

Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik

Prediction of Fuel Supply and Consumption in Indonesia with System Dynamics Model

Ana Fitriyatus Sa'adah^{a,*}, Akhmad Fauzi^b, Bambang Juanda^b

^aBiro Perencanaan Kementerian ESDM

^bFakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor

[diterima: 13 September 2016 — disetujui: 18 Juli 2017 — terbit daring: 5 Januari 2018]

Abstract

This study contributes to the existing literature of oil industries in Indonesia by examining fuel supply and consumption in Indonesia. The objectives of this research were to predict fuel supply and consumption in Indonesia in the future. The model formed in this research was system dynamic. The simulation result showed that until 2016, fuel oil supply can meet the fuel oil consumption. From 2017 to 2025, fuel oil supply cannot meet domestic fuel oil consumption. In 2025, fuel oil supply is estimated up to 651.092 million barrel and fuel oil consumption is up to 719.048 million barrel.

Keywords: Fuel; System Dynamic; Simulation

Abstrak

Penelitian ini memperkaya kajian industri perminyakan di Indonesia dengan menganalisis penyediaan dan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan penyediaan dan konsumsi BBM masa mendatang. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model sistem dinamik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sampai tahun 2016 penyediaan BBM dapat memenuhi kebutuhan BBM. Pada tahun 2017 sampai 2025, penyediaan BBM tidak dapat memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri. Pada tahun 2025, diperkirakan penyediaan BBM mencapai 651.092 juta barel dan konsumsi BBM mencapai 719.048 juta barel.

Kata kunci: Bahan Bakar Minyak; Sistem Dinamik; Peramalan

Kode Klasifikasi JEL: Q41; Q47

Pendahuluan

Energi merupakan sektor yang strategis dan mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Menurut Chontanawat *et al.* (2006), peranan energi terhadap perekonomian dapat dilihat dari dua sisi, yaitu sisi permintaan dan penawaran. Dari sisi permintaan, energi merupakan salah satu produk yang langsung dikonsumsi oleh konsumen demi memaksimalkan utilitasnya.

Sedangkan dari sisi penawaran, energi merupakan faktor kunci bagi proses produksi di samping modal, tenaga kerja, dan material lainnya. Di sini, energi merupakan input penting bagi Bergeraknya roda perekonomian suatu negara.

Sektor energi mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional. Selain untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, sektor energi juga mempunyai peran sebagai sumber devisa negara, terutama dari minyak dan gas bumi (migas). Tahun 2014, penerimaan sektor Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang berasal dari sektor migas, baik penerimaan yang berasal dari pajak, non-pajak, dan penerimaan lain-lain, mencapai Rp320,25 triliun atau mencapai 69% dari total penerimaan negara di sektor ESDM yang mencapai Rp464,25

*Alamat Korespondensi: Perumahan Bella Casa Blok I3/7, Jl. Tole Iskandar No. 1 Depok Jawa Barat 16412. E-mail: ana.fitriyatus@gmail.com.

triliun (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral/KESDM, 2015a). Penerimaan negara dari sektor ESDM selalu mengalami kenaikan rata-rata sebesar 13,19% dari tahun 2010 sampai 2014.

Kebutuhan energi Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia. Rata-rata peningkatan kebutuhan energi tiap tahunnya sebesar 36 juta *barrel oil equivalent* (BOE) dari tahun 2000 sampai 2014. Sementara cadangan energi tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batu bara semakin menipis. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM Tahun 2015–2019, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang. Penyediaan energi primer di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2003 sekitar 157,08 juta *tonnes oil equivalent* (TOE) menjadi sekitar 228,22 juta TOE (dengan biomassa) pada tahun 2013, atau meningkat rata-rata sebesar 3,8% per tahun. Penyediaan energi primer di Indonesia saat ini masih didominasi oleh minyak, yang meliputi minyak bumi dan bahan bakar minyak (BBM).

Pada tahun 2013, total konsumsi energi Indonesia sebesar 0,8 TOE/kapital, dengan bauran energi nasional 46% untuk minyak bumi, 31% untuk batu bara, 18% untuk gas bumi, dan 5% untuk energi baru terbarukan (KESDM, 2015a). Dapat dikatakan bahwa Indonesia masih sangat tergantung pada energi tidak terbarukan, terutama minyak bumi. Konsumsi BBM Indonesia dari tahun 2000 sampai 2014 cenderung mengalami tren kenaikan, sementara produksi minyak bumi Indonesia cenderung mengalami tren penurunan. Tiap tahunnya dari cadangan minyak bumi dapat diproduksi sebesar 276,92 juta barel per tahun sampai 13 tahun mendatang, sementara konsumsi BBM tahun 2014 sebesar 396,21 juta barel. Sehingga terdapat selisih sebesar 119,29 juta barel, yang selisih tersebut ditutupi dengan melakukan impor BBM dan minyak mentah. Rata-rata kenaikan konsumsi BBM dari tahun 2000 sampai 2014 sebesar 5,78 ribu barel/tahun, sementara produksi minyak bumi mengalami penurunan dengan rata-rata 16,39 ribu barel/tahun dari tahun 2000 sampai 2014.

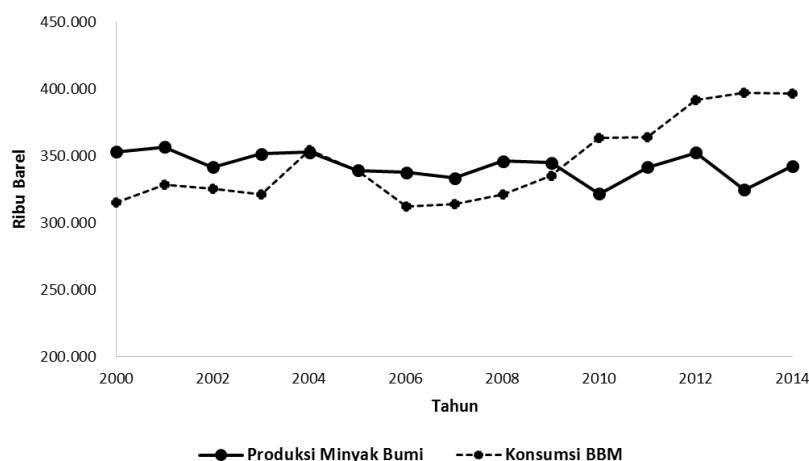
Pada tahun 2014, *gap* antara produksi minyak bumi dengan konsumsi BBM sebesar 108,32 ribu barel. Produksi minyak bumi Indonesia tidak cukup untuk memenuhi konsumsi BBM yang selalu meningkat. Sehingga, dengan adanya selisih antara konsumsi dan produksi, maka pemerintah me-

lakukan impor minyak mentah dan BBM untuk memenuhi konsumsi BBM Indonesia. Produksi minyak bumi yang mengalami penurunan di bawah 1 juta barel per hari dan pesatnya pertumbuhan konsumsi BBM di dalam negeri mengakibatkan Indonesia menjadi *net importer* minyak. Indonesia tetap mengekspor minyak bumi tetapi dalam jumlah yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah impornya. Rasio ketergantungan impor minyak mentah dan BBM Indonesia sudah mencapai 37% tahun 2013 dan diperkirakan meningkat di masa mendatang jika tidak ada penambahan produksi minyak mentah domestik.

Indonesia masih menghadapi berbagai persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi sampai saat ini. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi, dalam pemenuhan konsumsi energi di dalam negeri masih tinggi. Kebijakan subsidi yang mengakibatkan harga energi menjadi murah dan masyarakat cenderung boros dalam menggunakan energi, menyebabkan tingginya konsumsi energi fosil. Di sisi lain, penurunan cadangan energi fosil Indonesia yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru. Infrastruktur energi yang tersedia masih terbatas sehingga membatasi akses masyarakat terhadap energi. Hal ini menyebabkan Indonesia rentan terhadap gangguan yang terjadi di pasar energi global karena sebagian dari konsumsi energi terutama produk minyak bumi, dipenuhi dari impor.

Terkait harga minyak dunia yang saat ini mengalami penurunan, tentunya berdampak pada perekonomian nasional, khususnya industri minyak bumi dalam negeri. Harga minyak dunia yang berkisar 50US\$/barel (status Mei 2016) akan berdampak pada perusahaan minyak yang harus menanggung ganti rugi karena biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan harga jual. Penurunan harga minyak dunia juga berdampak pada pendapatan negara, sehingga pendapatan negara dari sektor migas juga ikut menurun. Namun, di sisi lain biaya pemerintah untuk mengimpor minyak juga berkurang. Dampak penurunan harga minyak yang terus-menerus, mengakibatkan penurunan realisasi penerimaan pemerintah dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) dari pajak penghasilan (PPH) minyak dan gas.

Dengan demikian, BBM merupakan energi yang paling dominan di Indonesia. Masalah ketersediaan energi, khususnya BBM, sangat penting bagi Indonesia untuk memenuhi kebutuhan masyarakat



Gambar 1: Produksi Minyak Bumi dan Konsumsi BBM Indonesia (Ribuan Barel)
Sumber: KESDM (2015b), diolah

dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Dengan kata lain, diperlukan suatu kondisi yang senantiasa mempertahankan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dengan ketersediaan BBM sebagai salah satu prasyarat untuk mewujudkan pembangunan ekonomi yang lebih maju dan berkelanjutan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan suatu kajian yang menganalisis penyediaan dan konsumsi BBM Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perkembangan penyediaan dan konsumsi BBM Indonesia serta melakukan peramalan terhadap penyediaan dan konsumsi BBM Indonesia pada masa mendatang.

