunaan skenario kedua yaitu intensifikasi lahan juga menghasilkan produksi yang cukup meningkat. Adapun selisih perbandingan antara skenario 1 dengan skenario 2 yang digunakan untuk

meningkatkan produksi biodiesel adalah sebesar lebih tinggi 3% dari skenario 2. Berikut ini adalah tabel perbandingan jumlah produksi biodiesel yang diprediksi per-tahun hingga tahun 2032, yang ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Skenario Produksi Biodiesel

| Tahun | Skenario 1 | Skenario 2 |
|-----------|-------------|-------------|
| 2016 | 8315250 | 6387620 |
| 2017 | 9018840 | 6900360 |
| 2018 | 9851660 | 7449070 |
| 2019 | 10680000 | 8036240 |
| 2020 | 11633900 | 8664590 |
| 2021 | 12582600 | 9336990 |
| 2022 | 13698900 | 10056500 |
| 2023 | 15011700 | 10826500 |
| 2024 | 16174700 | 11650400 |
| 2025 | 17419200 | 12532100 |
| 2026 | 18816000 | 13475500 |
| 2027 | 20241100 | 14485100 |
| 2028 | 21840600 | 15565400 |
| 2029 | 23472500 | 16721300 |
| 2030 | 25114500 | 17958300 |
| 2031 | 26983100 | 19281900 |
| 2032 | 28982500 | 20698300 |
| 2017-2032 | 10554089,09 | 7766273,939 |

5.3.2 Rasio Pemenuhan Biodiesel



Gambar 5.15 Perbandingan Skenario Rasio Pemenuhan Biodiesel

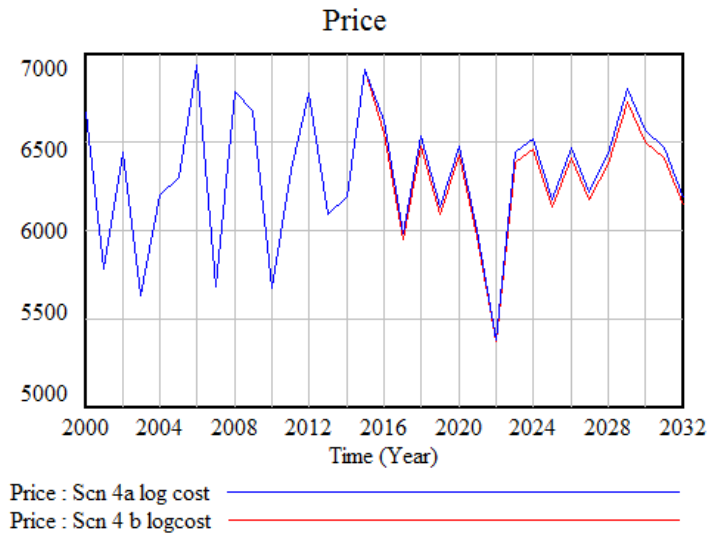
Sesuai pada grafik yang terdapat pada Gambar 5.15, menunjukkan rasio pemenuhan biodiesel setiap tahunnya dengan menggunakan dua skenario diantaranya: perubahan nilai rendemen, dan ekstensifikasi lahan.

Dikarenakan produksi biodiesel mengalami peningkatan dengan menggunakan skenario-skenario yang telah dibuat, maka rasio pemenuhan biodiesel pun juga mengalami perubahan. Berikut ini adalah tabel perbandingan rasio pemenuhan biodiesel yang diprediksi per-tahun hingga tahun 2032, yang ditunjukkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Perbandingan Rasio Pemenuhan Biodiesel

| Tahun | Skenario 1 | Skenario 2 |
|---------------|-------------|-------------|
| 2016 | 3,63722 | 3,13756 |
| 2017 | 3,68903 | 3,19242 |
| 2018 | 3,7787 | 3,28368 |
| 2019 | 3,85091 | 3,36116 |
| 2020 | 3,95239 | 3,46785 |
| 2021 | 4,03598 | 3,55997 |
| 2022 | 4,15651 | 3,68923 |
| 2023 | 4,31609 | 3,85841 |
| 2024 | 4,41378 | 3,97028 |
| 2025 | 4,51816 | 4,09085 |
| 2026 | 4,64529 | 4,23628 |
| 2027 | 4,76243 | 4,37414 |
| 2028 | 4,90323 | 4,53844 |
| 2029 | 5,03368 | 4,69478 |
| 2030 | 5,15003 | 4,83904 |
| 2031 | 5,29615 | 5,01706 |
| 2032 | 5,44989 | 5,20603 |
| 2017- 2032 | 4,108887879 | 3,894576061 |

