

# PEMODELAN MATEMATIS UNTUK ANALISIS KEBIJAKAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BAHAN BAKAR NABATI BIODIESEL DARI KEMIRI SUNAN\*

LAILA LATHIFAN, CAHYADI NUGRAHA, KUSMANINGRUM

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: lailalathifan@gmail.com

## ABSTRAK

*Energi minyak bumi merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Namun, sumber energi bahan bakar fosil semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui. Biodiesel berbahan baku kemiri sunan merupakan salah jenis bahan bakar bersifat renewable yang sedang dikembangkan saat ini di Indonesia. Pemerintah menargetkan kandungan biodiesel pada campuran biosolar sebanyak 20% pada tahun 2025. Makalah ini menyajikan suatu model matematis untuk menganalisis berbagai alternatif kebijakan pengembangan industri biodiesel kemiri sunan yang dilakukan untuk mencapai target pemerintah, sehingga dapat diketahui seberapa jauh suatu alternatif kebijakan akan mencapai target. Empat komponen utama dalam sistem, yaitu komponen kebutuhan bahan bakar nabati, kebutuhan lahan kemiri sunan, pembangunan industri pengolahan minyak biodiesel, dan pengaruh kapasitas pabrik yang didirikan terhadap harga biodiesel.*

**Kata kunci:** Biodiesel, Minyak Kemiri Sunan, Pemodelan Matematis

## ABSTRACT

*Petroleum energy is one of the primary needs for humankind. However, the non-renewable fossil fuel energy resources are getting dwindled. Biodiesel produced from trisperma-plant is one of a renewable type of fuel that is currently being developed in Indonesia. The Indonesian government is targeting that the biodiesel contents within the composition of fuel to be as much as 20% by 2025. This paper is providing a mathematical modeling to analyze various alternatives of Trisperma-Biodiesel industrial development policies in order to fulfil the government's target. Four main components required by the systems are: demands on biofuel, land availability for trisperma plantation, the development of biodiesel processing industries, and the relationship between the production capacities of the plant to the biodiesel's price.*

**Keywords:** Biodiesel, Trisperma, mathematical modeling

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Pengantar

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Saat ini sumber energi semakin menipis, hal ini karena bahan bakar yang umum digunakan berasal dari minyak bumi yang bersumber dari fosil, dimana bahan bakar fosil ini membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat diperbaharui. Energi menjadi masalah yang terjadi di masyarakat saat ini.

Cadangan minyak dan gas di Indonesia diperkirakan tidak berumur lebih dari 25 tahun. Jika tidak ada penemuan cadangan baru, cadangan yang tersisa hanya akan mampu memenuhi kebutuhan minyak bumi selama 18 tahun, gas bumi sekitar 50 tahun, dan batu bara sekitar 150 tahun (Timnas BBN, 2007).

Adanya kelangkaan energi minyak bumi dimasa mendatang ditanggapi pemerintah Indonesia dengan mengeluarkan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi. Dalam Bab II pasal 2 PP No. 5 Tahun 2006 disebutkan bahwa pemenuhan konsumsi energi di Indonesia ditargetkan berasal dari *biofuel* yang jumlahnya sebesar 5% dari total konsumsi energi.

Pemerintah sedang mengembangkan kemiri sunan (*Reutealis trisperma*, Blanco, Airy Shaw) untuk dimanfaatkan sebagai penghasil BBN (Bahan Bakar Nabati) untuk biodiesel. Saat ini kemiri sunan dikembangkan sebagai pendamping CPO (*Crude Palm Oil*) untuk substitusi bahan bakar alternatif mesin diesel. Hal ini karena kemiri sunan yang paling siap untuk dikembangkan dengan memiliki produktivitas dan rendemen minyak yang lebih tinggi. Pemanfaatan tanaman kemiri sunan sebagai penghasil BBN juga dapat dimanfaatkan sebagai upaya mengatasi penanggulangan kemiskinan, perubahan iklim, dan konservasi lahan kritis (ESDM, 2013).

### 1.2 Identifikasi Masalah

Kemiri Sunan (Kemiri Minyak) sebagai sumber bahan bakar alternatif biodiesel memiliki potensi yang sangat tinggi karena dapat di tanam di lahan kritis dan bekas tambang yang sudah tidak memiliki nilai ekonomis. Pemanfaatan kemiri sunan sebagai sumber energi akan terlaksana dengan baik jika didukung dengan kebijakan yang tepat yang didalamnya juga mempertimbangkan berbagai hal yang tidak selalu dapat dikendalikan (*uncontrollable*) dengan baik oleh pemerintah, misalnya laju pertumbuhan penduduk, dan produktivitas tanaman. Pihak yang terlibat dalam penghasil BBN kemiri sunan untuk biodiesel di mulai dari petani, pengusaha, masyarakat sekitar, dan pemerintah. Kinerja setiap pihak yang terlibat, hubungan yang terjadi antara pihak yang satu dengan yang lain, serta berbagai kondisi eksternal lainnya berkontribusi terhadap keberhasilan program pemerintah dalam kebijakan energi.

Analisis kebijakan yang lebih objektif salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa model matematika untuk melakukan analisis atas permasalahan dan pencarian solusinya. Model adalah suatu representasi dari sistem nyata, dimana dalam hal ini model digunakan untuk merencanakan, merepresentasikan, dan mendeskripsikan suatu objek dari sistem yang ada sehingga mengalami penyederhanaan.

