

# STRATEGI PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN: STUDI PADA BIODIESEL, BIOETHANOL, BIOMASSA, DAN BIOGAS DI INDONESIA

Eduardo Heyko  
Jurusan Manajemen  
Fakultas Ekonomi dan Bisnis  
Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Rotan Pulut No. 2, Samarinda 65123, Indonesia  
Email: edho\_cemplux@yahoo.co.id; edho.cemplux@gmail.com

## Abstrak

Keamanan energi di Indonesia berada di ambang batas dan akan menghadapi krisis energi dalam waktu dekat. Salah satu upaya untuk meningkatkan keamanan energi nasional jangka panjang adalah melalui pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil yang tidak terbarukan, khususnya minyak dan gas bumi, dengan mensubstitusinya ke sumber energi baru dan terbarukan (EBT), khususnya bahan bakar nabati (biodiesel, bioethanol, biomassa, dan biogas). Latar belakang penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bauran energi nasional tahun 2050 setelah mengoptimalkan energi terbarukan (biodiesel, bioethanol, biomassa, dan biogas) dengan menerapkan strategi pengembangan yang tepat. Penelitian ini didasarkan pada pengolahan data sekunder yang diambil pada rentang waktu tahun 2000-2010 yang diperoleh dari lembaga resmi, baik nasional maupun internasional. Analisis strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan menggunakan analisis lingkungan internal dan eksternal, yaitu matriks IFE dan EFE serta matriks SWOT. Sedangkan, analisis proyeksi kebutuhan energi hingga tahun 2050 dilakukan dengan menggunakan peramalan deret waktu berdasarkan metode *trend analysis plot*, *smoothing plot*, dan *decomposition plot*. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan peramalan adalah Minitab Versi 15 (2007). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2050 diprediksikan mencapai 359,37 juta jiwa. Konsumsi energi pada tahun 2050 mencapai 3.289,44 juta SBM. Jika kebutuhan bahan bakar fosil pada tahun 2050 digantikan oleh biodiesel sebanyak 15%, bioethanol 15%, biomassa 100% dari potensinya, dan biogas 100% dari potensinya, maka energi fosil yang dapat dihemat mencapai 982,29 juta SBM/tahun. Kenaikan kebutuhan energi sebesar tiga kali lipat pada tahun 2050 ini jika dipenuhi dengan cara pengembangan *biofuel* memerlukan lahan perkebunan seluas 5,49-6,52 juta hektar untuk memproduksi bahan biodiesel dan 4,34-7,56 juta hektar untuk memproduksi bahan bioethanol. Dari sektor perkebunan ini akan diciptakan lapangan pekerjaan bagi 10,98-13,04 juta orang untuk perkebunan sawit dan jarak pagar dan 4,34-15,12 juta orang untuk perkebunan singkong dan tebu. Sementara itu, di sektor industri energi diperlukan sekitar 54.511-54.346 unit pabrik penghasil biodiesel dengan jumlah tenaga kerja 543.460-545.110 orang dan 60.556-60.727 unit pabrik penghasil bioethanol dengan jumlah tenaga kerja 605.560-607.270 orang. Sedangkan, pemanfaatan biogas sebagai pengganti minyak tanah rumah tangga dapat membantu 10,40 juta rumah tangga miskin. Biaya pokok produksi biodiesel dari kelapa sawit sebesar Rp 6.281/liter dan dari jarak pagar sebesar Rp 6.966/liter masih tidak menguntungkan jika diproduksi untuk menggantikan minyak diesel bersubsidi yang harganya Rp 5.500/liter. Sementara itu, biaya pokok produksi bioethanol dari tebu sebesar Rp 6.214/liter sudah layak menggantikan premium bersubsidi yang harganya Rp 6.500/liter dengan margin keuntungan sebesar 4,6%. Sedangkan, harga pokok produksi bioethanol dari singkong sebesar Rp 6.963/liter masih belum layak menggantikan premium bersubsidi. Walaupun demikian, semua *biofuel* tersebut sudah sangat layak untuk menggantikan minyak fosil yang tidak disubsidi dengan harga Rp 9.800/liter. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa program substitusi sebagian kebutuhan minyak bumi dengan *biofuel* dan memanfaatkan sebesar-besarnya potensi biomassa dan biogas dapat menghemat energi fosil, menciptakan lapangan kerja baru, serta membantu mengentaskan kemiskinan.