5.3.3 Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen



Gambar 5.16 Perbandingan Skenario Harga Biodiesel

Seperti yang terlihat pada Gambar 5.16 menunjukkan bahwa harga biodiesel di tingkat konsumen akan mengalami ketidakstabilan harga di tiap tahunnya. Hal ini dikarenakan harga bahan bakar biodiesel dipengaruhi oleh harga minyak dunia. Dengan menggunakan skenario 3 ini, harga biodiesel yang akan datang bisa diminimalisir. Untuk skenario 3 yang paling efisien untuk menurunkan harga adalah skenario 3 B, dengan meminimalisir rantai distribusi dari petani ke pabrik. Perbedaan harga biodiesel antara *base model* dengan skenario struktur 3 B sebesar 0,48% lebih rendah. Berikut ini adalah tabel perbandingan harga biodiesel di tingkat konsumen yang diprediksi per-tahun hingga tahun 2032, yang ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Perbandingan Harga Biodiesel di Tingkat Konsumen

| Tahun | Base Model | Skenario 3 A | Skenario 3 B |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| 2016 | 6946,81 | 6619,55 | 6554,38 |
| 2017 | 6817,43 | 5982,84 | 5950,01 |
| 2018 | 5844,1 | 6535,1 | 6474,22 |
| 2019 | 6253,87 | 6132,89 | 6092,43 |
| 2020 | 6339,37 | 6480,68 | 6422,57 |
| 2021 | 6421,33 | 5997,12 | 5963,56 |
| 2022 | 6607,88 | 5377,42 | 5375,33 |
| 2023 | 6909,17 | 6440,77 | 6384,68 |
| 2024 | 6379,83 | 6519,92 | 6459,81 |
| 2025 | 6733,32 | 6176,53 | 6133,86 |
| 2026 | 6548,42 | 6467,8 | 6410,34 |
| 2027 | 7697,59 | 6219,05 | 6174,22 |
| 2028 | 6788,24 | 6433,87 | 6378,13 |
| 2029 | 7078,23 | 6802,68 | 6728,21 |
| 2030 | 6067,98 | 6568,02 | 6505,47 |
| 2031 | 6735,8 | 6468,77 | 6411,26 |
| 2032 | 6942,36 | 6182,4 | 6139,43 |
| 2017-2032 | 6491,047576 | 6318,128788 | 6292,447 |

5.4 Resume Skenario

Berdasarkan skenario yang telah dibuat, maka peneliti menyimpulkan beberapa skenario tersebut untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh, yang dijabarkan dalam Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Resume Skenario

| Skenario | Deskripsi Skenario | Hasil |
|----------------------|--|---|
| Peningkatan Rendemen | Skenario ini merubah nilai parameter dari variabel rendemen minyak sawit atau yang biasa disebut <i>Oil Extraction Rate</i> (OER), untuk melihat apakah jumlah produksi minyak kelapa sawit olahan yang dihasilkan menjadi lebih optimal, sehingga mempengaruhi jumlah bahan baku pembuatan biodiesel. | Berdasarkan perubahan parameter <i>Oil Extraction Rate</i> (OER) sebagai variabel dalam model, maka jika persentase OER dijadikan 20%, maka produksi biodiesel mengalami peningkatan tiap tahunnya. Dengan rata-rata peningkatan produksi sampai tahun 2032 diprediksi mencapai 10,5 juta kiloliter. Sehingga skenario ini juga mampu meningkatkan rasio pemenuhan dari kondisi sebelumnya. Rasio pemenuhan mengalami |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| | | kenaikan sebesar 13%. |
| Ekstensifikasi Lahan | Skenario ini dilakukan perubahan struktur dan parameter variabel dalam model. Variabel yang ditambahkan adalah luas lahan gambut baru. Sedangkan parameter yang diubah adalah laju penambahan lahan perkebunan. | Dengan menambahkan luas lahan perkebunan sawit sebesar 0,17 juta hektar, maka berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan variabel-variabel dan parameter diatas, hasil produksi biodiesel mampu ditingkatkan sebesar 13% per tahun. Rasio pemenuhan biodiesel pun mengalami peningkatan sebesar 7%. |
| Meminimalisir Aktor Distribusi | Skenario ini dibagi menjadi dua rancangan. Skenario A mengurangi aktor distribusi agen (<i>distribution center</i>), sedangkan skenario B mengurangi biaya | Hasil skenario menunjukkan terjadinya penurunan harga biodiesel di tangan konsumen yang mana merupakan |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>logistik yang timbul di antara fase perkebunan & pabrik.</p> | <p>dampak dari terminimalisirnya biaya logistik secara keseluruhan. Hasil efisiensi paling optimal, didapat dari skenario 3 B, yaitu mengurangi biaya logistik antara perkebunan dengan pabrik. Adapaun persentase efisiensi atau perbedaan biaya logistik dengan kondisi terkininya, sebesar 15,7%. Sedangkan harga biodiesel ikut terpengaruh, & memiliki perbandingan penurunan harga sebesar 2,77%.</p> |
|--|---|---|