Tinjauan Literatur

Energi dan Pertumbuhan Ekonomi

Energi merupakan faktor produksi yang esensial dalam proses produksi. Semua produksi melibatkan transformasi atau pergerakan material melalui beberapa tahapan yang mana keseluruhan proses tersebut memerlukan energi. Energi tidak hanya dipandang sebagai barang konsumsi semata, namun juga sebagai input yang penting bagi pengembangan serta kemajuan teknologi yang berperan signifikan bagi pembangunan ekonomi. Substitusi sarana produksi serta berbagai bentuk barang modal lainnya dengan tenaga kerja, begitu juga sebaliknya, merupakan bagian yang integral dari proses pembangunan ekonomi yang kesemuanya membutuhkan input energi. Oleh karenanya, kon-

sumsi energi dapat dipandang sebagai penyebab dari pertumbuhan ekonomi (Stern, 2003).

Menurut Fauzi (2006), sumber daya energi merupakan sumber daya yang digunakan untuk menggerakkan energi melalui proses transformasi panas maupun transformasi energi lainnya. Berdasarkan ketersediaannya, sumber energi dibagi dua yaitu, energi fosil yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable energy*) seperti minyak bumi, gas bumi, batu bara, uranium, dan sebagainya; serta energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) seperti panas bumi, tenaga air, tenaga surya, tenaga angin, dan sebagainya. Bila dilihat berdasarkan nilai komersial, maka sumber energi terdiri atas energi komersial, non-komersial, dan energi baru. Energi komersial adalah energi yang sudah dapat dipakai dan dapat diperdagangkan dalam skala ekonomis, sementara energi non-komersial adalah energi yang sudah dipakai dan dapat diperdagangkan tetapi tidak dalam skala ekonomisnya, misalnya tenaga surya dan tenaga angin. Energi baru adalah energi yang sudah dipakai tetapi sangat terbatas dan sedang dalam tahap pengembangan (*pilot project*). Energi ini belum dapat diperdagangkan karena belum mencapai skala ekonomis, misalnya tenaga samudera dan biomassa.

Dalam pandangan teori pertumbuhan neoklasik misalnya, sebagian besar penelitian mengeksplorasi kemungkinan adanya substitusi atau komplementer antara energi dan faktor input lainnya, serta interaksinya dalam memengaruhi produktivitas. Menurut pandangan neoklasik ini, kontribusi ener-

gi terhadap perekonomian relatif dilihat dari biaya produksinya. Di lain pihak, pandangan para ahli ekonomi ekologi menyatakan bahwa energi merupakan kebutuhan mendasar bagi produksi. Dengan menerapkan hukum termodinamika, perekonomian dipandang sebagai subsistem yang terbuka dari ekosistem global. Sedangkan, teori neoklasik dipandang *under estimate* terhadap peranan energi dalam aktivitas ekonomi.

Dalam pendekatan *mainstream* ilmu ekonomi neoklasik, kuantitas ketersediaan energi terhadap ekonomi pada berbagai tahun diperlakukan sebagai *endogenous*, melalui pembatasan dengan batasan biofisik seperti tekanan pada penyimpanan minyak dan keterbatasan ekonomi seperti jumlah ekstraksi terpasang, penyulingan, dan kapasitas pembangkit, serta kemungkinan percepatan dan efisiensi dalam proses ini dapat diproses. Namun demikian, pendekatan analisis ini kurang digunakan untuk menganalisis peranan energi sebagai pengendali pertumbuhan produksi dan ekonomi (Stern, 2003).

Para ekonom ekologi berargumen bahwa penggunaan energi untuk menghasilkan input-input antara, seperti bahan bakar, meningkat ketika kualitas sumber daya seperti penyimpanan minyak menurun. Oleh karena itu, biaya energi meningkat sebagai representasi dari peningkatan kelangkaan dalam nilai penggunaannya (Cleveland dan Stern, 1993). Jika perekonomian dapat direpresentasikan sebagai model *input-output*, sehingga tidak ada substitusi antara faktor produksi, maka faktor pengetahuan dalam faktor produksi dapat diabaikan. Ini tidak berarti bahwa penggunaan energi dan ilmu pengetahuan dalam mendapatkan dan memanfaatkannya harus diabaikan. Perhitungan akurat untuk seluruh penggunaan energi dalam mendukung produksi final adalah penting. Tetapi kontribusi pengetahuan terhadap produksi tidak dapat diasumsikan proporsional terhadap biaya energi. Melalui ilmu Termodinamika, yang menempatkan batasan terhadap substitusi, derajat substitusi aktual antara stok kapital memasukkan pengetahuan dan energi merupakan sebuah pertanyaan secara empiris (Stern, 2003).

Pertumbuhan ekonomi secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu negara untuk memproduksi lebih banyak barang dan jasa dari satu tahun ke tahun berikutnya. Konsep pertumbuhan ekonomi diperoleh dari perhitungan Produk Domestik Bruto (PDB) suatu negara. Data PDB yang digunakan untuk menghitung tingkat pertumbuhan ekonomi adalah data PDB Atas Dasar Harga

Konstan. Dengan menggunakan data PDB Atas Dasar Harga Konstan, maka pertumbuhan PDB mencerminkan pertumbuhan secara riil nilai tambah yang dihasilkan perekonomian dalam periode tertentu dengan referensi tahun tertentu.

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi juga meningkat. Konsumsi energi Indonesia didominasi oleh energi fosil terutama BBM. Konsumsi energi final terdiri dari berbagai sektor, yaitu sektor industri, rumah tangga, transportasi, komersial, dan lainnya. Intensitas konsumsi energi final per kapita Indonesia meningkat dari 2,51 pada tahun 2000 menjadi 3,90 pada tahun 2014 (KESDM, 2015b). Peningkatan intensitas konsumsi energi final per kapita tersebut dipengaruhi oleh semakin meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. Energi di Indonesia terbukti memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan nasional. Peranan energi, terutama migas, dapat dilihat dalam neraca perdagangan dan APBN. Migas memberi sumbangan sangat berarti dalam penerimaan rutin. Ketika terjadi *oil boom* tahun 1970-an, 60–80% penerimaan pemerintah dari total pendapatan pajak langsung didominasi oleh komponen pajak migas. Dominasi migas terus berlangsung sampai sekitar tahun 1980-an, setelah itu mengalami penurunan. Demikian juga halnya dengan proporsi penerimaan pemerintah dari ekspor migas mencapai angka tertinggi tahun 1981–1982, yaitu sekitar 80% dari total penerimaan ekspor nasional. Karena itu, peran energi di Indonesia layak disebut sebagai *engine of growth*. Hal ini semakin dipertegas oleh tingkat pertumbuhan ekonomi sebesar 7% tahun 1989–1990 (Yusgiantoro, 2000).

Selain penerimaan pemerintah, penerimaan ekspor, dan neraca pembayaran, komponen ekonomi makro lainnya yang sangat memengaruhi pembangunan ekonomi adalah konsumsi energi nasional. Sebagai contoh, permintaan energi pada sektor industri manufaktur untuk mengoperasikan sarana produksi seperti mesin-mesin dapat dikatakan sangat tinggi. Namun di samping tingginya biaya energi yang harus dikeluarkan, energi juga memiliki *output* yang dihasilkan bersama faktor produksi lainnya. Jadi dalam hal ini energi juga dapat dipandang sebagai sarana akumulasi modal pembangunan (Yusgiantoro, 2000).

Bahan Bakar Minyak

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang berasal dari dalam bumi berbentuk cair yang dapat

digunakan sebagai bahan baku industri maupun sebagai bahan bakar (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral/DESDM, 2009). Minyak bumi secara kimiawi terdiri dari senyawa kompleks dengan unsur utama atom Hidrogen (H) dan Karbon (C), sehingga disebut juga senyawa hidrokarbon (C_xH_y). Berat jenis minyak dinyatakan dalam satuan derajat °API. Semakin besar °API, maka minyak akan semakin ringan. Dari nilai °API akan diketahui kategorinya yaitu minyak ringan, minyak berat, atau kondensat (gas).

Minyak bumi berasal dari organisme tumbuhan dan hewan berukuran sangat kecil (plankton) yang mati dan terkubur di lautan purba jutaan tahun lalu. Kemudian, tertimbun pasir dan lumpur di dasar laut sehingga membentuk lapisan yang kaya zat organik dan akhirnya membentuk batuan endapan (*sedimentary rock*). Proses ini akan terus berulang, yakni satu lapisan akan menutupi lapisan sebelumnya selama jutaan tahun. Karena tekanan dan temperatur yang tinggi, endapan plankton tersebut menjadi zat organik yang kaya akan hidrokarbon (minyak dan gas bumi).

Untuk mengambil minyak bumi dari dalam bumi perlu dilakukan pengeboran. Setelah pengeboran sumur eksplorasi menemukan minyak bumi, maka selanjutnya dibuat sumur di beberapa tempat di sekitarnya untuk memastikan apakah minyak bumi yang ada ekonomis untuk dikembangkan. Jika menguntungkan untuk dikembangkan, maka dibor sumur pengembangan (*development well*) untuk mengambil minyak bumi sebanyak mungkin.

Minyak mentah merupakan campuran yang tersusun dari berbagai senyawa hidrokarbon. Di dalam kilang minyak, minyak mentah akan mengalami sejumlah proses yang akan memisahkan komponen hidrokarbon dan mengubah struktur dan komposisinya sehingga diperoleh produk yang bermanfaat untuk bahan bakar minyak, bahan baku industri, dan macam-macam produk lainnya. Kilang minyak merupakan fasilitas industri dengan berbagai jenis peralatan proses dan fasilitas pendukungnya.

Tahapan paling umum untuk memisahkan minyak bumi menjadi bermacam-macam komponen (fraksi) dilakukan dengan pemanasan dalam tangki tinggi bertingkat, lalu di setiap tingkat "uap" minyak itu mengembun dan menjadi "produk minyak" sesuai dengan tingkatannya. Pemisahan ini didasarkan pada perbedaan titik didih masing-masing komponen. Setelah keluar minyak dari masing-masing tingkatan, proses selanjutnya ada-

lah mencampur dengan bahan aditif sesuai dengan yang diinginkan.