Makalah ini membahas tentang pengembangan model matematik dan penggunaannya untuk menghasilkan usulan skenario kebijakan yang mendukung pemanfaatan kemiri sunan sebagai sumber energi alternatif. Berdasarkan uraian tersebut, masalah pada penelitian ini

membahas tentang usulan alternatif kebijakan yang mendukung pemanfaatan kemiri sunan sebagai sumber energi biodiesel. Usulan tersebut akan disampaikan kepada pengambil kebijakan dalam hal ini pemerintah khususnya Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

## **2. STUDI LITERATUR**

### **2.1 Sistem dan Pemodelan**

Berdasarkan Daellenbach (1994) definisi sistem secara formal adalah sebuah gabungan komponen yang teratur. "Teratur" berarti bahwa ada hubungan khusus antar komponen. Tiap komponen berkontribusi terhadap perilaku sistem dan dipengaruhi karena berada di dalam sistem. Tidak ada komponen yang memiliki efek independen dalam sistem. Perilaku dari sistem dapat diubah jika komponen manapun dipindahkan atau meninggalkan. Sistem memiliki sesuatu yang berbeda di luar yang disebut sebagai lingkungan, yang memberikan *input* ke dalam sistem dan menerima *output* dari sistem. Sistem telah diidentifikasi oleh seseorang sebagai kepentingan khusus (memiliki tujuan tertentu).

Model adalah representasi yang disederhanakan dari suatu realitas kompleks yang tujuannya adalah pemahaman realitas dan mempunyai seluruh fitur yang diperlukan untuk tugas atau pemecahan masalah yang diperlukan. Pemodelan merupakan aktivitas pembuatan model. Untuk membuat suatu model diperlukan pemahaman akan faktor-faktor atau variabel yang penting dan sangat berpengaruh dalam sistem yang sedang dimodelkan. Hubungan dan ketergantungan antar variabel.

Model matematika merupakan suatu ekspresi kuantitatif mengenai hubungan-hubungan antara berbagai komponen sistem. Beberapa istilah atau terminologi dalam model matematika, yaitu *decision variabel*, ukuran performansi atau ukuran efektifitas, fungsi tujuan (*Objective Function*), parameter / koefisien / konstanta, dan kendala atau pembatas (*constraint*).

Salah satu alat bantu pemodelan adalah dengan menggunakan *influence diagram*. Berdasarkan Daellenbach (1994), *Influence diagram* menggambarkan hubungan *input* dengan komponen sistem, hubungan yang terjadi antar komponen didalam sistem, dan hubungan berbagai komponen dengan *output* sistem, termasuk bagaimana pengaruh hubungan tersebut terhadap kinerja sistem yang diamati. *Influence diagram* menggambarkan proses transformasi sistem dalam bentuk hubungan struktural dan sebab akibat antara aspek sistem.

### **2.2 Kemiri Sunan**

Kemiri sunan (*Reutealis trisperma*, Blanco, Airy Shaw) merupakan salah satu tanaman penghasil biodiesel dengan potensi yang sangat besar disamping pemanfaatannya sebagai tanaman konservasi. Tanaman ini berupa pohon berukuran sedang dengan mahkota daun yang rindang dan lebar serta sistem perakaran yang dalam, sangat cocok untuk rehabilitasi lahan kritis marginal menjadi lahan yang produktif berkesinambungan.

Minyak kemiri sunan mengandung racun sehingga tidak dapat dikonsumsi. Vossen dan Umali (2002) menyatakan bahwa komposisi minyak terdiri dari asam *palmitic* 10%, asam *stearic* 9%, asam *oleic* 12%, asam *linoleic* 19%, dan asam  *$\alpha$ -elaeostearic* 51%. Asam  *$\alpha$ -elaeostearic* menjelaskan adanya kandungan racun pada minyak. Minyak kemiri sunan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti, sebagai insektisida alami yang sangat efektif untuk membunuh hama dan bahan pelapis cat kapal.

Kemiri Sunan memiliki kandungan minyak mencapai 52% (disebut minyak kasar kemiri sunan (MKKS) atau *Crude Trisperma Oil* (CTO)) atau 40% dari biji / gelondong. Dari 100 pohon Kemiri Sunan dapat diperoleh minyak biodiesel 10 ton / tahun (4-5 kali lebih tinggi dari Jarak Pagar dan 2 kali lebih tinggi dari Minyak Kelapa Sawit). Dari hasil analisis laboratorium, kadar minyak mentah biji Kemiri Sunan sampai 49-59% dan setelah melalui transesterifikasi mencapai 88-91%. Minyak biodiesel dari Kemiri Sunan bisa dipakai untuk mesin generator dengan bahan bakar 100% minyak dari biji Kemiri Sunan, sama halnya Jarak Pagar. Dalam satu hektar bisa ditanam 100 pohon, maka bisa dihasilkan 12,5 ton biodiesel. Sedangkan produksi minyak mentah dari Kelapa Sawit sekitar 4 ton/ha/tahun.