**Kata Kunci:** Bioenergi, Energi Terbarukan, Strategi Pengembangan

## **Abstract**

*Safety of energy in Indonesia at the door of boundary and will face crisis of energy during near by. One of the effort to increase national long range safety of energy is through reduction depended to fossil energy which not newly, specially gas and oil, with substitute it to new and newly source of energy, specially vegetation fuel (biodiesel, bioethanol, biomassa, and biogas). This research have purpose to know national hotchpotch of energy in 2050 after optimize new energy (biodiesel, bioethanol, biomassa, and biogas) by applying correct development strategy. This research based on processing of secondary data which taken at span of year 2000-2010 which obtained from national and international formal institute. Analysis of new energy development strategy done by using internal and external environment analysis, that is IFE and EFE matrix and also SWOT matrix. While, analysis of necessity of energy 'till year 2050 projection done by using time series forecasting pursuant to trend analysis, smoothing, and decomposition method. Software used to forecast is Minitab Version 15 (2007). Result of research indicate that the amount of resident of Indonesia in 2050 estimated 359,37 million head. Energy consumption in 2050 reach 3.289,44 million BOE. If necessity of fossil fuel in 2050 replaced by biodiesel as much as 15%, bioethanol 15%, biomassa 100% from its potency, and biogas 100% from its potency, so fossil energy be able to economized reach 982,29 million BOE/year. This increase of necessity of energy in the amount of treble in 2050 if chockablock the way of development of biofuel need plantation farm for the width of 5,49-6,52 million hectare to produce raw materials of biodiesel and 4,34-7,56 million hectare to produce raw materials of bioethanol. From this plantation sector will be created work field to 10,98-13,04 million people for the plantation of elais and castor and 4,34-15,12 million people for the plantation of sugar cane and cassava. Meanwhile, in industrial sector of energy needed about 54.511-54.346 factory unit producer of biodiesel with amount of labour 543.460-545.110 people and 60.556-60.727 factory unit producer of bioethanol with amount of labour 605.560-607.270 people. While, utilization of biogas in the place of household kerosene can help 10,40 million impecunious household. Biodiesel prime cost produce of elais in the amount of Rp 6.281/litre and from castor in the amount of Rp 6.966/litre still not profitable if produced to replace diesel fuel subsidized which its price Rp 5.500/litre. Meanwhile, bioethanol prime cost produce of sugar cane in the amount of Rp 6.214/litre have proper to replace gasoline subsidized which its price Rp 6.500/litre with profit margin in the amount of 4,6%. While, bioethanol prime cost produce of cassava in the amount of Rp 6.963/litre still not yet proper to replace gasoline subsidized. Even though, all of this biofuel have very proper to replace fossil oil which not subsidized at the price of Rp 9.800/litre. Thereby, can be said that substitute program some of necessity of petroleum with biofuel and utilization potency of biomassa and biogas can economize fossil energy, creating new work field, and also help substract poverty.*

**Keywords:** *Bioenergy, New Energy, Development Strategy*

## **Pendahuluan**

Keamanan energi di Indonesia berada di ambang batas dan akan menghadapi krisis energi dalam waktu dekat. Salah satu upaya untuk meningkatkan keamanan energi nasional jangka panjang adalah melalui pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil yang tidak terbarukan, khususnya minyak dan gas bumi, dengan mensubstitusinya ke sumber energi baru dan terbarukan (EBT), khususnya bahan bakar nabati (biodiesel, bioethanol, biomassa, dan biogas). Oleh karena itu, diperlukan paradigma baru dalam pengelolaan energi dengan mengedepankan diversifikasi, intensifikasi, konservasi, dan budaya hemat energi. Sebagai dasar untuk mensubstitusi penggunaan energi ke sumber energi yang baru, dapat dilihat bahwa cadangan terbukti minyak bumi nasional pada tahun 2010 hanya sekitar 7,99 miliar barel dan dengan tingkat produksi minyak sekitar 346 juta barel per tahun, maka cadangan tersebut akan habis dalam waktu 23 tahun. Sedangkan, cadangan terbukti gas bumi hanya sekitar 159,64 TSCF (*Trillion Standard Cubic Feet*) dengan tingkat produksi pada tahun 2010 sebesar 2,9 TSCF, maka cadangan tersebut akan habis dalam waktu 55 tahun. Hal ini berbanding terbalik dengan penggunaan bahan bakar nabati, dimana potensi lahan perkebunan yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman sumber bahan bakar nabati mencapai 83,06 juta hektar dan baru dimanfaatkan sekitar tujuh juta hektar. Selama kurun waktu 40 tahun ke depan (2010-2050), kebutuhan energi nasional diprediksikan meningkat sebesar

3,21% per tahun dari 1.082,33 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2010 menjadi 3.289,44 juta SBM pada tahun 2050. Agar kebutuhan energi yang selalu meningkat tersebut dapat terpenuhi, sementara cadangan energi berbahan fosil dipastikan menurun, maka dibutuhkan adanya strategi substitusi ke sumber energi baru dan terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia. Oleh karena itu, peningkatan investasi di bidang energi baru dan terbarukan sangat diperlukan sesegera mungkin agar tidak ketinggalan langkah dalam mengantisipasi krisis energi berbahan fosil.