Minyak mentah dapat digunakan sebagai bahan bakar setelah melalui proses penyulingan dan pengolahan yang disebut *refinery*, yaitu proses rekayasa kimia yang sangat kompleks. Proses dasar pengilangan minyak adalah distilasi (penyulingan) dan *cracking* (pemecahan). Produk-produk yang dapat dihasilkan dari kilang minyak bumi antara lain:

- *Petroleum Gas* (LPG), digunakan untuk pemanasan dan memasak;
- *Naphtha*, sebagai bahan intermediet lanjut untuk pembuatan bensin;
- Bensin (*gasoline*), digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan nilai *Randon Octane Number* (RON). Berdasarkan RON tersebut maka BBM bensin dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:
 - Premium (RON 88) merupakan bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Premium sering juga disebut motor *gasoline* atau petrol;
 - Pertamina (RON 92) merupakan bahan bakar untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*);
 - Pertamina Plus (RON 95) merupakan bahan bakar yang telah memenuhi standar *performance International World Wide Fuel Charter* (WWFC). Pertamina plus ditujukan untuk kendaraan yang berteknologi mutakhir yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan;
- Avgas, digunakan untuk bahan bakar pesawat terbang mesin propeler;
- Avtur, digunakan untuk bahan bakar pesawat terbang mesin turbin;
- Minyak tanah (kerosin), digunakan untuk membuat avtur bahan bakar pesawat terbang (jet), bahan bakar traktor, dan memasak;
- Minyak diesel (*gas oil*), digunakan untuk bahan bakar mesin diesel dan pemanas;
- Minyak bakar (*fuel oil*), digunakan untuk bahan bakar pada industri;
- Minyak pelumas, digunakan untuk minyak pelumas mesin, gemuk, dan minyak pelumas lainnya;

- Residu dari minyak dapat digunakan untuk aspal, tar, *coke*, dan lilin.

Sistem Dinamik

Sistem dinamik didefinisikan sebagai sebuah bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Menurut Hartisari (2007), sistem dinamik merupakan metode yang dapat menggambarkan proses, perilaku, dan kompleksitas dalam sistem. Metodologi sistem dinamik ini telah dan sedang dikembangkan sejak diperkenalkan pertama kali oleh Jay W. Forrester pada 1950-an sebagai suatu metode pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena ketergantungan sebab akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem. Model dinamik merupakan suatu metode pendekatan eksperimental yang mendasari kenyataan-kenyataan yang ada dalam suatu sistem untuk mengamati tingkah laku sistem tersebut (Richardson dan Pugh (1986) dalam Nuroniah, 2003). Tujuan metodologi sistem dinamik berdasarkan filosofi sebab-akibat adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem.

Sebuah bahasa pemrograman secara numerik dapat menyatakan model sistem dinamik yang sedang dipecahkan. Sistem dinamik dapat diaplikasikan ke dalam perangkat lunak seperti *Vensim*, *Dyna-mo*, *Simile*, *Powersim*, *I-think*, dan lain-lain (Bantuan, 2010). Pemilihan *Vensim* sebagai perangkat lunak untuk simulasi model adalah karena kemudahan dan ketersediaan pada saat penelitian. Pemodelan dinamik terdiri dari variabel-variabel yang saling berhubungan. Dengan perangkat lunak tersebut, model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya yang meliputi dua hal, yaitu struktur dan perilaku. Struktur merupakan suatu unsur pembentuk fenomena.

Validasi adalah sebuah proses menentukan apakah model konseptual merefleksikan sistem nyata dengan tepat atau tidak. Validasi adalah penentuan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem nyata yang dimodelkan (Simatupang, 2000). Sedangkan simulasi adalah aktivitas untuk menarik kesimpulan tentang perilaku sistem dengan mempelajari perilaku model dalam beberapa hal yang memiliki kesamaan dengan sistem sebenarnya (Gotfried (1984) dalam Nuroniah, 2003). Simulasi merupakan peniruan perilaku suatu gejala atau proses dengan tujuan untuk memahami gejala atau proses tersebut, membuat analisis, dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut

di masa depan. Tahapan simulasi meliputi penyusunan konsep, pembuatan model, simulasi, dan validasi hasil simulasi.

Menurut Hartisari (2007), simulasi yang menggunakan model dinamik dapat memberikan penjelasan tentang proses yang terjadi dalam sistem dan prediksi hasil dari berbagai skenario. Berdasarkan hasil simulasi model tersebut, diperoleh solusi untuk menunjang pengambilan keputusan sehingga simulasi model dinamik ini dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan pendugaan. Keuntungan penggunaan simulasi antara lain dapat memberikan jawaban apabila model analitik yang digunakan tidak memberikan solusi optimal. Model disimulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit (Siagan (1987) dalam Nuroniah, 2003).

Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data deret waktu periode tahun 2000–2014. Data tersebut diperoleh dari Kementerian ESDM, Kementerian Keuangan, Badan Pusat Statistik, dan data-data dari sumber lain yang mendukung penelitian ini. Dalam pengolahan data, penulis menggunakan pendekatan sistem dinamik.

Model Sistem Dinamik Penyediaan dan Konsumsi BBM Indonesia

Pemodelan energi dengan simulasi dinamik bertujuan untuk melihat kebijakan energi di masa mendatang dan dampaknya terhadap ekonomi dan lingkungan. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah simulasi dinamik dengan melihat parameter-parameter yang memengaruhi penyediaan dan konsumsi BBM di Indonesia, yang kemudian disimulasikan dengan model dinamik. Setelah parameter yang akan disimulasikan teridentifikasi, kemudian akan diketahui variabel-variabel yang memengaruhi tiap parameter. Selanjutnya, dirancang suatu model dengan diagram sebab-akibat dari variabel-variabel tiap parameter penyediaan dan konsumsi BBM di Indonesia. Variabel untuk simulasi dinamik dalam penelitian ini antara lain meliputi karakteristik kependudukan, produksi minyak bumi, penyediaan BBM, impor minyak bumi, ekspor minyak bumi, dan konsumsi BBM.

Pengembangan Model

Pengembangan model dilakukan sesuai tahapan pada pendekatan model dinamik. Permasalahan penyediaan dan konsumsi BBM untuk memenuhi semua kebutuhan merupakan permasalahan yang cukup kompleks dengan banyak variabel yang terkait di dalamnya. Penetapan tujuan dan pembatasan masalah yang relevan diperlukan dalam membangun model untuk memperjelas lingkup permasalahan. Selain itu, analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan dari pelaku sistem. Setiap pelaku sistem memiliki kebutuhan yang berbeda-beda, tetapi saling berinteraksi satu sama lain serta berpengaruh terhadap keseluruhan sistem yang ada (Purnomo, 2012).

Setelah tujuan, batasan masalah, dan analisis kebutuhan ditetapkan, serta variabel-variabel terkait teridentifikasi, kemudian dianalisis dan dibentuk model mental berupa diagram sebab-akibat (*causal loop diagram*). Pada tahap ini, hubungan antar-variabel sistem tampak jelas. Pada diagram sebab-akibat, terdapat tanda panah yang diberi tanda (+) atau (-), tergantung pada hubungan antar-variabel. Tanda (+) digunakan untuk menyatakan hubungan yang terjadi antara dua faktor yang berubah dalam arah yang sama. Sedangkan tanda (-) digunakan jika hubungan yang terjadi antara dua faktor tersebut berubah dalam arah berlawanan.

Setelah model mental terbentuk, perancangan dan pengembangan diagram kotak panah (*stock flow diagram*) dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Vensim*. Pada tahap ini, formulasi dan verifikasi dimensi dilakukan. Formulasi dibuat sesuai data dan informasi historis/masa lalu, sehingga menggambarkan permasalahan pada model. Verifikasi dilakukan dengan melakukan pengecekan model terhadap persamaan matematis yang telah dibuat dengan *running* simulasi, maka dapat dilihat bahwa program dan model yang dikonseptualisasikan dalam diagram alir sudah berjalan dengan baik.

Setelah formulasi dan verifikasi dimensi selesai, simulasi dapat dilakukan sesuai horizon waktu yang ditentukan, yaitu pada waktu mulai (*start time*) adalah tahun 2014 dan waktu berhenti (*stop time*) adalah tahun 2025. Untuk melihat perilaku model, beberapa skenario dicoba dalam simulasi model. Beberapa skenario diharapkan mampu memperlihatkan kemampuan penyediaan BBM dalam memenuhi konsumsi BBM dalam negeri.

JEPI Vol. 17 No. 2 Januari 2017, hlm. 118–137

Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan tingkah laku model terhadap sistem nyata (*quantitative behavior pattern comparison*), yaitu dengan uji Nilai Tengah Persentase Kesalahan Absolut atau *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Uji MAPE adalah salah satu ukuran relatif yang menyangkut kesalahan persentase. Uji ini dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil simulasi dengan data aktual. Rumus MAPE sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \frac{|X_m - X_d|}{X_d} * 100\% \quad (1)$$

dengan X_m adalah data hasil simulasi; X_d adalah data aktual; dan n adalah periode/banyaknya data.

Kriteria ketepatan model dengan uji MAPE (Lomauro dan Bakshi (1985) dalam Somantri *et al.*, 2005) adalah:

MAPE < 5% : sangat tepat;
5% < MAPE < 10% : tepat;
MAPE > 10% : tidak tepat.