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan seluruh proses penelitian yang telah dilakukan untuk memastikan hasil yang diperoleh telah mampu menjawab pertanyaan penelitian serta tujuan penelitian. Melalui pengembangan model berdasarkan kondisi saat ini (*base model*) dan skenario, kesimpulan diambil dari proses simulasi menggunakan metode sistem dinamik untuk mengoptimalkan ketersediaan biodiesel dengan mengoptimalkan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok.

6.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang menjadi kesimpulan dalam pengerjaan tugas akhir berikut antara lain:

1. Dari pemodelan yang dirancang berdasarkan kondisi eksisting, faktor-faktor yang mempengaruhi rasio pemenuhan biodiesel, diantaranya adalah: *Biodiesel Production* dan *Biodiesel Demand*. Sedangkan faktor yang mempengaruhi efisiensi rantai pasok biodiesel ialah *Total Logistic Cost*, yang terdiri dari *transportation cost* dan *storage cost* (dari masing-masing pelaku atau aktor yang terlibat dalam proses distribusi biodiesel).
2. Model yang digunakan pada tugas akhir ini telah valid, karena telah memenuhi persyaratan nilai maksimal Error E1 (*Means Comparison*) sebesar $< 5\%$ dan Error E2 (*Amplitudo Variance Comparison*) $< 30\%$. Sehingga model ini bisa dijadikan sebagai acuan untuk melakukan simulasi ketersediaan biodiesel

dalam meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok dan dapat dijadikan sebagai referensi dalam menentukan kebijakan.

3. Untuk dapat memperbaiki usulan perbaikan sistem, maka dilakukan pembuatan dan penerapan skenario untuk memenuhi ketersediaan biodiesel dengan meningkatkan rasio pemenuhan dan efisiensi manajemen rantai pasok. Skenario yang dilakukan antara lain: merubah nilai rendemen minyak sawit, menambahkan faktor lahan gambut kosong untuk ekstensifikasi lahan, dan mengurangi aktor distribusi biodiesel agar dapat meminimalisir biaya logistik dan harga yang ada di tingkat konsumen.
4. Hasil skenariosasi yang memberikan hasil optimal dalam meningkatkan rasio pemenuhan biodiesel adalah skenario 1. Skenario ini merubah nilai parameter dari OER, untuk melihat apakah jumlah produksi minyak kelapa sawit olahan yang dihasilkan menjadi lebih optimal, sehingga mempengaruhi jumlah bahan baku pembuatan biodiesel. Berdasarkan perubahan parameter Oil Extraction Rate (OER) sebagai variabel dalam model, maka jika persentase OER dijadikan 20%, maka produksi biodiesel mengalami peningkatan tiap tahunnya. Dengan rata-rata peningkatan produksi sampai tahun 2032 diprediksi mencapai 10,5 juta kiloliter. Sehingga skenario ini juga mampu meningkatkan rasio pemenuhan dari kondisi sebelumnya. Rasio pemenuhan mengalami kenaikan sebesar 13%. Adapun kemungkinan kendala yang dihadapi untuk penerapan skenario 1 ini adalah, dibutuhkan adanya

perbaikan kualitas penanaman sawit dengan melakukan uji coba untuk mengoptimisasi OER.

5. Hasil skenariosasi paling optimal untuk efisiensi manajemen rantai pasok biodiesel didapat dari skenario 3 B, dimana skenario tersebut terkait dengan mengurangi biaya logistik antara perkebunan dengan pabrik. Adapun persentase efisiensi atau perbedaan biaya logistik dengan kondisi terkininya, sebesar 15,7%. Sedangkan harga biodiesel juga ikut terpengaruh dan memiliki perbandingan penurunan harga sebesar 2,77%.