### **2.3 Economies of Scale**

Skala ekonomi (*economies of scale*) menunjuk kepada keuntungan biaya rendah yang didapat dari ekspansi aktivitas operasional dalam sebuah perusahaan dan merupakan salah satu cara meraih keunggulan biaya rendah (*low cost advantage*) demi menciptakan keunggulan bersaing. Menurut Pearson dan Wisner (1993), *economies of scale* dapat dibagi menjadi dua, yaitu *volume economies of scale* dan *learning economies of scale*. *Volume economies of scale* adalah penurunan biaya per unit yang diperoleh dari peningkatan kapasitas produksi. *Learning economies of scale* menyangkut penurunan biaya per unit yang didapat dari transformasi yang dialami perusahaan, seperti peningkatan kemampuan karyawan, proses produksi, dan perencanaan yang terakumulasikan sejalan dengan waktu.

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penyusunan kebijakan dilakukan dengan menggunakan pemodelan matematika. Komponen-komponen yang mempengaruhi kebijakan disusun dalam suatu rangkaian sistem. Komponen tersebut dibagi berdasarkan aspek sistem *input*, komponen, dan *output* sistem. Pemodelan sistem disusun berdasarkan sudut pandang pengambil keputusan, yaitu pemerintah sehingga peran pemerintah akan menjadi faktor penting dalam penyusunan model matematika.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perumusan Masalah  
Perumusan kebijakan dilakukan dengan mengembangkan suatu model kebijakan yang mengakomodasi penyusunan skenario-skenario kebijakan.
2. Studi Literatur  
Mengumpulkan hasil penelitian sebelumnya dan teori yang relevan yang akan digunakan dalam pemecahan masalah.
3. Identifikasi Sistem  
Identifikasi sistem meliputi penentuan sistem yang diteliti, *decision maker*, *boundary system*, dan penentuan faktor-faktor yang mempengaruhi *output*.
4. Perancangan Model  
Perancangan model dalam bentuk model konseptual yang hubungan antar komponen digambarkan melalui *influence diagram* kemudian dilakukan penyusunan model matematika. Model yang dikembangkan dibatasi dengan tidak mengakomodasi umpan balik karena dapat menjadikan model menjadi sistem dinamis.
5. Pengembangan Alternatif-Alternatif Kebijakan dan Analisis Skenario  
Pengembangan skenario kebijakan dilakukan dengan mengubah nilai *input* model.
6. Pencarian Solusi Model  
Pencarian solusi model untuk berbagai kondisi yang telah dirancang sebelumnya.
7. Kesimpulan dan Saran  
Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian dan saran bagi penelitian selanjutnya.

Beberapa studi penelitian terdahulu yang memiliki hubungan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1. Kajian Penelitian Terdahulu**

Pengarang	Metode	Jenis Bahan Bakar Nabati
Romadhoni dkk (2013)	Pemodelan Sistem Matematis	Bahan Bakar Nabati Bioetanol dari Ubi Kayu
Putro dkk (2013)	Pemodelan Sistem Matematis	Bahan Bakar Nabati Bioetanol dari Alga
Nurdiansyah dkk (2013)	Dinamika Sistem	Bahan Bakar Nabati Biodiesel dari Jarak Pagar

Makalah ini mengacu pada penelitian Romadhoni dkk (2013) dan Putro dkk (2013) mengenai sistem bahan bakar nabati menggunakan metode pemodelan sistem matematis namun penerapannya untuk bahan baku kemiri sunan.

## 4. PENGEMBANGAN MODEL

### 4.1 Deskripsi Sistem

Pengelolaan minyak bumi dan gas di Indonesia dikelola oleh dua pemegang kepentingan, yaitu Pemerintah dan Pertamina. Pemerintah bertugas membuat dan menerbitkan Undang-Undang Minyak Bumi dan Gas Bumi No. 22 tahun 2011. Pertamina hanya menjadi salah satu pemain diantara perusahaan migas yang ada di Indonesia dan peran regulator dijalankan oleh lembaga pemerintahan. Kelangkaan stok bahan bakar minyak di Indonesia karena cadangan minyak bumi yang ada saat ini tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar beberapa tahun mendatang. Penggunaan dan pengembangan BBN merupakan salah satu solusi terbaik saat ini. Sebagai antisipasi kegagalan seperti pada tahun sebelumnya maka diperlukan suatu skema sistem pendistribusian dan pengolahan biodiesel skala nasional yang baik. Sistem yang akan diteliti pada makalah ini berdasarkan kebijakan pemerintah serta interaksinya dengan masyarakat, petani, pemerintah, dan industri yang terlibat dalam produksi. *Boundary sistem* yang akan diteliti adalah kapasitas produksi biodiesel dari industri skala besar dan skala kecil untuk memenuhi kebutuhan biodiesel untuk bahan bakar kendaraan dan melihat pengaruh kapasitas terhadap harga jual biodiesel.

Gambar 1 menunjukkan penanganan biodiesel dari sektor hulu dan hilir dan pola pendistribusian dan pengolahan skala nasional. Pertamina sebagai sektor hilir dan pemerintah bertugas sebagai sektor hulu. Pencampuran dan pemanfaatan BBN dilakukan berdasarkan *mandatory* sesuai dengan Renstra Kementerian ESDM untuk semua sektor, termasuk sektor transportasi. Pemerintah sebagai sektor hulu bertugas memantau dan menetapkan kebijakan pembukaan lahan, memberikan penyuluhan kepada masyarakat mengenai pola penanaman serta cara pengolahan biodiesel.