Hasil dan Analisis

Perkembangan Penyediaan dan Konsumsi BBM

Rerata pertumbuhan produksi minyak bumi, penyediaan BBM, konsumsi BBM, harga minyak dunia, dan harga BBM periode tahun 2000–2014 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Rerata Produksi Minyak Bumi, Penyediaan BBM, Konsumsi BBM, , Harga Minyak Dunia, dan Harga BBM (dalam persen per tahun)

Periode	2000–2014
Produksi Minyak Bumi	-0,12
Penyediaan BBM	1,74
Konsumsi BBM	1,76
Harga Minyak Dunia	10,53
Harga BBM	21,36

Sumber: KESDM (2015b), diolah

Penyediaan Minyak Mentah

Penyediaan minyak mentah menunjukkan tren yang menurun. Cadangan minyak bumi Indonesia dari tahun 2000 sampai dengan 2014 mengalami penurunan (Gambar 2). Cadangan terbukti (*proven*) minyak bumi Indonesia tahun 2000 mencapai 5,12

miliar barel, sedangkan tahun 2014 menurun menjadi 3,62 miliar barel. Indonesia memiliki cadangan potensial minyak bumi mencapai 3,75 miliar barel pada 2014 (KESDM, 2015a).

Produksi Minyak Bumi

Selama rentang tahun 2000–2014, produksi minyak bumi menurun dari 352,88 juta barel menjadi 342,58 juta barel. Penurunan produksi minyak bumi Indonesia akan berdampak pada meningkatnya impor minyak mentah dan BBM untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi yang semakin meningkat.

Penyediaan BBM

Penyediaan BBM mengalami peningkatan dari tahun 2000–2014. Selama rentang tahun tersebut, penyediaan BBM meningkat sebesar 1,74% per tahun dari 433,36 juta barel menjadi 544,79 juta barel (Gambar 3). Peningkatan penyediaan BBM disebabkan oleh peningkatan impor BBM. Hal ini dikarenakan produksi BBM Indonesia tidak mencukupi konsumsi BBM dalam negeri, sehingga diperlukan impor BBM untuk memenuhi kebutuhan BBM Indonesia.

Konsumsi BBM

Pertumbuhan rata-rata konsumsi BBM sebesar 1,76% per tahun dengan rata-rata konsumsi tiap tahunnya sebanyak 345,14 juta barel (KESDM, 2015b). Secara keseluruhan, selama kurun waktu 15 tahun ini, konsumsi BBM rata-rata per tahun lebih tinggi dibandingkan produksi minyak bumi rata-rata per tahun. Oleh karena itu, produksi minyak bumi domestik belum menutupi konsumsi BBM, sehingga untuk menutupi kekurangan tersebut pemerintah mengimpor minyak mentah dan BBM dari luar negeri. Konsumsi BBM Indonesia didominasi oleh bensin dan minyak solar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Konsumsi bensin dari tahun 2000 sampai 2014 mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan bensin digunakan untuk sektor transportasi dengan jumlah kendaraan bermotor tiap tahunnya mengalami peningkatan, dengan rata-rata peningkatan sebesar 14,85% dari tahun 2000 sampai 2014. Untuk minyak tanah, konsumsi dari tahun 2000 sampai 2014 mengalami penurunan, terutama setelah tahun 2008. Penurunan tersebut dikarenakan keberhasilan program konversi minyak tanah ke bahan bakar gas

(BBG). Sektor rumah tangga yang banyak menggunakan minyak tanah beralih menggunakan LPG. Sementara untuk *fuel oil* juga cenderung mengalami penurunan. Avtur dan avgas yang digunakan untuk bahan bakar pesawat mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, hal ini dikarenakan peningkatan jumlah pesawat dan semakin meningkatnya penggunaan transportasi udara.

BBM dikonsumsi oleh berbagai sektor, di antaranya sektor industri, rumah tangga, komersial, transportasi, dan sektor lainnya. Dalam Gambar 5 terlihat bahwa konsumsi BBM didominasi oleh sektor transportasi. Sektor transportasi menggunakan BBM jenis avgas, avtur, bensin, minyak tanah, minyak solar, dan minyak bakar. Sedangkan konsumsi BBM yang paling sedikit adalah sektor komersial. Sektor rumah tangga yang hanya mengonsumsi minyak tanah mengalami penurunan yang cukup signifikan, terutama setelah tahun 2008.

Peramalan Penyediaan dan Konsumsi BBM dengan Simulasi Dinamik

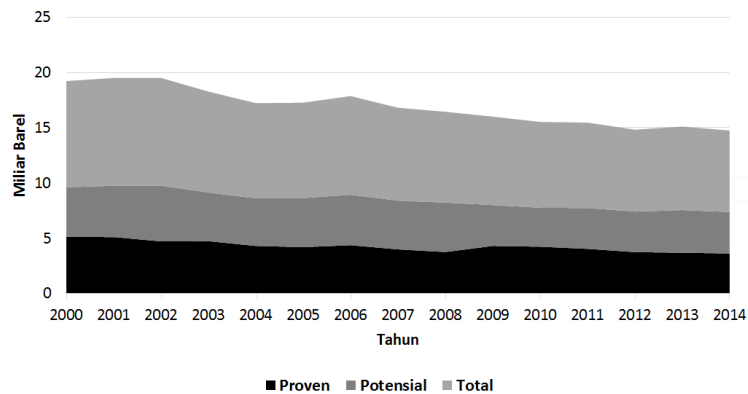
Deskripsi Sistem

Berdasarkan kajian literatur, beberapa pelaku sistem yang berperan dalam penyediaan dan konsumsi BBM dapat diidentifikasi. Tabel 2 menyajikan kebutuhan dari masing-masing pelaku sistem. Pelaku sistem dan kebutuhannya telah disesuaikan dengan batasan penelitian. Diagram input *output* dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 6.

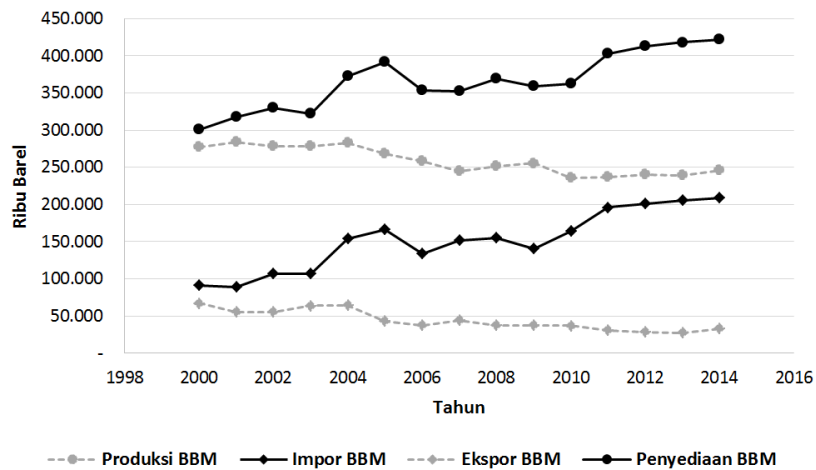
Konseptualisasi Sistem

Permasalahan penyediaan dan konsumsi BBM untuk memenuhi kebutuhan masyarakat merupakan suatu permasalahan sistem yang cukup kompleks dengan melibatkan berbagai komponen variabel yang saling berinteraksi dan terintegrasi. Penyediaan dan konsumsi BBM dipandang sebagai suatu masalah dinamika sistem yang berubah sepanjang waktu dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang juga bersifat dinamik. Sistem penyediaan dan konsumsi BBM digambarkan pada diagram sebab-akibat dan dapat dilihat pada Gambar 7.

Produksi BBM domestik dipengaruhi oleh input minyak mentah untuk kilang. Input minyak mentah untuk kilang dipengaruhi oleh produksi minyak mentah, impor minyak mentah, dan ekspor minyak mentah. Jika input minyak mentah untuk kilang semakin tinggi, maka produksi BBM domestik akan



Gambar 2: Cadangan Minyak Bumi Indonesia (Miliar Barel)
Sumber: KESDM (2015a), diolah

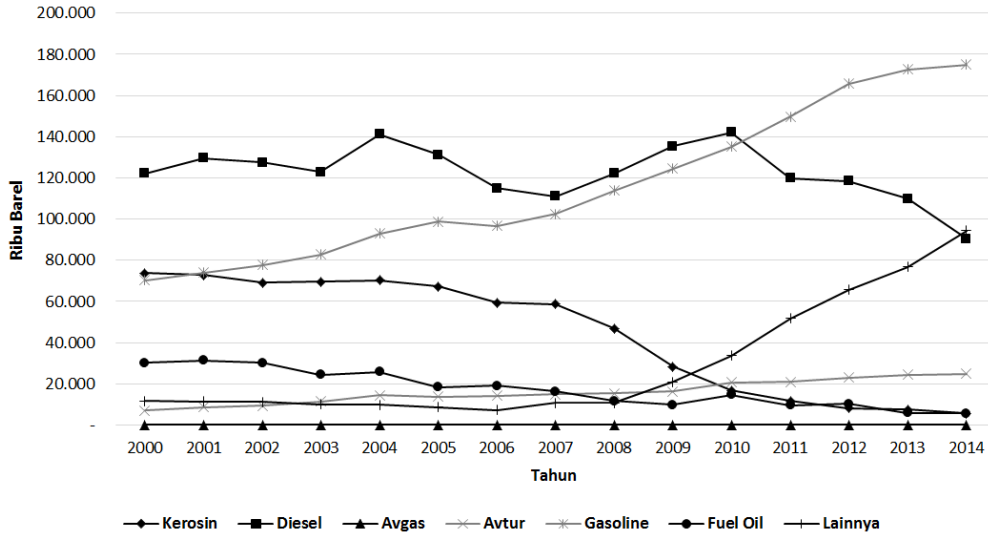


Gambar 3: Penyediaan BBM di Indonesia
Sumber: KESDM (2015b), diolah

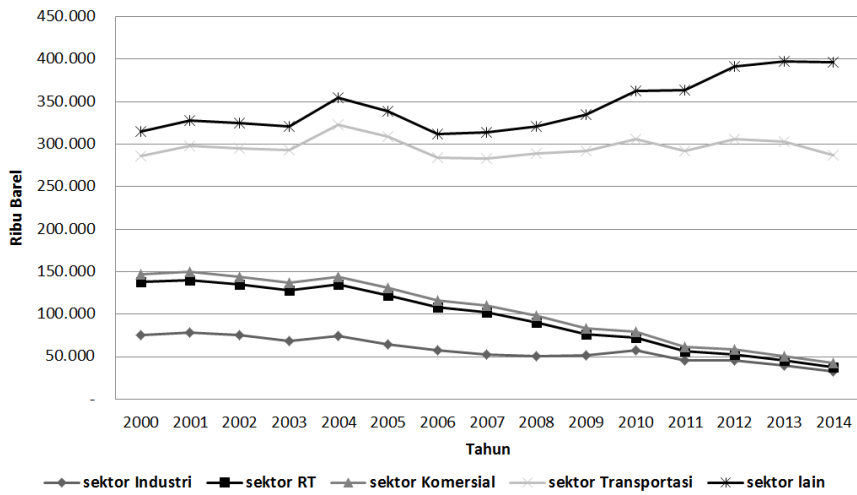
Tabel 2: Pelaku Sistem Teridentifikasi dan Kebutuhannya