6.2 Saran

Saran yang timbul dari pengerjaan tugas akhir berikut dan dapat digunakan untuk mengembangkan topik dan permasalahan dalam tugas akhir ini untuk tugas akhir berikutnya adalah:

1. Konsep dan model dari ketersediaan biodiesel dapat diimplementasikan pada ketersediaan biodiesel di daerah lainnya, dengan dilakukan penyesuaian terhadap lingkup studi kasus yang diinginkan. Penelitian bisa memfokuskan pada ruang lingkup yang lebih kecil seperti provinsi, kota, dan lain sebagainya. Karena secara umum konsep distribusinya adalah sama.
2. Pengembangan model juga bisa lebih ditingkatkan dengan menjabarkan variabel harga di tingkat konsumen, serta biaya logistik yang dikeluarkan dengan lebih mendetail lagi, agar akurasi model yang dibuat dapat mencerminkan kondisi nyata dengan lebih baik.

3. Penelitian bisa dikembangkan dengan pengumpulan data produktivitas lahan yang lebih detail, melalui *interview* para pelaku penanam (petani) kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. R. A. Hadiguna dan D. Putra, *Dinamika Jaringan Rantai Pasok Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas*, Padang: Andalas University Press, 2015.
- [2] S. H., *Analisis Kebijakan Mandatory Pemanfaatan Biodiesel di Indonesia*, Universitas Indonesia, 2012.
- [3] S. J. & Yudiartono, *Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang di Indonesia*, Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2005.
- [4] “Detik Finance,” [Online]. Available: <http://finance.detik.com/ekonomi-bisnis/2663515/program-wajib-solar-dicampur-biodiesel-terkendala-infrastruktur?f9911033>. [Diakses 10 January 2017].
- [5] J. v. d. Vorst, *Supply Chain Management: Theory and Practice*, Hoofdstuk: *The Emerging World of Chains & Networks*, Elsevier.
- [6] L. Li, *Supply Chain Management: Concepts, techniques and practices enhancing value through collaboration*, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2007.
- [7] C. Gimenez, “Logistics Integration Processes in the Food Industry,” 2006.

- [8] T. Bosona, "Integration of logistics network in local food supply chains," vol. 33, no. 1, pp. 32-48, 2013.
- [9] D. Mulyadi, *Pengembangan Sistem Logistik Yang Efektif dan Efisien Dengan Pendekatan Supply Chain Management*, 2011.
- [10] F. Campuzano dan J. Mula, *Supply Chain Simulation, A system Dynamics Approach for Improving Performance*, London: Springer, 2011.
- [11] E. A. S. B. Muhammadi, *Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi dan Manajemen*, Jakarta: UMJ Press, 2001.
- [12] Centeno dan Carillo, "Challenges of Introducing Simulation as a Decision Making Tool," *Proceeding of the Winter Simulation Conference*.
- [13] A. Azadeh dan H. V. Arani, "Biodiesel supply chain optimization via a hybrid system dynamics-mathematical programming approach," *Elsevier*, no. Renewable Energy, 2016.
- [14] Elviyanti, *Desain Sistem Penentuan Kualitas Biodiesel Berbasis Minyak Nabati*, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2007.
- [15] *National Bioenergy Center, National Renewable Energy Laboratory (USA)*, 2005.
- [16] M. a. T. Directorate, *Kepastian Pembelian Biofuel oleh Pertamina*, Pertamina, 2011.

- [17] L. H, K. BS, N. K dan Y. A, "Designing a Supply Chain System Dynamic Model for Palm Oil Agro-Industries.," *JITBM*, vol. 20, pp. 1-8.
- [18] E. G. S. Y. S. W. W. P. Hamdan Handoko, "Pemodelan Sistem Dinamik Ketercapaian Kontribusi Biodiesel dalam Bauran Energi Indonesia 2025," *Jurnal Manajemen Teknologi*, vol. I, no. 11, pp. 15-27, 2012.
- [19] "The Development of System Dynamics Model to Analyze and Improve the Production of CPO Derivatives," *Jurnal Teknologi*, 2015.
- [20] Q. A. Zheng, *Washington Biofuel Feedstock Supply under Price Uncertainty*, University of Alaska Anchorage, 2008.
- [21] S. D. Applanaidu dan F. M. Arshad, "The relationship between petroleum prices, biodiesel demand and Malaysian palm oil prices: evidence from simultaneous equation approach.," *Banwa Journal*, 2011.
- [22] S. JD, *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000.
- [23] B. Y, "Multiple Tests for Validation of System Dynamics Type of Simulation Models," *European Journal of Operation Research*, pp. 59-87.
- [24] K. J. dan F. Laube, *Urban Transport Patterns in a Global Sample of Cities and Their Linkages to Transport Infrastructure, Land-use, Economics and Environment*,

2002.