Biomassa padat adalah limbah yang dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar yang memanaskan air untuk menggerakkan turbin listrik. Biomassa padat dapat berupa limbah kayu, *bagasse* (ampas batang tebu), sekam (kulit padi), bonggol jagung, pupuk kandang, dan limbah rumah tangga. Sedangkan, biogas adalah hasil dekomposisi bahan-bahan organik dalam bentuk gas yang berupa gas *methane* dan karbondioksida. *Biomass liquefaction* adalah proses perubahan biomassa menjadi bahan energi cair melalui proses konversi secara *biokimia* untuk menghasilkan bioethanol (alkohol) dan proses konversi secara *thermo-kimia* untuk menghasilkan biodiesel. Konversi secara *biokimia* biasanya menggunakan bahan nabati yang banyak mengandung karbohidrat, seperti pati, kentang, gula, dan lain sebagainya. Sedangkan, konversi secara *thermo-kimia* menggunakan bahan nabati yang mengandung minyak-lemak, baik yang bersifat alami pangan, seperti sawit, kelapa, kacang tanah, dan kemiri, maupun yang non-pangan, seperti jarak pagar, randu, dan nyamplung (IPB, 2008).

*International Energy Agency* (IEA) mendefinisikan keamanan energi sebagai ketersediaan pasokan energi dalam kuantitas yang cukup, harga terjangkau, berkelanjutan, serta aman dalam memperoleh sumberdaya energi. Diversifikasi merupakan upaya penganekaragaman penggunaan energi melalui pengurangan penggunaan sumber energi minyak bumi dan mensubstitusinya dengan sumber energi lainnya termasuk energi baru-terbarukan. Intensifikasi adalah meningkatkan dan mengembangkan eksplorasi sumber energi yang tersedia. Konversi didefinisikan sebagai upaya mensubstitusi suatu produk ke produk lain yang sejenis tetapi dengan kelebihan-kelebihan tertentu. Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumberdaya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Strategi adalah suatu rangkaian rencana-rencana yang disusun untuk pencapaian obyektif dengan melihat potensi-potensi yang sesuai dengan visi misi. Terdapat tiga konsep dasar dalam strategi, yaitu formulasi, implementasi, dan evaluasi. Sedangkan, peramalan (*forecasting*) adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Peramalan dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model matematis. Peramalan juga dapat berupa prediksi intuisi yang bersifat subyektif maupun kombinasi dari keduanya.

Sasaran yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah memproyeksikan pertumbuhan penduduk pada tahun 2050 berdasarkan data historis dari tahun 2000-2010, memproyeksikan produksi energi menurut jenis energi pada tahun 2050 berdasarkan data historis dari tahun 2000-2010 dengan asumsi pertumbuhan produksi energi mengikuti kecenderungan alaminya, memproyeksikan konsumsi energi menurut jenis energi dan menurut sektor pengguna energi pada tahun 2050 berdasarkan data historis dari tahun 2000-2010 dengan asumsi pertumbuhan konsumsi energi mengikuti kecenderungan alaminya, mensubstitusi minyak solar dengan biodiesel (dari kelapa sawit atau jarak pagar) sebesar 15% dari kebutuhan minyak nasional tahun 2050, mensubstitusi minyak bensin dengan bioethanol (dari singkong atau tebu) sebesar 15% dari kebutuhan minyak nasional tahun 2050, memetakan penggunaan limbah biomassa padat sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan pemanfaatan sebesar 100% dari potensinya pada tahun 2050, mengoptimalkan limbah rumah tangga dan limbah peternakan menjadi biogas sebagai pengganti energi rumah tangga sebesar 100% dari potensi produksi biogas asal limbah tersebut pada tahun 2050, memetakan potensi penghematan energi dari sektor industri, transportasi, komersial, rumah tangga, dan sektor lain-lain, memproyeksikan sediaan bauran energi nasional pada tahun 2050 sebelum dan setelah mempertimbangkan pemanfaatan sumber energi berbahan nabati (*biofuel*, biomassa, dan biogas) dan penghematan energi.

### **Metode Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian pengkajian (*exploratory*), yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengkaji suatu data dengan tujuan untuk menghasilkan suatu penemuan yang berkaitan dengan data yang dikaji. Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa

luas perkebunan dan jumlah produksi tanaman kelapa sawit, jarak pagar, singkong, dan tebu; populasi ternak; populasi penduduk dan jumlah rumah tangga; PDB nominal; total produksi dan konsumsi energi; serta intensitas dan elastisitas penggunaan energi tahun 2000-2010. Data kualitatif dalam penelitian ini berupa data lingkungan internal dan eksternal yang mempengaruhi dinamika energi baru-terbarukan, khususnya energi yang berbasis nabati (bio-energi). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara dokumentasi, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan mempelajari dokumen dan data-data yang berkaitan dengan keperluan penelitian.

Perumusan pilihan strategi pengembangan energi terbarukan berbasis nabati dilakukan dengan menggunakan rangkaian analisis SWOT. Proses tersebut dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pengumpulan data (*input stage*), analisis (*matching stage*), dan pengambilan keputusan (*decision stage*). Pada tahap pengumpulan data, dilakukan evaluasi faktor lingkungan internal dan eksternal dengan menggunakan matriks IFE dan EFE. Pada tahap analisis, dilakukan penempatan posisi strategi dengan menggunakan IFE & EFE Score, diagram analisis SWOT, dan matriks SWOT. Pada tahap pengambilan keputusan, dilakukan pembentukan program-program pengembangan berdasarkan hasil analisis SWOT. Analisis proyeksi kebutuhan energi hingga tahun 2050 dilakukan dengan menggunakan peramalan model deret waktu berdasarkan metode *trend analysis plot*, *smoothing plot*, dan *decomposition plot*. Pilihan peramalan pada model deret waktu didasarkan pada data historis bahwa kebutuhan energi selalu meningkat selaras dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan peramalan adalah Minitab Versi 15 (2007).