No	Pelaku Sistem	Kebutuhan
1	Pemerintah	BBM tersedia dan mencukupi kebutuhan masyarakat
2	Produsen minyak mentah dan BBM	Jumlah produksi minyak mentah dan BBM terus meningkat
3	Eksportir minyak mentah dan BBM	Jumlah minyak mentah dan BBM yang dapat diekspor terus meningkat
4	Importir minyak mentah dan BBM	Jumlah minyak mentah dan BBM yang dibutuhkan meningkat sehingga impor meningkat
5	Masyarakat	Kebutuhan BBM terpenuhi

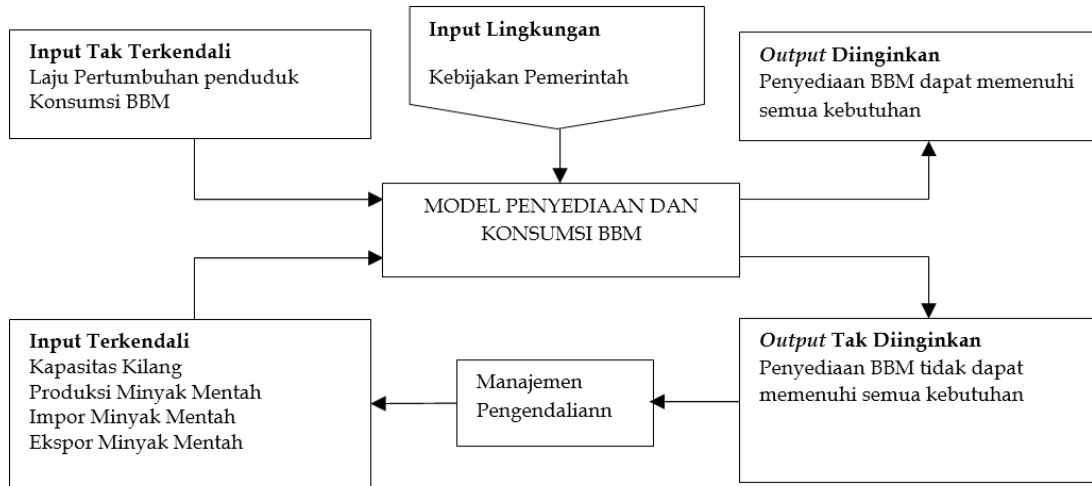
Sumber: Hasil pengolahan penulis



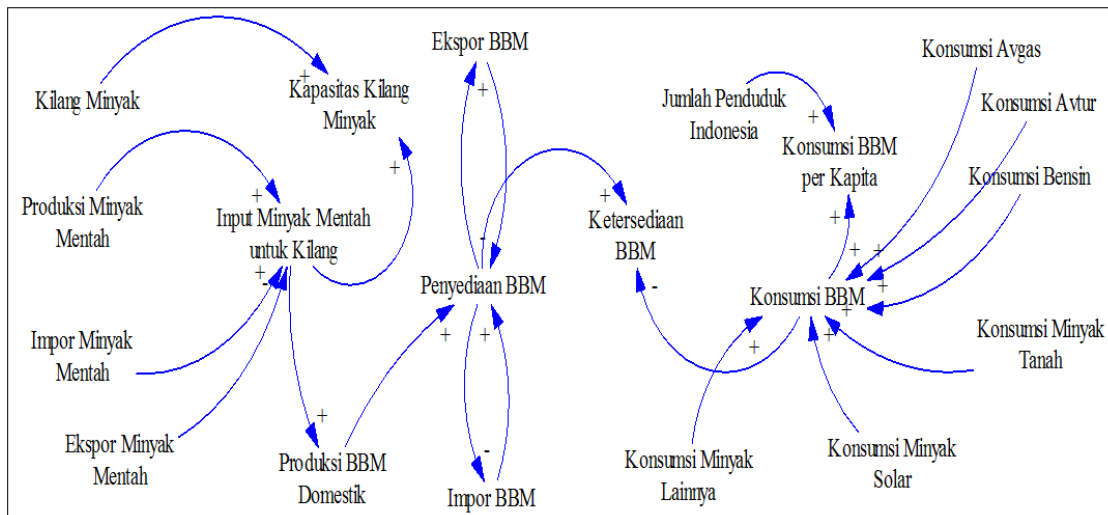
Gambar 4: Konsumsi BBM per Jenis di Indonesia (Ribuk Barel)
 Sumber: KESDM (2015b), diolah



Gambar 5: Konsumsi BBM per Sektor di Indonesia (Ribuk Barel)
 Sumber: KESDM (2015b), diolah



Gambar 6: Diagram Input Output Sistem Dinamik Penyediaan dan Konsumsi BBM Indonesia
Sumber: Penulis



Gambar 7: Diagram Sebab-Akibat Model Penyediaan dan Konsumsi BBM Indonesia
Sumber: Penulis

meningkat, dan penyediaan BBM untuk memenuhi permintaan semakin besar. Produksi BBM domestik dan impor BBM yang meningkat akan meningkatkan penyediaan BBM. Di sisi lain, semakin besar jumlah ekspor BBM, maka akan menurunkan penyediaan BBM. Konsumsi BBM dipengaruhi oleh konsumsi avgas, avtur, bensin, minyak tanah, minyak solar, dan minyak lainnya. Konsumsi BBM juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Jika jumlah penduduk semakin banyak, maka permintaan BBM akan semakin meningkat, sehingga konsumsi BBM akan meningkat pula.

Model sistem dinamik yang dikembangkan dibatasi pada hal-hal yang berkaitan dengan penawaran (produksi) BBM dan permintaan (konsumsi) terhadap BBM bagi kebutuhan masyarakat dan ekspor BBM. Untuk memudahkan pemodelan, sistem penyediaan dan konsumsi BBM dibagi menjadi dua subsistem utama, yaitu subsistem penawaran dan permintaan.

Formulasi Sistem

Formulasi model adalah perumusan masalah ke dalam bentuk matematis yang dapat mewakili sistem nyata. Formulasi model menghubungkan variabel-variabel yang telah diidentifikasi dalam model konseptual. Beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan penelitian ini adalah:

1. Konsumsi BBM merupakan total konsumsi final BBM yang merupakan penjumlahan konsumsi avgas, avtur, bensin, minyak tanah, minyak solar, dan minyak lainnya.
2. Aspek yang dibahas dalam penelitian ini adalah aspek penyediaan dan konsumsi BBM. Aspek harga BBM, akses terhadap BBM, dan kebutuhan BBM tidak dibahas dalam pemodelan.
3. Laju pertumbuhan kilang minyak adalah 1,57% per tahun.
4. Laju produksi minyak mentah, impor minyak mentah, dan ekspor minyak mentah berturut-turut adalah -3,8%; 4,57%; dan -4,37% per tahun.
5. Laju pertumbuhan impor BBM dan ekspor BBM adalah 6,61% dan -5,15% per tahun.
6. Laju pertumbuhan konsumsi avgas, avtur, dan bensin berturut-turut adalah -3,55%; 9,17%; dan 6,35% per tahun.
7. Laju pertumbuhan konsumsi minyak tanah dan minyak solar adalah -14,3% dan -1,54% per tahun.

8. Laju pertumbuhan konsumsi minyak lainnya sebesar 7,93% per tahun.
9. Laju pertumbuhan penduduk Indonesia adalah 1,27% per tahun.
10. Periode analisis simulasi dibatasi untuk periode tahun 2014 sampai dengan 2025.