**Gambar 1. Penanganan Biodiesel**

*Decision maker* sistem yang diamati adalah pemerintah yang diwakili oleh Kementerian Energi Sumber Daya Mineral dan Kementerian Pertanian Republik Indonesia akan terlibat secara langsung dalam sistem yang diteliti. Kementerian ESDM bertindak sebagai pengatur kebijakan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar, seperti penentuan kapasitas produksi

dan pengaturan campuran antara BBN dan BBM. Sedangkan Kementerian Pertanian Republik Indonesia mengatur penggunaan dan pembukaan lahan sebagai lahan tanam bahan baku yang dikembangkan. Ukuran performansi yang ingin dicapai pada sistem ini adalah persentase total biodiesel yang dihasilkan kemiri sunan sebagai *supply* bahan baku biodiesel dan harga biodiesel yang dipengaruhi oleh kapasitas pabrik yang didirikan.

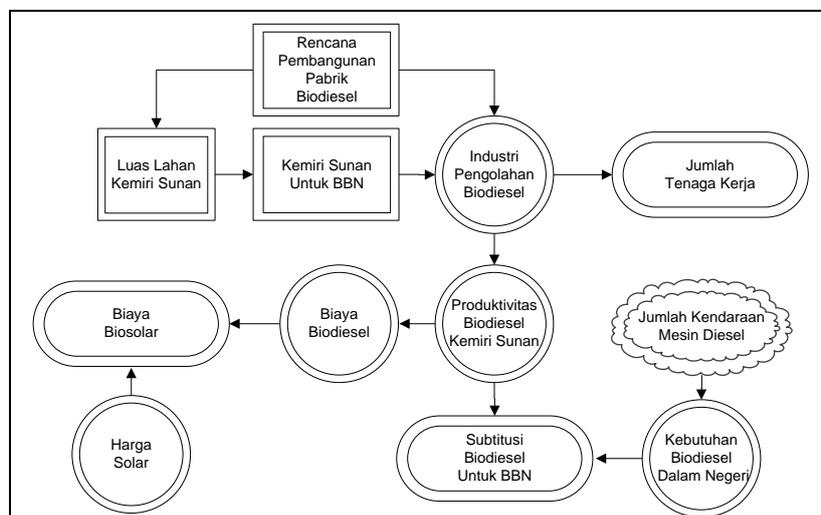
Alternatif kebijakan yang dipertimbangkan sesuai dengan peraturan pemerintah adalah faktor yang bersifat dapat dikendalikan (*controllable*). Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini adalah beberapa kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah, yaitu lahan tanam kemiri sunan yang digunakan, jumlah industri pengolahan yang akan dibangun, dan *blending* minyak biodiesel yang digunakan. Faktor yang mempengaruhi sistem lainnya merupakan input yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable*), seperti faktor lahan, jumlah penduduk, dan produktifitas panen.

#### 4.5 Perancangan Model

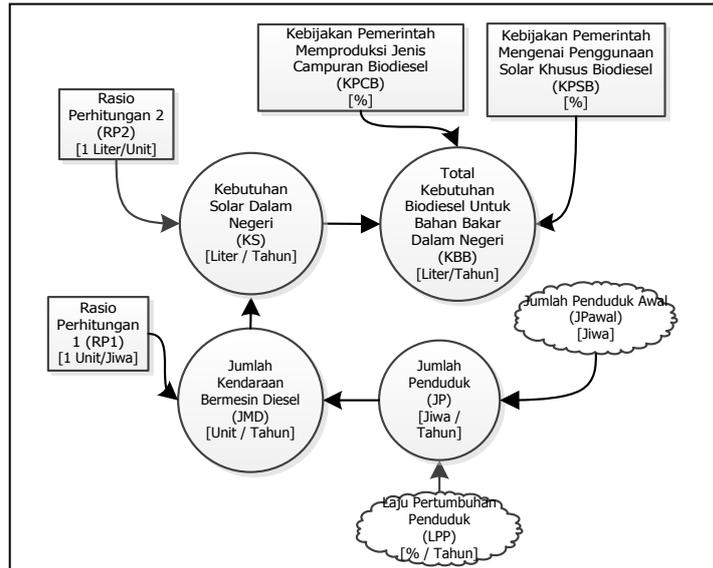
Identifikasi aspek-aspek sistem digunakan untuk mengetahui aspek yang mempengaruhi sistem sebelum dilakukan penyusunan model konseptual. Atribut-atribut dari setiap aspek sistem dan mengelompokkan atribut tersebut ke dalam *input*, *output*, maupun komponen sistem.

Perancangan model menggambarkan hubungan antara aspek sistem (*input*, *output*, dan komponen sistem) yang dituangkan kedalam *influence diagram*. Model konseptual yang terbentuk dapat diformulasikan ke dalam bentuk model matematis. Perancangan model matematika dibagi menjadi dua bagian, yaitu model sistem secara statis dan model sistem secara dinamis. Model secara statis menjelaskan satu tahapan perkembangan dalam satu tahun, sedangkan model secara dinamis menjelaskan beberapa tahapan perkembangan dalam rentang waktu yang telah ditentukan.