- [25] Risza, Kelapa Sawit dan Upaya Peningkatan Produktivitas, 2005.
- [26] Maimunah, “Pengaruh Pupuk dan Curah Hujan terhadap Produksi Kelapa Sawit pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan,” Universitas Sumatera Utara, 2008.
- [27] Darnoko, “Prospek Penggunaan Sawit Sebagai Bahan Baku Biodiesel,” Institut Pertanian Bogor, 2004.
- [28] A. Setiyanto, “Analisis Efisiensi Produksi Kelapa Sawit dan Karet,” dalam *Dinamika Produksi dan Penerapan Teknologi Pertanian*, 2015.
- [29] A. Larasati, T. Liu dan F. Epplin, “An Analysis of Logistic Costs to Determine Optimal Size of a Biofuel Refinery,” *Engineering Management Journal*, vol. 24, no. 4, 2012.
- [30] L. & W. D. Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, second edition, McGraw-Hill, 1991.
- [31] *Kajian Supply Demand Energy*, Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian ESDM, 2014.
- [32] Law and Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, 2nd Edition, 2000.
- [33] I. Pahan, *Panduan Lengkap Kelapa Sawit; Manajemen Agribisnis dari Hulu ke Hilir*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2011.

- [34] “Produktivitas Sawit di Lahan Gambut,” [Online]. Available: <http://perkebunannews.com/2016/11/15/sawit-4-generasi-di-lahan-gambut-produktivitas-tetap-tinggi/> . [Diakses 28 May 2017].
- [35] Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian: Peta Lahan Gambut Indonesia, Bogor: Kementerian Pertanian, 2011.
- [36] “Isu Lingkungan dan Fakta Ilmiah Perkebunan Kelapa Sawit Pada Lahan Gambut,” Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- [37] Prastowo, N. J., Yanuarti, T., & Depari, “Pengaruh Distribusi Dalam Pembentukan Harga Komoditas dan Implikasinya terhadap Inflasi,” dalam *Working Paper*, Bank Indonesia., 2008.
- [38] I. Paryanto, A. Kismanto dan M. Dewi, “Development of Biodiesel Plant Design Integrated with Palm Oil Mill for Diesel Fuel Substitution in Oil Palm Industry”.
- [39] R. H. & M. N. Rama Prihandana, Menghasilkan Biodiesel Murah, Jakarta: PT AgroMedia Pustaka, 2006.
- [40] J. Rouli, Evaluasi Supply Chain Management dengan Pendekatan. SCOR Model Versi 8.0, FE UI, 2008.
- [41] M. Naim, “The impact of the net present value on the assessment of the dynamic performance of e-commerce enabled supply chains,” *International Journal of Production Economics*, vol. 2, no. 104, pp. 382-393, 2006.

- [42] R. Mason-Jones, B. Naylor dan D. R. Towill, "Engineering the Leagile Supply Chain," *Integrated Manufacturing Systems*, vol. 2, no. 1, 2000.
- [43] D. R. Towill, "Dynamic Analysis of an Inventory and Order Based Production Control System," *International Journal of Production Research*, vol. 20, no. 6, pp. 671-687, 1982.
- [44] G. Pahl, *Biodiesel: Growing a New Energy Economy*, Chelsea Green Publishing, 2008.
- [45] "Biodiesel untuk Industri: Penanganan dan Penyimpanan," Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekaya Desain BPPT.
- [46] Thomas Fairhurst and William Griffiths, *Oil Palm: Best Management Practices for Yield Intensification*, International Plant Nutrition Institute.
- [47] "Oil World Annual 2016," ISTA MIELKE GMBH, Hamburg, 2016.
- [48] F. P. UGM, "Seminar Nasional Meraih Keuntungan dari Kenaikan Harga Minyak, Emas, CPO dan Komoditas Lainnya," Yogyakarta, 2015.
- [49] BPPT, "Pengembangan Energi dalam Mendukung Program Substitusi BBM (Outlook Energi Indonesia)," BPPT, Serpong, Tangerang, 2015.