### Hasil Penelitian

Analisis SWOT dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pengumpulan data (*input stage*), analisis (*matching stage*), dan pengambilan keputusan (*decision stage*). Pada tahap pengumpulan data, dilakukan evaluasi faktor lingkungan internal dan eksternal dengan menggunakan matriks IFE dan EFE. Pada tahap analisis, dilakukan penempatan posisi strategi dengan menggunakan IFE & EFE Score, diagram analisis SWOT, dan matriks SWOT. Pada tahap pengambilan keputusan, dilakukan pembentukan program-program pengembangan berdasarkan hasil analisis SWOT.

#### Matriks IFE

Faktor Internal	Bobot	Peringkat	Skor
<b>Kekuatan</b>			
1. Komitmen perusahaan industri energi di Indonesia terhadap kebijakan tata kelola yang baik.	0,05	3	0,15
2. Sebagian besar teknologi biofuel dan biogas telah dikuasai.	0,11	3	0,33
3. Litbang terhadap bibit teknologi biofuel dan biogas terus dikembangkan.	0,07	3	0,21
4. Litbang terhadap bibit unggul tanaman bahan baku biofuel terus dikembangkan.	0,07	3	0,21
5. Industri biofuel dan biogas dapat dikembangkan dalam skala kecil hingga skala besar.	0,10	4	0,40
<b>Sub Total</b>	<b>0,40</b>		<b>1,30</b>
<b>Kelemahan</b>			
1. Adanya inefisiensi dalam pengelolaan industri migas.	0,08	4	0,32
2. Penyerapan sumberdaya manusia untuk industri energi skala kecil belum maksimal.	0,06	3	0,18
3. Teknologi untuk energi fosil masih bergantung pada teknologi dari negara maju.	0,11	4	0,44
4. Distribusi energi untuk daerah terpencil belum optimal.	0,05	3	0,15
5. Pelaksanaan swasembada energi daerah belum optimal.	0,05	3	0,15
6. Keterbatasan infrastruktur (jalang minyak dan jalur distribusi) energi di Indonesia.	0,10	4	0,40
7. Produk biofuel belum dikembangkan untuk industri petrokimia.	0,04	3	0,12
8. Subsidi pemerintah untuk migas fosil masih tinggi.	0,11	4	0,44
<b>Sub Total</b>	<b>0,60</b>		<b>2,20</b>
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>3,50</b>
<b>Selisih</b>			<b>0,90</b>

Sumber: Data primer diolah (2013)

#### Matriks EFE

Faktor Eksternal	Bobot	Peringkat	Skor
<b>Peluang</b>			
1. Pertumbuhan ekonomi Indonesia meningkat.	0,05	3	0,15
2. Pendapatan per kapita dan daya beli masyarakat meningkat.	0,05	3	0,15
3. Pertumbuhan penduduk meningkat.	0,02	3	0,06
4. Kebutuhan energi untuk transportasi meningkat.	0,05	4	0,20
5. Animo dan kesadaran masyarakat terhadap energi ramah lingkungan meningkat.	0,04	2	0,08
6. Potensi biofuel dan biogas sebagai sumber energi alternatif pengganti migas fosil.	0,09	4	0,36
7. Pangsa pasar biofuel dan biogas meningkat.	0,07	3	0,21
8. Kebijakan pemerintah yang mengamalkan penyediaan energi yang ramah lingkungan.	0,07	2	0,14
9. Potensi lahan dan jenis tanaman perkebunan untuk pengembangan biofuel masih banyak.	0,07	3	0,21
10. Potensi limbah rumah tangga dan peternakan untuk pengembangan biogas sangat banyak.	0,07	3	0,21
<b>Sub Total</b>	<b>0,58</b>		<b>1,77</b>
<b>Ancaman</b>			
1. Cadangan migas Indonesia semakin terbatas (di bawah 1% dari cadangan dunia).	0,09	4	0,36
2. Ketergantungan sektor transportasi pada BBM masih tinggi.	0,04	4	0,16
3. Kepentingan negara-negara maju atas sumber energi fosil mempengaruhi stabilitas minyak bumi dalam negeri.	0,07	3	0,21
4. Sebesar 76% sumber energi fosil Indonesia dikuasai oleh perusahaan asing karena kurangnya keberpihakan negara.	0,07	3	0,21
5. Keamanan nasional yang tidak stabil akibat gejolak politik dan sosial.	0,02	3	0,06
6. Sebagian penduduk Indonesia yang tidak merata.	0,01	3	0,03
7. Pola hidup konsumtif dan budaya tidak hemat energi pada masyarakat.	0,07	3	0,21
8. Pembangunan yang tidak merata.	0,05	3	0,15
<b>Sub Total</b>	<b>0,42</b>		<b>1,39</b>
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>3,16</b>
<b>Selisih</b>			<b>0,38</b>