Identifikasi aspek sistem terdiri atas beberapa bagian komponen utama, yaitu, kebutuhan biodiesel, lahan kemiri sunan yang digunakan, produksi biodiesel, penentuan biaya berdasarkan skala ekonomi. Berdasarkan empat komponen utama tersebut, menghasilkan beberapa *output* diantaranya adalah jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, substitusi biodiesel untuk BBN, dan total biaya biosolar. Rancangan model secara keseluruhan, contoh *influence diagram* untuk kebutuhan biodiesel, dan contoh *influence diagram* substitusi biodiesel untuk BBN dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Rancangan Model Keseluruhan



Gambar 3. Contoh *Influence Diagram* Kebutuhan Biodiesel

Berdasarkan contoh *influence diagram* kebutuhan biodiesel dilakukan penurunan rumus matematik. Contoh penurunan rumus adalah sebagai berikut:

Rumus Total Kebutuhan Biodiesel Untuk Bahan Bakar dalam Negeri (KBB):

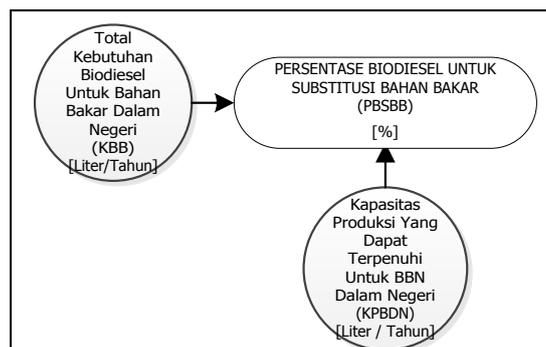
$$JP = (JPawal \times LPP) + JPawal \quad (1)$$

$$JMD = 0,1451 \times (JP) - 27,591 \text{ (Hasil Rumus Persamaan Regresi antara JP dan JMD)} \quad (2)$$

$$KS = 151,75 \times (JMD) + 26403 \text{ (Hasil Rumus Persamaan Regresi antara JMD dan KS)} \quad (3)$$

$$KBB = (KS \times KPSB) \times KPCB \quad (4)$$

$$KBE = (KBB \div PKBB) \times PKBE \quad (5)$$



Gambar 4. Contoh *Influence Diagram* Substitusi Biodiesel Untuk BBN

Berdasarkan contoh *influence diagram* substitusi biodiesel untuk BBN dilakukan penurunan rumus matematik. Contoh penurunan rumus adalah sebagai berikut:

$$PBSBB = (KPBDN \div KBB) \times 100\% \quad (6)$$

Keseluruhan *influence diagram* yang dihasilkan dapat dilihat di Lathifan (2014).

Model sistem secara dinamis disajikan dalam bentuk *spreadsheet* sehingga memudahkan untuk melihat perkembangan aspek-aspek sistem dari tahun ke tahun. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bentuk *spreadsheet* sebagai perancangan model yang mengakomodasi perubahan waktu sehingga model dapat digunakan sebagai alat analisis dalam jangka waktu yang panjang. Model secara dinamis yang dimaksud bukan merupakan

metode *system dynamics*, melainkan menurunkan rumus-rumus matematik yang telah dihasilkan di dalam *spreadsheet* dengan menambahkan unsur waktu dari tahun ke tahun.

Tahun	Jumlah Penduduk Awal	Laju Pertumbuhan Penduduk	Kebijakan Pemerintah Mengenai Penggunaan Solar Khusus Biodiesel	Kebijakan Pemerintah Memproduksi Jenis Campuran Biodiesel	Proporsi Penjualan Biodiesel Untuk Dalam Negeri	Bi
Satuan	Jiwa	% / Tahun	%	%	%	
2013	247.954.008	1,4261%	70%	10%	30%	
2014		1,4261%	70%	10%	30%	
2015		1,4261%	70%	10%	30%	
2016		1,4261%	70%	20%	30%	
2017		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2018		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2019		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2020		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2021		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2022		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2023		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2024		1,4261%	70%	20%	30%	70%
2025		1,4261%	70%	20%	30%	70%

Gambar 5. Contoh Tampilan *Spreadsheet Input*

Tahun	Jumlah Penduduk	Jumlah Kendaraan Bermesin Diesel	Kebutuhan Solar Dalam Negeri	Total Kebutuhan Biodiesel untuk Bahan Bakar Dalam Negeri (30%)	Total Kebutuhan Biodiesel untuk Bahan Bakar Yang Di Ekspor (70%)	Pes
	(Jiwa / Tahun)	(Unit / Tahun)	(Liter / Tahun)	(Liter / Tahun)	(Liter / Tahun)	(Lit
2013	247.954.008	8.387.127	27.675.746.453	1.937.302.252	4.520.371.921	
2014	251.490.080	8.900.211	27.753.606.959	1.942.752.487	4.533.089.137	
2015	255.076.580	9.420.612	27.832.577.834	1.948.280.448	4.545.987.713	
2016	258.714.227	9.948.434	27.912.674.913	3.907.774.488	9.118.140.472	36
2017	262.403.751	10.483.784	27.993.914.256	3.919.147.996	9.144.678.657	30
2018	266.145.891	11.026.769	28.076.312.154	3.930.683.702	9.171.595.304	92
2019	269.941.397	11.577.497	28.159.885.128	3.942.383.918	9.198.895.808	920.9
2020	273.791.031	12.136.079	28.244.649.936	3.954.250.991	9.226.585.646	2.762.79
2021	277.695.565	12.702.627	28.330.623.575	3.966.287.301	9.254.670.368	2.762.79
2022	281.655.782	13.277.254	28.417.823.284	3.978.495.260	9.283.155.606	4.144.186
2023	285.672.475	13.860.076	28.506.266.549	3.990.877.317	9.312.047.073	4.144.186
2024	289.746.450	14.451.210	28.595.971.102	4.003.435.954	9.341.350.560	5.525.581.5
2025	293.878.524	15.050.774	28.686.954.932	4.016.173.691	9.371.071.945	5.525.581.5