LAMPIRAN A**DATA INPUTAN****DATA JUMLAH PENDUDUK INDONESIA**

| Tahun | Populasi (jiwa) |
|--------------|------------------------|
| 2000 | 206.264.595 |
| 2001 | 208.900.000 |
| 2002 | 212.000.000 |
| 2003 | 215.000.000 |
| 2004 | 218.100.000 |
| 2005 | 224.500.000 |
| 2006 | 227.700.000 |
| 2007 | 231.000.000 |
| 2008 | 234.200.000 |
| 2009 | 237.500.000 |
| 2010 | 240.700.000 |
| 2011 | 243.800.000 |
| 2012 | 246.900.000 |
| 2013 | 249.900.000 |
| 2014 | 252.100.000 |
| 2015 | 254.900.000 |
| 2016 | 256.700.000 |
| Total | 3.960.164.595 |

PRODUKSI KOMODITAS (KL)

| Tahun | Produksi (Data) |
|--------------|------------------------|
| 2000 | 1550000 |
| 2001 | 1700000 |
| 2002 | 1745000 |
| 2003 | 1950000 |
| 2004 | 2075000 |
| 2005 | 2429000 |
| 2006 | 2580000 |
| 2007 | 3335000 |
| 2008 | 3470000 |
| 2009 | 3975000 |
| 2010 | 4030000 |
| 2011 | 4550000 |
| 2012 | 4960000 |
| 2013 | 5050000 |
| 2014 | 5520000 |
| 2015 | 5825000 |
| 2016 | 6150000 |
| Total | 60894000 |

PRODUKTIVITAS (Ton/ha)

| Tahun | Produktivitas |
|--------------|----------------------|
| 2000 | 2,6 |
| 2001 | 2,7 |
| 2002 | 2,8 |
| 2003 | 2,9 |
| 2004 | 3,04 |
| 2005 | 2,83 |
| 2006 | 2,925 |
| 2007 | 3,5 |
| 2008 | 3 |
| 2009 | 3,42 |
| 2010 | 3,48 |
| 2011 | 3,6 |
| 2012 | 3,526 |
| 2013 | 3,7 |
| 2014 | 3,536 |
| 2015 | 3,6 |
| 2016 | 3,2 |
| Total | 54,157 |

DATA RATA-RATA CUACA TAHUNAN NASIONAL

| Tahun | Suhu (°C) | Kelembapan (%) | Lama Penyinaran (jam) | Curah Hujan Harian (mm) |
|------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 2001 | 26,84 | 82,65 | 3,85 | 7,40 |
| 2002 | 26,97 | 82,53 | 4,44 | 6,90 |
| 2003 | 27,09 | 82,32 | 4,03 | 9,13 |
| 2004 | 27,06 | 82,73 | 4,03 | 7,79 |
| 2005 | 27,10 | 82,75 | 4,09 | 7,12 |
| 2006 | 26,91 | 82,77 | 3,96 | 5,68 |
| 2007 | 26,79 | 83,43 | 4,00 | 7,18 |
| 2008 | 26,79 | 81,80 | 3,99 | 7,38 |
| 2009 | 27,22 | 80,33 | 3,90 | 8,35 |
| 2010 | 27,49 | 81,05 | 3,90 | 8,65 |
| 2011 | 26,92 | 81,89 | 3,71 | 6,69 |
| 2012 | 27,12 | 81,68 | 3,32 | 6,99 |
| 2013 | 27,28 | 79,84 | 3,82 | 8,59 |
| 2014 | 27,09 | 80,27 | 3,82 | 6,51 |
| 2015 | 27,24 | 82,83 | 4,21 | 7,04 |
| 2016 | 27,53 | 82,89 | 4,65 | 7,41 |
| Rata-Rata | 27,09 | 81,984 | 3,98 | 7,43 |

**DATA PEMBERIAN PUPUK DAN HASIL
PRODUKSI KELAPA SAWIT**

| Tahun | Pupuk (ton) | Produksi (ton) |
|------------------|--------------------|-----------------------|
| 2000 | 1,065 | 16,85 |
| 2001 | 1,02 | 18,44 |
| 2002 | 0,9 | 19,17 |
| 2003 | 0,92 | 18,7 |
| 2004 | 0,85 | 17,95 |
| 2005 | 0,95 | 17,31 |
| 2006 | 1,06 | 17,55 |
| 2007 | 1,11 | 17,32 |
| Rata-Rata | 0,984375 | 17,91125 |