Sumber: Data primer diolah (2013)

### IFE & EFE Score

Nilai Internal	Nilai Eksternal	Strategi
$S > W (+)$	$O > T (+)$	Berkembang (Agresif)
$S < W (-)$	$O < T (-)$	Bertahan (Defensif)
$S > W (+)$	$O < T (-)$	Diversifikasi (Kompetitif)
$S < W (-)$ $1,30 < 2,20$	$O > T (+)$ $1,77 > 1,39$	Berbenah Diri (Konservatif)

Sumber: Data primer diolah (2013)

### Diagram Analisis SWOT



Sumber: Data primer diolah (2013)

### Matriks SWOT

Internal	Kelebihan (S)	Kelemahan (W)
<ol style="list-style-type: none"> <li>Komitmen penataan industri energi di Indonesia terhadap kebijaksanaan kelca yang baik.</li> <li>Sebagian besar teknologi biofuel dan biogas telah dikuasai.</li> <li>Litbang terhadap teknologi biofuel dan biogas terus dikembangkan.</li> <li>Litbang terhadap bibit unggul tanaman bahan baku biofuel terus dikembangkan.</li> <li>Industri biofuel dan biogas dapat dikembangkan dalam skala kecil hingga skala besar.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Adanya inefisiensi dalam pengelolaan industri migas.</li> <li>Penyerapan sumberdaya manusia untuk industri energi skala kecil belum maksimal.</li> <li>Teknologi untuk energi fosil masih bergantung pada teknologi dan negara maju.</li> <li>Tradisi untuk daerah terpencil belum optimal.</li> <li>Pelaksanaan swasembada energi daerah belum optimal.</li> <li>Keterbatasan infrastruktur energi di Indonesia.</li> <li>Produk biofuel belum dikembangkan untuk industri petrokimia.</li> <li>Subsidi pemerintah untuk migas fosil masih tinggi.</li> </ol>	
Eksternal	Peluang (O)	Strategi WO
<ol style="list-style-type: none"> <li>Pertumbuhan ekonomi Indonesia meningkat.</li> <li>Pendapatan per kapita dan daya beli masyarakat meningkat.</li> <li>Pertumbuhan penduduk meningkat.</li> <li>Kebutuhan energi untuk transportasi meningkat.</li> <li>Animo dan kesadaran masyarakat terhadap energi ramah lingkungan meningkat.</li> <li>Potensi biofuel dan biogas sebagai sumber energi alternatif pengganti migas fosil.</li> <li>Pangsa pasar biofuel dan biogas meningkat.</li> <li>Kebijakan pemerintah yang mengutamakan penyediaan energi yang ramah lingkungan.</li> <li>Potensi lahan dan jenis tanaman perkebunan untuk penanaman biofuel masih banyak.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mengembangkan produk energi alternatif (biofuel dan biogas) untuk transportasi, rumah tangga, dan industri.</li> <li>Pengembangan pemanfaatan kendaraan berbahan bakar energi alternatif (biofuel).</li> <li>Mengembangkan Desa Mandiri Energi.</li> <li>Restorasi harga migas fosil dengan meniadakan subsidi untuk migas fosil ke subsidi untuk biofuel dan biogas.</li> <li>Penerapan pajak RRM dan pajak karbon untuk peralatan yang masih menggunakan bahan bakar fosil.</li> <li>Meningkatkan kapasitas produksi energi dengan memanfaatkan teknologi pembuatan biofuel dan biogas yang telah dikuasai.</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Potensi limbah rumah tangga dan peternakan biogas sangat banyak.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Meningkatkan kapasitas produksi energi dengan membangun infrastruktur (dalam pemukiman dan jauh distribusi) minyak fosil.</li> <li>Mengembangkan teknologi petrokimia berbasis baku campuran biofuel.</li> <li>Meningkatkan litbang terhadap teknologi pembuatan biofuel dan biogas.</li> <li>Meningkatkan efisiensi melalui konservasi energi.</li> </ol>	
Ancaman (T)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cadangan migas Indonesia semakin terbatas (di bawah 1% dari cadangan dunia).</li> <li>Ketertarikan sektor transportasi pada BBM masih tinggi.</li> <li>Keperluan negara-negara maju atas sumber energi fosil mempengaruhi stabilitas minyak bumi dalam negeri.</li> <li>Sebanyak 75% sumber energi fosil Indonesia dikuasai oleh perusahaan asing karena kurangya keberpihakan negara.</li> <li>Kemampuan sosial yang tidak stabil akibat gerak politik dan sosial.</li> <li>Sebaran penduduk Indonesia yang tidak merata.</li> <li>Pola hidup konsumtif dan budaya tidak hemat energi pada masyarakat.</li> <li>Pembangunan yang tidak merata.</li> </ol>	

Sumber: Data primer diolah (2013)



Analisis ekonomi pengembangan biodiesel dari kelapa sawit dan jarak pagar, bioethanol dari singkong dan tebu, serta energi biomassa dan biogas.