Gambar 6. Contoh Tampilan *Spreadsheet Perhitungan*

## 5. PENGGUNAAN MODEL DAN ANALISIS

### 5.1 Pengembangan Alternatif Kebijakan

Pada tahap ini akan dikembangkan beberapa alternatif kebijakan. Pengembangan alternatif kebijakan adalah mengubah nilai *input* yang dapat dikendalikan (*controllable*) agar sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pemerintah dalam hal ini mempunyai kewenangan dalam pemberian kebijakan-kebijakan yang ada.

Beberapa input *controllable* yang terdapat pada sistem, yaitu penggunaan solar khusus biodiesel, produksi jenis campuran biodiesel, pemanfaatan lahan kemiri sunan sebagai BBN, pembukaan lahan hutan produksi dan lahan kritis, faktor alih fungsi lahan untuk penggunaan lain, proporsi *supply biodiesel* untuk industri pengolahan, pembangunan pabrik biodiesel, kapasitas perusahaan biodiesel, target jumlah industri biodiesel yang dibangun, pajak pengolahan, dan mandat campuran biodiesel.

Alternatif pengembangan yang dilakukan agar sistem berjalan sesuai dengan target yang ingin dicapai. Alternatif 0 merupakan kebijakan bahwa pemerintah tidak melakukan perubahan dari apa yang sudah berlangsung saat ini. Alternatif 1 merupakan kebijakan bahwa pemerintah tidak melakukan perluasan lahan untuk tanaman kemiri sunan berbasis BBN dan hanya memanfaatkan lahan yang ada saat ini. Alternatif 2 merupakan kebijakan mengikuti *road map* biodiesel, *milestone* biodiesel yang terdapat pada *Blue Print* Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, dan kebijakan-kebijakan yang dibuat pemerintah khusus kemiri sunan. Alternatif 3 merupakan kebijakan maksimum yang dapat dilakukan pemerintah untuk memenuhi semua kebutuhan bahan bakar nabati. Pengembangan alternatif kebijakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Pengembangan Alternatif Kebijakan**

Perubahan Input Sistem	Alternatif Kebijakan			
	Alternatif Kebijakan 0	Alternatif Kebijakan 1	Alternatif Kebijakan 2	Alternatif Kebijakan 3
1. Laju pembukaan lahan hutan produksi	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	1,49%
2. Laju pembukaan lahan kritis	<b>0%</b>	<b>0%</b>	45,83%	45,83%
3. Kebijakan penggunaan lahan kemiri sunan untuk BBN	<b>0%</b>	100%	100%	100%
4. Kebijakan pemerintah membangun pabrik biodiesel	<b>0 Unit</b>	Setting awal mulai tahun 2015 sebanyak 2 unit untuk pabrik skala kecil dan 2 unit pabrik skala besar	Setting awal mulai dari 2016 sebanyak 8 unit pabrik skala kecil dan pabrik skala besar sebanyak 7 unit skala besar	Setting awal mulai dari 2016 sebanyak 10 unit pabrik skala kecil dan pabrik skala besar sebanyak 7 unit skala besar
5. Proporsi Kebutuhan Biodiesel Untuk Dalam Negeri	30%	30%	30%	30%
6. Proporsi Kebutuhan Biodiesel Untuk Export	70%	70%	70%	70%
7. Proporsi pembagian lahan kemiri sunan untuk industri skala kecil dan skala besar	<b>0%</b>	30% skala kecil dan 70% skala besar	30% skala kecil dan 70% skala besar	30% skala kecil dan 70% skala besar
8. Penggunaan Campuran Solar dan Biodiesel kemiri sunan	<b>0%</b>	B-10 pada tahun 2014-2015 dan meningkat menjadi B-20 pada tahun 2016-2025.	B-10 pada tahun 2014-2015 dan meningkat menjadi B-20 pada tahun 2016-2025.	B-10 pada tahun 2014-2015 dan meningkat menjadi B-20 pada tahun 2016-2020 dan B-25 pada tahun 2021-2025
9. Laju kebijakan pemerintah menambah pabrik biodiesel Skala Kecil	<b>0%</b>	Penambahan 1 unit setiap 4 tahun sekali	200% dengan jumlah penambahan setiap 2 tahun sekali dan setelah tahun 2020 menurun menjadi 100% dan penambahan terus stabil	200% dengan jumlah penambahan setiap 2 tahun sekali dan setelah tahun 2020 menurun menjadi 100% dan penambahan terus stabil
10. Laju kebijakan pemerintah menambah pabrik biodiesel Skala Besar	<b>0%</b>	Penambahan 1 unit setiap 5 tahun sekali	100% dengan jumlah penambahan setiap 2 tahun sekali dan setelah tahun 2020 menurun menjadi 50% dan penambahan terus stabil	100% dengan jumlah penambahan setiap 2 tahun sekali dan setelah tahun 2020 menurun menjadi 50% dan penambahan terus stabil
11. Kebijakan Pemerintah Pembukaan Lahan Hutan Produksi Untuk Kemiri Sunan	<b>Tidak Ada Pembukaan Lahan</b>	<b>Tidak Ada Pembukaan Lahan</b>	<b>Tidak Ada Pembukaan Lahan</b>	Ada Pembukaan Lahan
12. Kebijakan Pemerintah Pembukaan Lahan Kritis Untuk Kemiri Sunan	<b>Tidak Ada Pembukaan Lahan</b>	Tidak Ada Pembukaan Lahan	Ada Pembukaan Lahan	Ada Pembukaan Lahan