**DATA PEMBERIAN PESTISIDA DAN HASIL
PRODUKSI KELAPA SAWIT**

| Tahun | Pestisida (Liter) | Produksi (Ton) |
|------------------|--------------------------|-----------------------|
| 2009 | 5,68 | 18,9 |
| 2012 | 7,57 | 23,07 |
| Rata-Rata | 6,625 | 20,985 |

**DATA VARIETAS BIBIT DAN HASIL PRODUKSI
KELAPA SAWIT**

| Tahun | Varietas | Produksi (Ton) |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| 1960 | DD, DT, TD | 4,3 |
| 1970 | DD, DP, TD | 5,4 |
| 1980 | DxP | 6,4 |
| 1990 | DxP | 7 |
| 2000 | DxP | 7,9 |
| Rata-Rata | | 6,2 |

LAMPIRAN B

Surat persetujuan untuk melakukan penelitian di BPPT.



BALAI TEKNOLOGI BAHAN BAKAR & REKAYASA DISAIN
Gedung 450 Kawasan Puspiptek, Jl. Raya Puspiptek Grogol, Tangerang 16314
Telp. (021) 7963213, Fax : (021) 7963273

Nomor : B-024/BPPT/BTBRD/ISDVRT03/02/2017 Serpong, 22 Februari 2017
Sifat : Biasa
Lampiran : --
Hal : Permohonan Survey dan Pengambilan Data

Yth. : Ketua Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Noverber
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111

Up. Bapak Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom

Dengan hormat,

Menindaklanjuti surat Bapak nomor: 004664/IT2.VI.7.2/PM.05/2017 tanggal 25 Januari 2017 perihal permohonan survey mahasiswa/an **Ashma Hanifah NRP. 5213100076** ke Balai Teknologi Bahan Bakar & Rekayasa Desain (BTBRD-BPPT) untuk melaksanakan pengambilan data dan penelitian tugas akhir dengan judul "**Model Sistem Dinamik untuk Meningkatkan Rasio Pemenuhan dan Efisiensi pada Manajemen Rantai Pasok Biodiesel**", maka bersama ini disampaikan bahwa pada prinsipnya kami bersedia menerima kunjungan tersebut.

Apabila memerlukan keterangan dan koordinasi lebih lanjut, dapat menghubungi Bapak Ir. Agus Kismanto, M.Sc di nomor (021) 7563213.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Balai Teknologi Bahan Bakar & Rekayasa Desain
Balai Keahlian Tata Usaha,
Ker. Sub. S&T

Putri Budiana, SE
NIP. 196407252006041007

LAMPIRAN C

HASIL WAWANCARA

- ❖ Kapasitas produksi biodiesel meningkat setiap tahunnya, beberapa perusahaan siap membangun beberapa pabrik baru di wilayah Timur Indonesia. Perusahaan-perusahaan tersebut memiliki lahan perkebunan (plantation) dan penggilingan yang didukung teknologi dari Cina. Mereka bekerjasama dalam riset mengenai teknologi biodiesel mendatang, dan mereka juga memiliki laboratorium untuk mengontrol bahan baku (produksi mereka) serta produk biodiesel itu sendiri.
- ❖ Pemerintah mendukung penuh program bahan bakar nabati (BBN) melalui mandatorinya, hingga 20 tahun kedepan. Fasilitas blending biodiesel telah dibangun di beberapa area baru, termasuk di bagian Timur Indonesia. Sehingga distribusinya dapat ditingkatkan. Permintaan yang meningkat juga datang dari sektor industri, bukan hanya transportasi saja.
- ❖ Kelemahan industri biodiesel saat ini adalah, keterbatasan distribusi dan kurangnya kebijakan mengenai bahan bakar nabati menjadi problem dalam pengembangan biodiesel di Indonesia. Namun demikian, jika bahan bakar minyak (BBM) sangat bergantung pada suplai internasional beserta harganya, maka biodiesel menjadi potensi unggulan bangsa karena dibuat dan diproses di Indonesia.
- ❖ Kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku umum biodiesel karena;