**Kebutuhan Lahan Produksi Tanaman Kelapa Sawit dan/atau Jarak Pagar, Kebutuhan Bahan Baku Pabrik Biodiesel Skala Kecil Kapasitas 30.000 Liter/Bulan, dan Peluang Penciptaan Lapangan Kerja untuk Memenuhi Kebutuhan Substitusi Minyak Fosil pada Tahun 2050**

No.	Uraian	Satuan	Pilihan Sumber Biodiesel	
			Kelapa Sawit	Jarak Pagar
<b>1.</b>	<b>Asumsi Dasar</b>			
a.	Hasil produksi tanaman (buah sawit atau biji kupas jarak pagar)	Ton/Ha/Tahun	17	10
b.	Produktivitas biodiesel			
		Liter/Ton	210	300
		SBM/Ton	1,36	1,95
c.	Tenaga kerja kebun	Orang/Ha	2	2
d.	Kebutuhan tenaga kerja per unit pabrik	Orang/unit	10	10
<b>2.</b>	<b>Proyeksi Kebutuhan Lahan dan Tenaga Kerja Hingga Tahun 2050</b>			
a.	Proyeksi kebutuhan minyak	Juta SBM	846,97	
b.	Jumlah minyak yang disubstitusi dari biodiesel sebesar 15% (15% x point 2.a)	Juta SBM	127,04	
c.	Kebutuhan bahan baku BBN (point 2.b : point 1.b2)	Juta Ton/Tahun	93,41	65,15
d.	Kebutuhan lahan (point 2.c : point 1.a)	Juta Ha	5,49	6,52
e.	Penciptaan lapangan kerja untuk kebun (point 2.d x point 1.c)	Juta Orang	10,98	13,04
<b>3.</b>	<b>Proyeksi Kebutuhan Pabrik BBN Kapasitas 1.000 Liter/Hari dan Jumlah Tenaga Kerja Hingga Tahun 2050</b>			
a.	Kebutuhan bahan baku per unit pabrik			
	Kebutuhan per hari (1.000 : point 1.b1)	Ton	1.000/210 = 4,76	1.000/300 = 3,33
	Kebutuhan per tahun (1.000 : point 1.b1 x 360 hari)	Ton	1.713,6	1.198,8
b.	Kebutuhan unit pabrik (point 2.c : point 3.a2)	Unit	54.511	54.346
c.	Penciptaan lapangan kerja untuk pabrik (point 3.b x point 1.d)	Orang	545.110	543.460

Sumber: Data primer diolah (2013)

**Biaya Pokok Produksi Biodiesel Kapasitas 30.000 Liter/Bulan**

No.	Uraian	Total Biaya/Bulan (Rpx1000)
<b>1.</b>	<b>Investasi</b>	
	Biaya investasi Rp 933.250.000	
	Modal kerja dua bulan Rp 415.000.000	
	Total Biaya Investasi Rp 1.348.250.000	
<b>2.</b>	<b>Biaya Tetap</b>	13.600
<b>3.</b>	<b>Biaya Variabel</b>	
	Total biaya variabel untuk biodiesel sawit	160.961
	Total biaya variabel untuk biodiesel jarak	180.611
<b>4.</b>	<b>Miscellaneous, Overhead dan penyusutan</b>	
	Total biaya miscellaneous dan overhead biodiesel sawit	13.870
	Total biaya miscellaneous dan overhead biodiesel jarak	14.754
	<b>Total biaya operasional per bulan untuk biodiesel sawit</b>	188.431
	<b>Total biaya operasional per bulan untuk biodiesel jarak</b>	208.965
	<b>Biaya pokok produksi (Rp/liter) biodiesel sawit</b>	6.281
	<b>Biaya pokok produksi (Rp/liter) biodiesel jarak</b>	6.966
	<b>Total penjualan per bulan untuk biodiesel asal sawit</b>	225.000
	<b>Total penjualan per bulan untuk biodiesel asal jarak pagar</b>	225.000
	<b>Total biaya produksi per bulan untuk biodiesel asal sawit</b>	188.430
	<b>Total biaya produksi per bulan untuk biodiesel asal jarak pagar</b>	208.980
	<b>Keuntungan per bulan untuk biodiesel asal sawit</b>	36.570
	<b>Keuntungan per bulan untuk biodiesel asal jarak pagar</b>	16.020
	<b>IRR per bulan untuk biodiesel asal sawit (keuntungan : investasi x 100%)</b>	2,73%
	<b>IRR per bulan untuk biodiesel asal jarak pagar (keuntungan : investasi x 100%)</b>	1,20%
	<b>Periode Balik Modal untuk biodiesel asal sawit</b>	36,60 bulan
	<b>Periode Balik Modal untuk biodiesel asal jarak pagar</b>	83,64 bulan

Sumber: Data primer diolah (2013)

Catatan: Diasumsikan seluruh hasil produksi dibeli oleh pemerintah dengan harga Rp 7.500/liter.