\*) Keterangan: Tulisan bercetak tebal menunjukkan pemerintah tidak melakukan kebijakan yang ada.

### 5.3 Pengembangan Alternatif Skenario

Pengembangan alternatif skenario sendiri mengakomodasi beberapa kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi pada sistem. Hal ini terkait pada *input* pada sistem yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable*) atau tidak diketahui. Pengembangan alternatif skenario dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Pengembangan Alternatif Skenario**

No.	Input Sistem	Pengembangan Skenario		
		Optimis	Moderat	Pesimistis
1.	Laju pertumbuhan penduduk	Laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2013-2014 sebesar 1,4261% dan meningkat setiap tahunnya. Mengalami penurunan pada tahun 2015-2019 menjadi 1,1% dan mengalami penurunan menjadi 0,9% pada tahun 2020-2025.	Laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2013-2014 sebesar 1,4261% dan meningkat setiap tahunnya. Mengalami penurunan pada tahun 2015-2025 menjadi 1,1%.	Laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2013-2025 sebesar 1,4261%
2.	Rasio alih fungsi lahan tanaman kemiri sunan	Pengurangan lahan kemiri sunan sekitar 0% setiap tahunnya.	Pengurangan lahan kemiri sunan sekitar 0,1% setiap tahunnya.	Pengurangan lahan kemiri sunan sekitar 0,3% setiap tahunnya.
3.	Target industri biodiesel yang di yang terealisasi untuk di bangun	100% dari target yang ingin di capai di mulai tahun 2016.	80% dari target yang ingin dicapai di mulai tahun 2016.	70% dari target yang ingin dicapai di mulai tahun 2016.

#### 5.4 Pencarian Solusi

Pencarian solusi model matematis yang ditampilkan dengan menggunakan *spreadsheet*. Pengukuran dilakukan pada tahun 2014 sampai dengan 2025 sesuai dengan *road map* yang dilakukan pemerintah mengenai pengembangan bahan bakar nabati dengan titik nol di tahun 2013. Dalam pencarian solusi dibagi menjadi 12 solusi dengan menggunakan matriks solusi antara kebijakan dengan skenario. Matriks pencarian solusi dapat dilihat pada Tabel 4.

Setiap matriks antara alternatif kebijakan dan skenario yang dibuat memberikan hasil solusi yang berbeda. Pembukaan lahan kemiri sunan dimulai dari tahun 2013, sedangkan pencarian solusi substitusi kebutuhan bahan bakar alternatif dari kemiri sunan di mulai tahun 2016. Rekapitulasi hasil dari matriks tersebut merupakan besarnya persentase substitusi biodiesel yang didapat pada tahun 2025. Hasil pencarian solusi dapat di lihat pada Tabel 4

**Tabel 4. Pencarian Solusi**

Alternatif Kebijakan		Persentase Substitusi Biodiesel Terhadap Target		
Kode Alternatif	Deskripsi	Skenario Pesimistik	Skenario Moderat	Skenario Optimistik
Alternatif 0	Pemerintah tidak melakukan apa-apa untuk mendukung kemajuan sistem pengembangan alternatif bahan bakar nabati.	0,00%	0,00%	0,00%
Alternatif 1	Pemerintah tidak melakukan pengembangan lahan untuk mendukung kemajuan sistem pengembangan alternatif bahan bakar nabati dengan hanya memanfaatkan lahan yang sudah ada saat ini.	2,01%	2,31%	2,90%
Alternatif 2	* Pemerintah memfokuskan kemiri sunan untuk di tanam di lahan kritis dengan laju perluasan lahan sebesar 45,83%. * Jumlah pembangunan industri biodiesel skala kecil sebanyak 8 dan skala besar sebanyak 7 unit di bangun mulai tahun 2016 * Pembangunan pabrik biodiesel untuk kemiri sunan di lakukan setiap dua tahun sekali.	46,15%	53,93%	67,59%
Alternatif 3	* Pemerintah menetapkan laju perluasan lahan kemiri sunan untuk di tanam di lahan kritis sebesar 45,83% dan untuk lahan hutan produksi sebesar 1,49%. * Jumlah pembangunan industri biodiesel skala kecil sebanyak 10 dan skala besar sebanyak 7 unit di bangun mulai tahun 2016 * Pembangunan pabrik biodiesel untuk kemiri sunan di lakukan setiap dua tahun sekali.	46,82%	54,70%	68,55%

Berdasarkan hasil *output* model tersebut, seperti yang terlihat pada Tabel 4, ternyata hasil maksimum yang dapat dilakukan pemerintah adalah dengan mengkombinasikan antara alternatif kebijakan 3 dan alternatif skenario optimistik dengan total persentase substitusi sebesar 46,82%.