Formulasi dilakukan dalam perangkat lunak *Vensim* menggunakan diagram kotak panah. Diagram kotak panah lengkap untuk model penyediaan dan konsumsi BBM dapat dilihat pada Gambar A1 pada Lampiran. Persamaan matematis tujuan utama pemodelan adalah:

$$\text{Penyediaan BBM} = \text{Produksi BBM Domestik} \\ + \text{Impor BBM} - \text{Ekspor BBM}$$

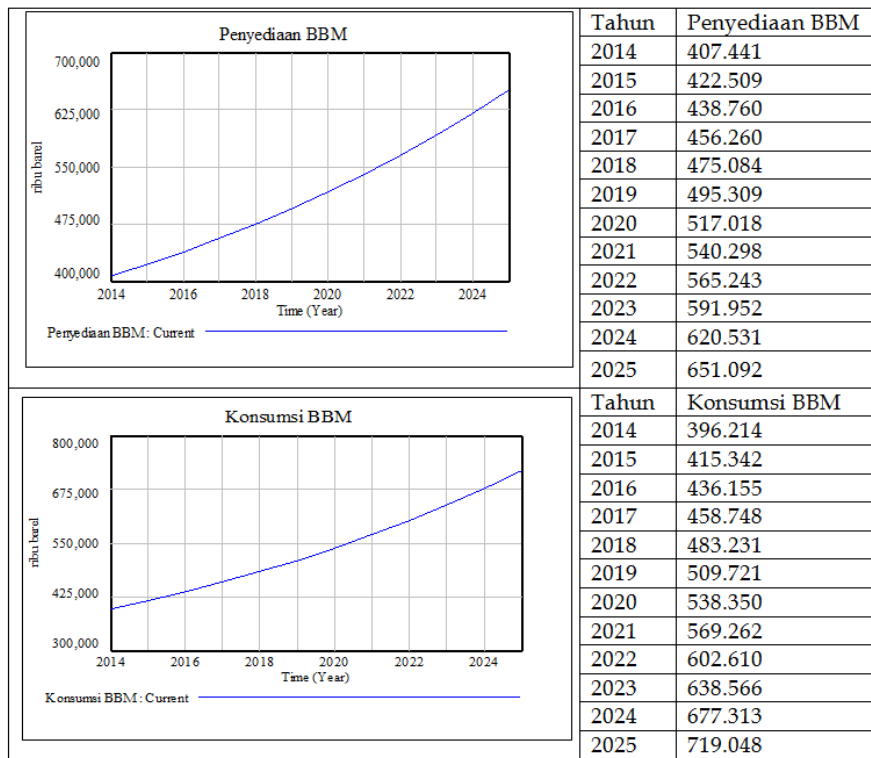
$$\text{Konsumsi BBM} = \text{Konsumsi Avgas} \\ + \text{Konsumsi Avtur} \\ + \text{Konsumsi Bensin} \\ + \text{Konsumsi Minyak Tanah} \\ + \text{Konsumsi Minyak Solar} \\ + \text{Konsumsi Minyak Lainnya}$$

Skenario dan Hasil Simulasi

Pada pemodelan sistem dinamik penyediaan dan konsumsi BBM, rancangan model, simulasi, dan analisis dilakukan dengan mengacu pada tujuan dan skenario pada model. Beberapa skenario yang digunakan dalam menganalisis penyediaan dan konsumsi BBM beserta hasilnya antara lain:

1. Skenario Tanpa Perubahan Komponen

Pada skenario tanpa perubahan komponen, sistem berjalan sesuai formulasi awal atau sesuai dengan kondisi yang berlangsung saat ini. Laju pertumbuhan produksi minyak mentah, impor minyak mentah, dan ekspor minyak mentah berturut-turut adalah -3,8%; 4,57%; dan -4,37% per tahun. Laju pertumbuhan konsumsi avgas adalah -3,55% per tahun, laju pertumbuhan konsumsi avtur adalah 9,17% per tahun, dan laju pertumbuhan konsumsi bensin adalah 6,35% per tahun. Laju pertumbuhan konsumsi minyak tanah adalah -14,30% per tahun, laju pertumbuhan konsumsi minyak solar adalah -1,54% per tahun, dan laju pertumbuhan konsumsi minyak lainnya adalah 7,93% per tahun. Dengan skenario ini, maka pola kecenderungan penyediaan dan konsumsi BBM hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Pertama
Sumber: Penulis

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dari tahun 2014 hingga tahun 2025, penyediaan BBM selalu mengalami peningkatan untuk memenuhi konsumsi BBM yang juga selalu mengalami peningkatan. Dari hasil simulasi, terlihat bahwa pada tahun 2015 sampai 2016, penyediaan BBM masih memenuhi kebutuhan dalam negeri. Penyediaan BBM pada tahun 2014 sebesar 422 juta barel dan pada tahun 2015 sebesar 438 juta barel. Sedangkan konsumsi BBM pada tahun 2014 sebesar 415 juta barel dan pada tahun 2015 sebesar 436 juta barel. Dengan demikian, konsumsi BBM masih dapat dicukupi dari penyediaan BBM. Namun demikian, mulai tahun 2017 sampai 2025 penyediaan BBM tidak mencukupi konsumsi BBM seperti pada Gambar 9. Penyediaan BBM pada tahun 2014 sebesar 456 juta barel sedangkan konsumsi BBM sebesar 458 juta barel. Penyediaan BBM yang tidak mencukupi kebutuhan dalam negeri, memaksa pemerintah melakukan peningkatan produksi BBM domestik, impor BBM, serta mengurangi ekspor BBM.

2. Skenario Peningkatan Produksi BBM Domestik

Produksi BBM domestik dipengaruhi oleh input minyak mentah untuk kilang. Input minyak mentah untuk kilang merupakan penjumlahan produksi minyak mentah ditambah impor minyak mentah dikurangi ekspor minyak mentah. Dengan demikian, produksi BBM domestik dipengaruhi oleh laju pertumbuhan produksi minyak mentah, impor minyak mentah, dan ekspor minyak mentah. Pada skenario kedua, laju pertumbuhan produksi minyak mentah mengalami peningkatan dari -3,8% menjadi 1%. Hal yang mendasari peningkatan ini adalah adanya Instruksi Presiden (Inpres) No. 2 Tahun 2012 tentang Peningkatan Produksi Minyak Bumi Nasional dan Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 6 Tahun 2010 tentang Pedoman Kebijakan Peningkatan Produksi Minyak dan Gas Bumi Nasional. Dalam Inpres No. 2 Tahun 2012, Presiden menginstruksikan kepada Menteri ESDM untuk mendorong optimalisasi produksi pada lapangan eksisting¹ maupun percepatan penemuan cadangan baru melalui penyempurnaan kebijakan kontrak kerja sama dan kebijakan terkait lainnya. Selain itu, dalam Permen ESDM No. 6 Tahun 2010, kontraktor wajib melakukan penyelesaian kegiatan eksplorasi

¹merupakan lapangan yang masih ada dan masih beroperasi.

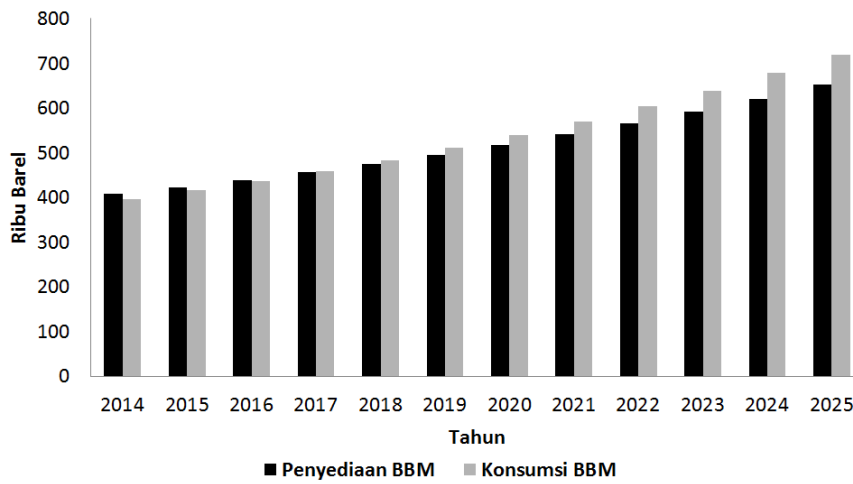
di struktur penemuan dan mempercepat pengajuan usulan rencana pengembangan lapangan baru dari cadangan yang sudah ditemukan; pengupayaan pengembangan atau pemroduksian kembali lapangan yang masih berpotensi, baik yang pernah diproduksi maupun yang belum pernah diproduksi; serta pengupayaan pemroduksian kembali sumur-sumur yang masih berpotensi, baik yang pernah diproduksi maupun yang belum pernah diproduksi.

Dengan skenario ini, maka pola kecenderungan penyediaan dan konsumsi BBM hasil simulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dari tahun 2014 hingga 2025, penyediaan BBM selalu mengalami peningkatan untuk memenuhi konsumsi BBM yang juga selalu mengalami peningkatan. Dari hasil simulasi dengan skenario kedua ini, yakni tahun 2015 sampai 2025, penyediaan BBM cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang selalu mengalami peningkatan (Gambar 11). Dengan demikian, produksi minyak mentah diharapkan semakin meningkat, sehingga penyediaan BBM dapat memenuhi konsumsi BBM. Peningkatan laju produksi minyak mentah menjadi 1% berdampak sangat signifikan terhadap penyediaan BBM domestik. Peningkatan penyediaan BBM dari peningkatan produksi minyak mentah menyebabkan penurunan impor minyak mentah dan BBM.

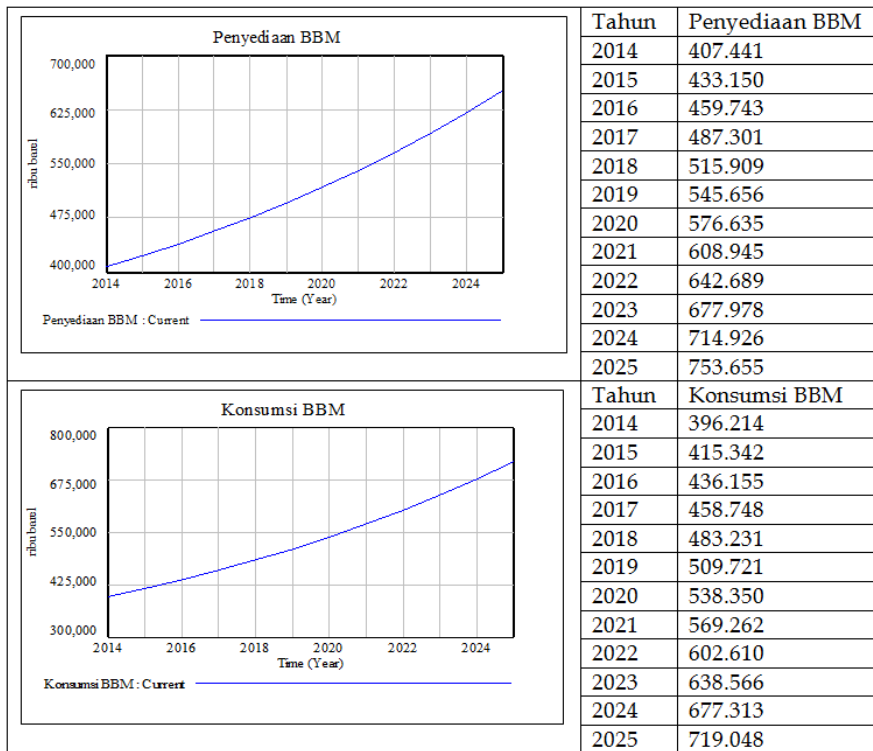
3. Skenario Pengurangan Konsumsi BBM

Konsumsi BBM merupakan penjumlahan konsumsi avgas, avtur, bensin, minyak tanah, dan minyak solar, serta minyak lainnya. Pada skenario ini, laju pertumbuhan konsumsi BBM yang digunakan untuk sektor transportasi mengalami penurunan dengan asumsi pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu dan peningkatan penggunaan energi terbarukan, seperti biofuel dan bahan bakar gas. Asumsi laju pertumbuhan konsumsi BBM mengalami penurunan 1%. Hal ini sesuai dengan Permen ESDM No. 1 Tahun 2013 tentang Pengendalian Penggunaan Bahan Bakar Minyak. Dalam peraturan tersebut, pengendalian penggunaan BBM dilaksanakan secara bertahap dengan pembatasan penggunaan jenis BBM tertentu untuk transportasi jalan dan untuk transportasi laut.