**Kebutuhan Lahan Produksi Tanaman Singkong dan/atau Tebu, Kebutuhan Bahan Baku Pabrik Bioethanol Skala Kecil Kapasitas 30.000 Liter/Bulan, dan Peluang Penciptaan Lapangan Kerja untuk Memenuhi Kebutuhan Substitusi Minyak Fosil pada Tahun 2050**

No.	Uraian	Satuan	Pilihan Sumber Bioethanol	
			Singkong	Tebu
<b>1.</b>	<b>Asumsi Dasar</b>			
a.	Hasil produksi tanaman (umbi basah singkong atau batang basah tebu)	Ton/Ha/Tahun	16	75
b.	Produktivitas bioethanol			
		Liter/Ton	180	67
		SBM/Ton	1,05	0,39
c.	Tenaga kerja kebun	Orang/Ha	2	1
d.	Kebutuhan tenaga kerja per unit pabrik	Orang/unit	10	10
<b>2.</b>	<b>Proyeksi Kebutuhan Lahan dan Tenaga Kerja Hingga Tahun 2050</b>			
a.	Proyeksi kebutuhan minyak	Juta SBM	846,97	
b.	Jumlah minyak yang disubstitusi dari bioethanol sebesar 15% (15% x point 2. a)	Juta SBM	127,04	
c.	Kebutuhan bahan baku BBN (point 2. b : point 1. b2)	Juta Ton/Tahun	120,99	325,74
d.	Kebutuhan lahan (point 2. c : point 1. a)	Juta Ha	7,56	4,34
e.	Penciptaan lapangan kerja untuk kebun (point 2. d x point 1. c)	Juta Orang	15,12	4,34
<b>3.</b>	<b>Proyeksi Kebutuhan Pabrik BBN Kapasitas 1.000 Liter/Hari dan Jumlah Tenaga Kerja Hingga Tahun 2050</b>			
a.	Kebutuhan bahan baku per unit pabrik			
	Kebutuhan per hari (1.000 : point 1. b1)	Ton	1.000/180 = 5,55	1.000/67 = 14,9
	Kebutuhan per tahun (1.000 : point 1. b1 x 360 hari)	Ton	1.998	5.364
b.	Kebutuhan unit pabrik (point 2. c : point 3. a2)	Unit	60.556	60.727
c.	Penciptaan lapangan kerja untuk pabrik (point 3. b x point 1. d)	Orang	605.560	607.270

Sumber: Data primer diolah (2013)

**Biaya Pokok Produksi Bioethanol Kapasitas 30.000 Liter/Bulan**

No.	Uraian	Total Biaya/Bulan (Rpx1000)
<b>1.</b>	<b>Investasi</b>	
	Biaya investasi Rp 801.855.000	
	Modal kerja dua bulan Rp 415.000.000	
	<b>Total Biaya Investasi Rp 1.216.855.000</b>	
<b>2.</b>	<b>Biaya Tetap</b>	<b>13.600</b>
<b>3.</b>	<b>Biaya Variabel</b>	
	Total biaya variabel untuk bioethanol singkong	181.591
	Total biaya variabel untuk bioethanol tebu	160.091
<b>4.</b>	<b>Miscellaneous, Overhead dan penyusutan</b>	
	Total biaya miscellaneous dan overhead bioethanol singkong	13.704
	Total biaya miscellaneous dan overhead bioethanol tebu	12.736
	<b>Total biaya operasional per bulan untuk bioethanol singkong</b>	<b>208.895</b>
	<b>Total biaya operasional per bulan untuk bioethanol tebu</b>	<b>186.427</b>
	Biaya pokok produksi (Rp/liter) bioethanol singkong	6.963
	Biaya pokok produksi (Rp/liter) bioethanol tebu	6.214
	<b>Total penjualan per bulan untuk bioethanol asal singkong</b>	<b>225.000</b>
	<b>Total penjualan per bulan untuk bioethanol asal tebu</b>	<b>225.000</b>
	<b>Total biaya produksi per bulan untuk bioethanol asal singkong</b>	<b>208.840</b>
	<b>Total biaya produksi per bulan untuk bioethanol asal tebu</b>	<b>186.420</b>
	<b>Keuntungan per bulan untuk bioethanol asal singkong</b>	<b>16.110</b>
	<b>Keuntungan per bulan untuk bioethanol asal tebu</b>	<b>38.580</b>
	<b>IRR per bulan untuk bioethanol asal singkong</b> (keuntungan : investasi x 100%)	<b>1,33%</b>
	<b>IRR per bulan untuk bioethanol asal tebu</b> (keuntungan : investasi x 100%)	<b>3,19%</b>
	<b>Periode Balik Modal untuk bioethanol asal singkong</b>	<b>75,12 bulan</b>
	<b>Periode Balik Modal untuk bioethanol asal tebu</b>	<b>31,36 bulan</b>

Sumber: Data primer diolah (2013)

Catatan: Diasumsikan seluruh hasil produksi dibeli oleh pemerintah dengan harga Rp 7.500/liter.