#### 5.6 Pengaruh *Economies Of Scale* Terhadap Harga Biodiesel Kemiri Sunan

Perhitungan *economies of scale* pada harga jual biosolar dapat di lihat pada Tabel 5

**Tabel 5. Perhitungan *economies of scale* pada Biaya jual biosolar**

Deskripsi	Kapasitas		
	60.000 Ton/Tahun	30.000 Ton/Tahun	3.000 Ton/Tahun
	6000 Ha	3000 Ha	300 Ha
<b>Biaya Variabel (<i>Variabel Cost</i>)</b>	190.042.080.000	97.661.040.000	2.081.364.960
<b>Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>)</b>	71.907.810.573	48.074.901.320	23.858.150.660
Total Biaya Produksi (Ton / Tahun)	261.949.890.573	145.735.941.320	25.939.515.620
Total Biaya Produksi (Liter)	4.366	4.858	8.647
Total Harga Jual + Pajak 10% (Liter)	4.802	5.344	9.511
Harga Solar Bersubsidi (Liter)	5.500	5.500	5.500
Biaya Biosolar (Liter)	B-5	5.465	5.492
	B-10	5.430	5.484
	B-20	5.360	5.469
	B-25	5.326	5.461

*\*) Belum memasukan unsur biaya keuntungan dari penjualan biosolar*

Berdasarkan hasil *output* model tersebut, seperti yang terlihat pada Tabel 5, untuk menurunkan biaya produksi biodiesel dapat menambah kapasitas pabrik. Semakin besar kapasitas yang dikembangkan maka berpengaruh terhadap *variabel cost* dan *fixed cost* dari biaya produksi perusahaan.

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan tentang pemodelan matematis untuk analisis kebijakan pengembangan industri BBN biodiesel dari kemiri sunan, maka diambil kesimpulan:

1. Dengan menggunakan pemodelan matematis sebagai alat bantu untuk menganalisis kebijakan yang dapat diterapkan oleh pemerintah, maka dihasilkan dua belas solusi dengan setiap kondisi yang berbeda. Solusi maksimum dari substitusi untuk BBN adalah sebesar 68,55%. Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah harus mempersiapkan alternatif bahan baku lain untuk dapat memenuhi kebutuhan BBN.
2. Usulan alternatif kebijakan menggunakan pemodelan yang dapat dilakukan pemerintah diantaranya dengan kebijakan pengkhususan lahan kemiri sunan untuk BBN, pembukaan lahan baru kemiri sunan pada lahan kritis dan lahan hutan produksi, dan pembangunan pabrik biodiesel skala kecil dan skala besar secara terkendali.
3. Kapasitas perusahaan pengolahan minyak biodiesel mempengaruhi harga jual minyak biodiesel kemiri sunan. Penambahan kapasitas berpengaruh terhadap harga produksi biodiesel, semakin besar kapasitas yang dikembangkan maka berpengaruh terhadap *variabel cost* dan *fixed cost* dari biaya produksi perusahaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, khususnya Bapak Hudha Wijayanto, ST., MT. yang sudah banyak membantu dalam memberikan data dan informasi dalam diskusi penelitian ini.

## REFERENSI

Daellenbach, H. G., 1994, *System and Decision Making: Management Science Approach*. England, 27.

ESDM (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral), 2005, "Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Pola Pikir Pengelolaan Energi Nasional". [www.esdm.go.id/publikasi-lainlain/doc/download/714-blue-print-pengelolaan-energi-nasional](http://www.esdm.go.id/publikasi-lainlain/doc/download/714-blue-print-pengelolaan-energi-nasional) February 20, 2014.

ESDM (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral), 2013, *Informasi Teknis Biodiesel*.

Lathifan, L., 2013, *Pemodelan Matematis Untuk Analisis Kebijakan Pengembangan Industri Bahan Bakar Nabati Biodiesel dari Kemiri Sunan*.

Nurdiansyah, Y., Nugraha, C., Rispianda, 2013, *Model Dinamika Sistem Untuk Analisis Kebijakan Pengembangan Biodiesel Jatropha Curcas di Indonesia*. Vol.1, 4-10.

Pearson, J, N. and Wisner, J, D. 1993. *Using Volume And Learning Economies Of Scale To Benefit Long-Term Productivity*. Industrial Management.

Putro, H. H., Nugraha, C., Rukmi, H. S, 2013, *Analisis Kebijakan Pengembangan Industri Bahan Bakar Nabati Bioetanol dari Alga dengan Menggunakan Pemodelan Matematika*. Vol.1, 2-10.

Romadhoni, D., Nugraha, C., Rukmi, H. S., 2013, *Analisis Kebijakan Pengembangan Industri Bahan Bakar Nabati Bioetanol dari Ubi Kayu dengan Menggunakan Pemodelan Matematika*. Vol.1, 2-10.

Timnas BBN (Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati), 2007, *Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran*. Jakarta.

Vossen, H.A.M., dan Umali, B.E., 2002, *Plant resources of South-East Asia No 14. Prosea Foundation*. Bogor, Indonesia.