- Kelapa sawit merupakan minyak nabati non protein sehingga dilema moral untuk penggunaan non pangan tidak sebesar minyak kedelai
 - Tehnik budidayanya sudah berkembang,
 - Benih mudah diperoleh
 - Manajemen perkebunan sawit sudah mapan dan kompetitif
 - Pasokan dalam negeri besar dan masih meningkat
- ❖ Bahan baku kelapa sawit masih memiliki kekurangan karena; lahan harus diusahakan secara intensif dan dalam skala besar agar efisien, lahan harus dikelola dengan baik agar tidak merusak lingkungan, dan kelapa sawit sangat sensitif terhadap pasar dunia
- ❖ Perluasan lahan perkebunan kelapa sawit telah menjadi perhatian karena timbulnya masalah lingkungan. Untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit dapat dilakukan dengan pendekatan ISPO sebagai peningkatan kualitas pengelolaan Perkebunan kelapa sawit dan daya saing produk kelapa sawit Indonesia di pasar dunia serta berpartisipasi di dalam penurunan gas rumah kaca. Melalui ISPO, sertifikasi produk minyak sawit dilakukan dengan memenuhi standar internasional ISO (International Standart Organization). Standarisasi ini penting untuk mendukung pengusulan kelapa sawit sebagai komoditas ramah lingkungan (*environmentally friendly commodity*).
- ❖ Potensi kelapa sawit di Indonesia sebagai bahan baku minyak kelapa sawit (CPO) yang digunakan untuk memproduksi biodiesel sangat besar. Sebagian besar dari jumlah produksi CPO diekspor, sedangkan sisanya digunakan untuk kebutuhan dalam negeri. Penggunaannya di dalam negeri yaitu untuk pangan dan non pangan.

Untuk non pangan salah satunya adalah sebagai bahan baku produksi biodiesel.

- ❖ Harga biodiesel sangat dipengaruhi oleh perkembangan harga CPO sebagai bahan baku utama, harga metanol sebagai bahan penunjang, dan harga minyak mentah dunia sebagai produk substitusinya. Dengan demikian industri biodiesel sangat dipengaruhi oleh industri lain yang berkaitan secara langsung maupun tidak langsung. Fluktuasi harga CPO karena pengaruh kondisi ekonomi dunia akan mempengaruhi harga biodiesel yang berbasis kelapa sawit. Pada saat terjadi penurunan harga CPO karena lemahnya permintaan mengakibatkan melimpahnya sediaan CPO di pasar dunia sehingga akan mempengaruhi stabilitas harga CPO. Oleh karena itu pemanfaatan CPO untuk produksi biodiesel diharapkan dapat membantu menyeimbangkan harga CPO.
- ❖ Beberapa tantangan dan permasalahan yang dihadapi pelaku industri biodiesel antara lain: permintaan biodiesel yang meningkat baik pasar domestik dan pasar ekspor, peningkatan harga bahan baku karena sementara ini perusahaan masih tergantung pada pasokan bahan baku yang tersedia di pasar, peningkatan harga bahan penolong, peningkatan biaya transportasi untuk pembelian dan penjualan, serta kebutuhan riset dan pengembangan yang dapat menemukan proses produksi yang lebih baik untuk menghasilkan produk berkualitas dengan tingkat produktivitas yang tinggi.
- ❖ Sedangkan dinamika perubahan lingkungan eksternal produsen biodiesel antara lain perubahan peraturan pemerintah terkait kebijakan pemanfaatan biodiesel akan mempengaruhi perubahan permintaan di dalam negeri dan harga domestik biodiesel.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 28 Oktober 1995, merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan *formal* yaitu: SDIT Al-Mughni Jakarta lulus pada tahun 2007, SMP Jakarta Islamic International School (JISc) lulus pada tahun 2010, dan SMA Negeri 48 Jakarta yang lulus pada tahun 2013 dan meneruskan pendidikan di Jurusan Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun yang sama dan terdaftar sebagai mahasiswi dengan NRP 5213100076. Selama menjadi mahasiswa, penulis tertarik mengikuti kegiatan ekstra kampus seperti organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan. Penulis aktif menjadi sekretaris Departemen Media Informasi (Medfo) di Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi pada tahun 2015. Berbagai kegiatan lain yang pernah diikuti seperti menjadi komite ITS Expo sebagai tim Display & Konsep Kreatif 2 tahun berturut-turut (2014-2015), komite Information Systems Expo (ISE) 2015, ISICO, SESINDO dan berbagai kegiatan kemahasiswaan lainnya. Pada tahun ketiga kuliah, penulis memiliki pengalaman bekerja praktik di PT. GMF AeroAsia pada unit Knowledge Management (TWK), selama 3 bulan. Penulis dapat dihubungi melalui email: ashmahanifah@gmail.com.