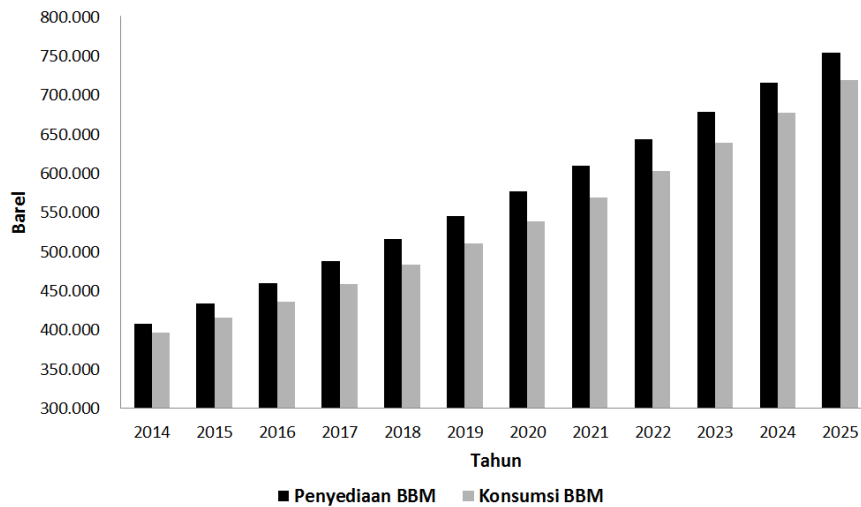
Dengan skenario ini, maka pola kecenderungan penyediaan dan konsumsi BBM hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dari tahun 2014 hingga 2025, penyediaan



Gambar 9: Hasil Simulasi Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Pertama
Sumber: Penulis



Gambar 10: Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Kedua
Sumber: Penulis



Gambar 11: Hasil Simulasi Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Kedua
Sumber: Penulis

BBM selalu mengalami peningkatan untuk memenuhi konsumsi BBM yang juga selalu mengalami peningkatan.

Dari hasil simulasi dengan skenario ketiga ini, tahun 2015 sampai 2025, penyediaan BBM masih memenuhi kebutuhan dalam negeri seperti pada Gambar 13. Dengan pembatasan penggunaan BBM, maka diharapkan dapat mengurangi konsumsi BBM. Pengurangan konsumsi BBM sebesar 1% berdampak sangat signifikan terhadap penyediaan BBM domestik. Dengan demikian, dengan penurunan konsumsi BBM sebesar 1%, maka penyediaan BBM masih mencukupi kebutuhan dalam negeri.

Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data aktual yang diperoleh dari sistem nyata. Validasi model dilakukan terhadap variabel penyediaan BBM dan konsumsi BBM. Validasi dilakukan dengan menurunkan waktu simulasi menjadi waktu awal adalah tahun 2011 dan waktu akhir adalah tahun 2014, sehingga formulasi disesuaikan dengan data tahun 2010.

Pada validasi penyediaan BBM, laju pertumbuhan produksi minyak mentah, impor minyak mentah, dan ekspor minyak mentah berturut-turut adalah -3,57%; 4,30%; dan -4,26%. Laju pertumbuhan impor BBM dan ekspor BBM berturut-turut adalah 6,63% dan -4,27%. Sedangkan pada validasi konsumsi BBM, laju pertumbuhan konsumsi avgas, avtur, dan

bensin berturut-turut adalah -3,05%; 10,80%; dan 6,20%. Laju pertumbuhan konsumsi minyak tanah, minyak solar, dan minyak lainnya berturut-turut adalah -11,11%; 1,70%; dan 3,43%.

Pada validasi model penyediaan dan konsumsi BBM, variabel yang diuji yaitu penyediaan dan konsumsi BBM. Pada variabel penyediaan BBM, validasi menunjukkan nilai 4,03%, artinya di bawah 5%, sehingga dapat dinyatakan model sangat tepat. Pada variabel konsumsi BBM, validasi menunjukkan nilai 2,00%, artinya di bawah 5%, sehingga dapat dinyatakan model sangat tepat. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

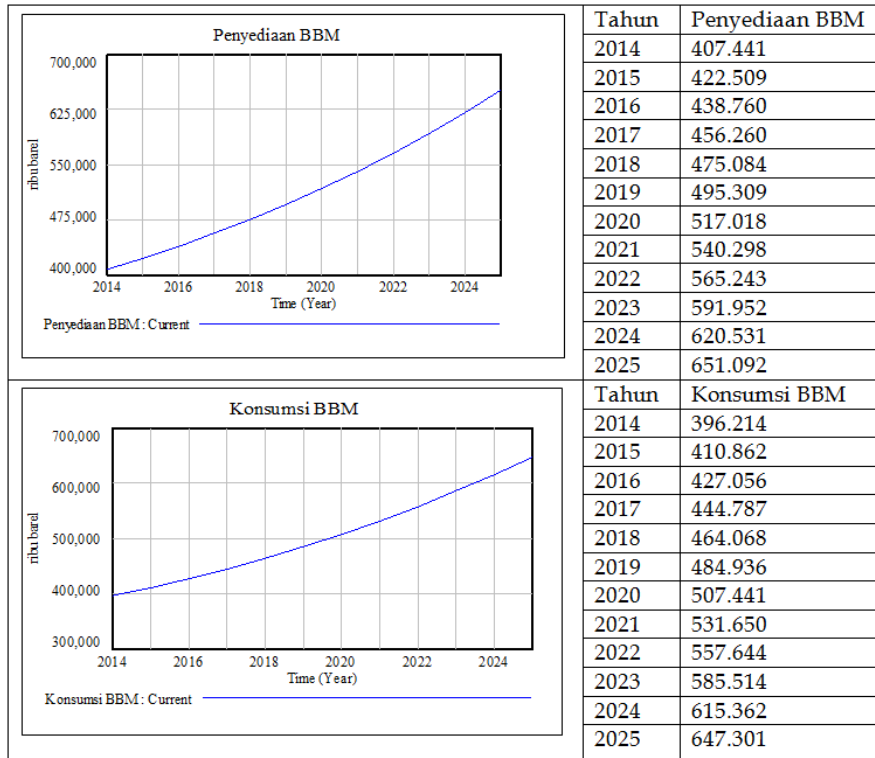
Tabel 3: Validasi Penyediaan BBM

Tahun	Penyediaan BBM (ribu barel)		Error
	Simulasi	Nyata	
2011	378.046	402.657	6,11%
2012	390.264	413.175	5,55%
2013	403.421	417.694	3,42%
2014	417.577	421.976	1,04%
MAPE			4,03%

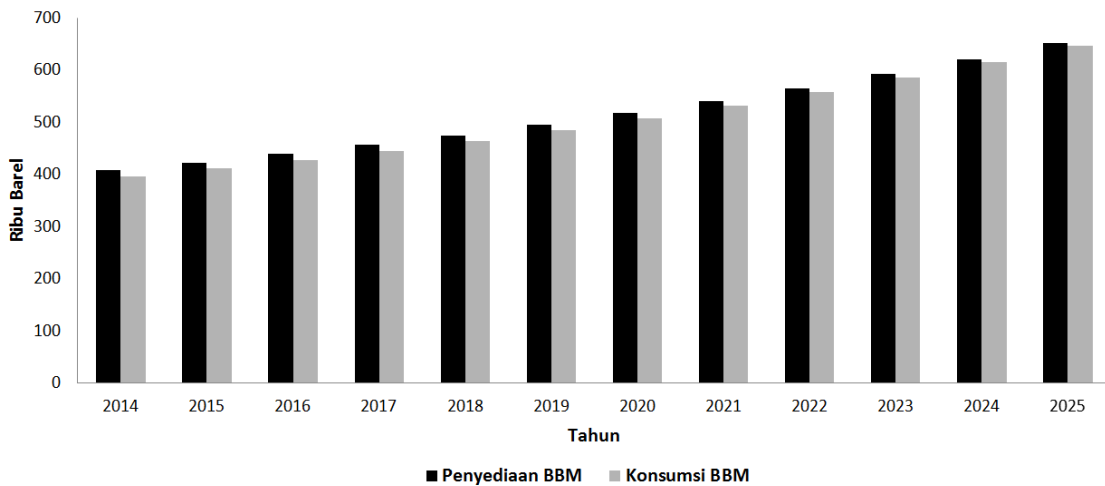
Sumber: Hasil pengolahan penulis

Kesimpulan

Model sistem dinamik penyediaan dan konsumsi BBM yang telah dikembangkan, telah dapat mendeskripsikan kondisi penyediaan dan konsumsi BBM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sampai



Gambar 12: Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Ketiga
Sumber: Penulis



Gambar 13: Hasil Simulasi Penyediaan dan Konsumsi BBM Skenario Ketiga
Sumber: Penulis

Tabel 4: Validasi Konsumsi BBM

Tahun	Konsumsi BBM (ribu barel)		Error
	Simulasi	Nyata	
2011	371.142	363.827	2,01%
2012	380.224	391.531	2,89%
2013	390.412	397.223	1,71%
2014	401.749	396.214	1,40%
MAPE			2,00%

Sumber: Hasil pengolahan penulis

tahun 2016 penyediaan BBM dapat memenuhi kebutuhan BBM. Sedangkan untuk tahun 2017 sampai 2025, penyediaan BBM tidak dapat memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri. Hal ini dikarenakan peningkatan konsumsi BBM melebihi peningkatan penyediaan BBM. Pada tahun 2025, diperkirakan penyediaan BBM mencapai 651.092 juta barel dan konsumsi BBM mencapai 719.048 juta barel.

Beberapa skenario penyediaan dan konsumsi BBM antara lain: (1) skenario tanpa perubahan komponen; (2) skenario peningkatan produksi BBM domestik; dan (3) skenario pengurangan konsumsi BBM. Dengan skenario peningkatan produksi BBM domestik dan pengurangan konsumsi BBM, menunjukkan bahwa tahun 2014 hingga 2025, penyediaan BBM dapat memenuhi konsumsi BBM.

Di masa yang akan datang, secara keseluruhan konsumsi BBM cenderung meningkat. Sejalan dengan itu, penyediaan BBM cenderung mengalami peningkatan. Namun peningkatan penyediaan BBM yang bersumber pada produksi BBM domestik lebih kecil dibandingkan peningkatan konsumsi BBM. Hal ini menyebabkan impor minyak mentah dan BBM cenderung mengalami peningkatan dalam memenuhi konsumsi BBM dalam negeri.

Rekomendasi

Beberapa hal yang perlu dilakukan oleh pemerintah agar persediaan mampu mengimbangi konsumsi BBM pada masa yang akan datang antara lain adalah *pertama*, dari *sisi penyediaan*, yaitu perlu upaya untuk meningkatkan penyediaan BBM. Penyediaan BBM dipengaruhi oleh kapasitas kilang, produksi minyak mentah domestik, impor minyak mentah dan BBM, serta ekspor minyak mentah dan BBM. Upaya untuk meningkatkan investasi bidang minyak bumi sangat diperlukan terutama dari aspek produksi, pengolahan, dan distribusi minyak bumi. Seiring dengan itu, upaya peningkatan jumlah dan kapasitas kilang minyak perlu dilakukan untuk

mengurangi tingkat ketergantungan terhadap BBM yang bersumber dari impor. Upaya ini dapat dilakukan dengan revitalisasi kilang minyak lama dan pembangunan kilang minyak baru. Upaya untuk mengurangi ekspor minyak mentah dan BBM perlu dilakukan untuk menambah penyediaan BBM domestik. Selain itu, dari sisi penyediaan perlu upaya untuk konversi BBM ke energi yang terbarukan, seperti peningkatan penyediaan BGG dan bahan bakar nabati (BBN). Berbagai upaya dari sisi penyediaan tersebut diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor minyak mentah dan BBM.

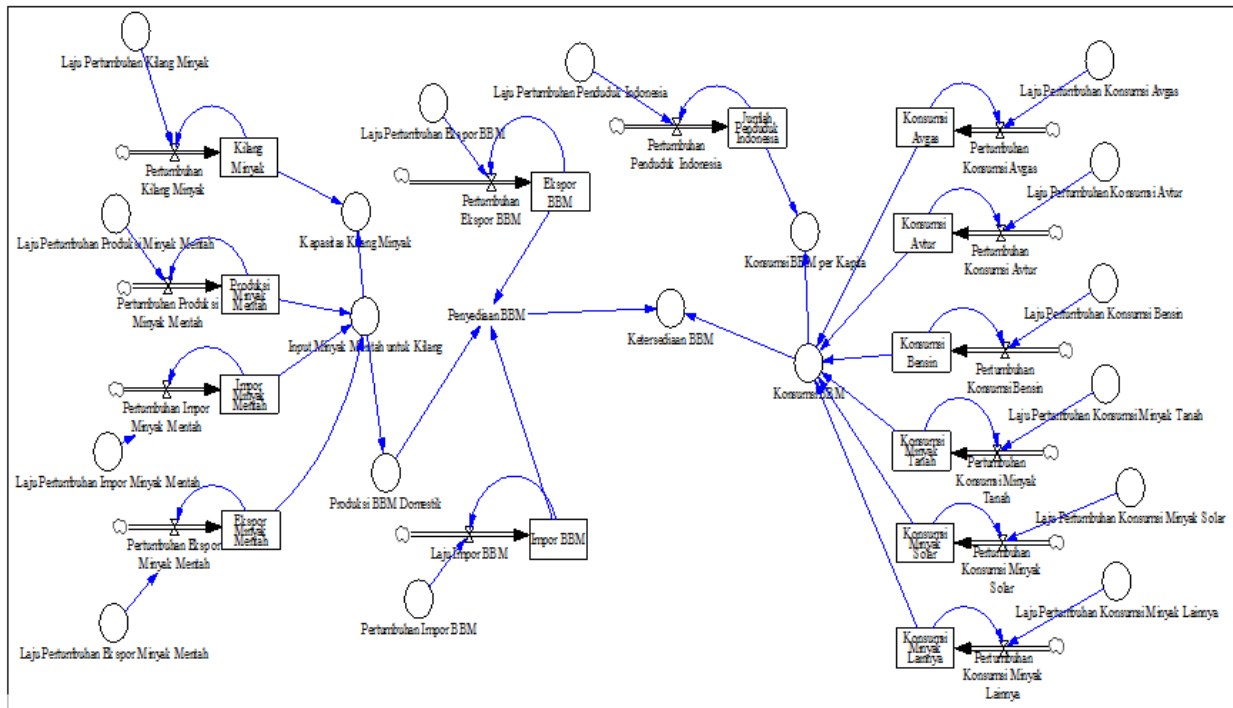
Kedua, dari *sisi permintaan*, yang mana kebutuhan BBM selalu mengalami peningkatan ditandai dengan meningkatnya konsumsi BBM tiap tahunnya. Dengan demikian, perlu upaya untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan BBM, pembatasan penggunaan BBM, dan pengurangan subsidi BBM secara bertahap. Dengan adanya pembatasan BBM dan pengurangan subsidi BBM secara bertahap diharapkan masyarakat tidak boros dalam pemanfaatan BBM. BBM digunakan untuk hal-hal yang sifatnya produktif. Selain itu, untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM perlu upaya peningkatan pemanfaatan energi lain, di antaranya dengan penggunaan BGG dan penggunaan biofuel, terutama untuk sektor transportasi.

Daftar Pustaka

- [1] Buntuan, I.F. (2010). Simulasi Model Dinamik pada Sistem Deteksi Dini untuk Manajemen Krisis Pangan. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [2] Chontanawat, J., Hunt, L.C., & Pierse, R. (2006). Causality between Energy Consumption and GDP. Evidence from 30 OECD and 78 non-OECD Countries. *Surrey Energy Economics Discussion paper Series SEEDS 113*. Surrey, UK: Surrey Energy Economics Centre (SEEC) Department of Economics, University of Surrey. Diakses dari <http://www.seec.surrey.ac.uk/Research/SEEDS/SEEDS113.pdf>. Tanggal akses 8 Januari 2016.
- [3] Cleveland, C.J., & Stern, D.I. (1993). Productive and exchange scarcity: an empirical analysis of the US forest products industry. *Canadian Journal of Forest Research*, 23(8), 1537–1549. doi: <https://doi.org/10.1139/x93-194>.
- [4] DESDM. (2009). *Minyak dan Gas Bumi dari Proses Pembuatan hingga Pembentukan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM).
- [5] Fauzi, A. (2006). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Hartisari. (2007). *Sistem Dinamik: konsep sistem dan permodelan untuk industri dan lingkungan*. Bogor: SEAMEO Biotrop.
- [7] KESDM. (2015a). *Rencana Strategis Kementerian ESDM Tahun*

- 2015–2019 (*Renstra KESDM 2015–2019*). Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). Diakses dari <http://www.migas.esdm.go.id/public/images/uploads/posts/data-to-mail-new-rev-buku-renstra-2015.pdf>. Tanggal akses 3 Desember 2015.
- [8] KESDM. (2015b). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). Diakses dari <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-2015-uwe2cq9n.pdf>. Tanggal akses 16 Februari 2016.
- [9] Nuroniah, S.N. (2003). Penjadwalan Produksi dengan Pendekatan Metode Dinamik (Studi Kasus di PT Goodyear Indonesia, Tbk). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [10] Purnomo, H. (2012). *Pemodelan dan Simulasi untuk Pengelolaan Adaptif Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Bogor: IPB Press.
- [11] Simatupang, T.M. (2000). *Pemodelan Sistem*. Klaten: Penerbit Nindika.
- [12] Somantri, A.S., Purwani, E.Y., & Thahrir, R. (2005). Simulasi Model Dinamik Ketersediaan Sagu sebagai Sumber Karbohidrat Mendukung Ketahanan Pangan Kasus Papua. *Makalah*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Kementerian Pertanian.
- [13] Stern, D.I. (2003). *Economic Growth and Energy*. Diakses dari <http://sterndavidi.com/Publications/Growth.pdf>. Tanggal akses 8 Januari 2016.
- [14] Yusgiantoro, P. (2000). *Ekonomi Energi: Teori dan Praktik*. Jakarta: Pustaka LP3ES.

Lampiran



Gambar A1