**Kelayakan Ekonomi Instalasi *Biodigester* dengan Kapasitas Produksi 6m<sup>3</sup>/Hari untuk Mencukupi Kebutuhan Dua Rumah Tangga**

No.	Bahan	Satuan	Total Biaya
1.	Investasi	Rp	18.899.500
2.	Nilai penyusutan alat dan biaya operasional/bulan	Rp	340.975
3.	Nilai penggunaan biogas yang disetarakan dengan minyak tanah		
a.	6 m <sup>3</sup> /hari setara 3,73 liter minyak tanah dengan harga Rp 7.000/liter	Rp	26.110
b.	180 m <sup>3</sup> /bulan setara 111,9 liter minyak tanah dengan harga Rp 7.000/liter	Rp	783.300
c.	2.160 m <sup>3</sup> /tahun setara 1342,8 liter minyak tanah dengan harga Rp 7.000/liter	Rp	9.399.600
4.	Keuntungan dari pemanfaatan biogas (sebagai nilai penghematan jika tidak menggunakan minyak tanah)		
a.	Satu bulan, Rp 783.300 – Rp 340.975	Rp	442.325
b.	Satu tahun, Rp 9.399.600 – Rp 4.091.700	Rp	5.307.900
<b>Internal Rate Return (IRR)</b> (keuntungan : investasi x 100%)		% per tahun	28,08
<b>Periode balik modal</b>		tahun	3,56

Sumber: Data primer diolah (2013)

Catatan: Analisis ini tidak memperhitungkan hasil sampingan dalam bentuk pupuk organik padat yang potensinya sebesar 40-60% dari total limbah, dimana harga pupuk organik padat sebesar Rp 700/kg.

### Pembahasan

Jika mengacu pada target pemanfaatan biodiesel pada tahun 2050 sebesar 15% dari minyak bumi, dimana produksi biodiesel dari kelapa sawit atau jarak pagar masing-masing mencapai 127,04 juta SBM, maka kebutuhan lahan perkebunan kelapa sawit yang diperlukan seluas 5,49 juta hektar, sedangkan untuk perkebunan jarak pagar seluas 6,52 juta hektar dengan serapan tenaga kerja antara 10,98 juta hingga 13,04 juta orang. Industri biodiesel yang berasal dari kelapa sawit maupun jarak pagar hanya layak diproduksi sebagai pengganti solar industri (solar non subsidi) yang harganya Rp 9.000/liter, tetapi tidak memberikan keuntungan sebagai pengganti solar bersubsidi yang harganya hanya Rp 5.500/liter. Penggunaan *biofuel* di Indonesia telah dimulai sejak tahun 2007. Biodiesel (B-5) telah dipasarkan di 201 unit SPBU di Jakarta dan 12 unit SPBU di Surabaya.

Jika mengacu pada target pemanfaatan bioethanol pada tahun 2050 sebesar 15% dari minyak bumi, dimana produksi bioethanol dari singkong atau tebu masing-masing sebesar 127,04 juta SBM, maka kebutuhan lahan perkebunan singkong seluas 7,56 juta hektar, sedangkan kebutuhan lahan tebu seluas 4,34 juta hektar dengan serapan tenaga kerja antara 4,34 juta hingga 15,12 juta orang. Industri bioethanol yang berasal dari singkong hanya layak diproduksi sebagai pengganti premium non subsidi yang harganya Rp 9.800/liter, tetapi tidak memberikan keuntungan sebagai pengganti premium bersubsidi yang harganya hanya Rp 6.500/liter. Sedangkan, bioethanol yang berasal dari tebu sudah layak menggantikan premium bersubsidi dengan harga pokok produksi Rp 6.214/liter dengan margin keuntungan 4,6%, walaupun tingkat keuntungan ini belum menarik bagi pengusaha untuk memulai industri bioethanol. Penggunaan bioethanol di Indonesia telah dimulai sejak tahun 2007, dimana bioethanol kategori E-5 yang juga dikenal dengan sebutan biopremium telah dijual di Malang dan Jakarta.

Potensi limbah biomassa padat di seluruh Indonesia mencapai 272,79 juta ton per tahun atau setara dengan 626,84 juta SBM yang dapat dipakai sebagai bahan bakar pembangkit listrik dengan kapasitas 49.807,43 MWh. Namun, sumber energi limbah biomassa padat tersebut baru dimanfaatkan sebesar 288,50 juta SBM dengan porsi dalam sediaan bauran energi nasional sebesar 11,56%.

Sementara itu, jika mengacu pada kasus biogas, maka potensi biogas yang dapat dimanfaatkan sebesar 12.052,80 juta m<sup>3</sup> per tahun atau setara 7.473,60 juta liter minyak tanah atau setara 42,35 juta SBM. Jika diasumsikan setiap rumah tangga memerlukan dua liter minyak tanah per hari, dimana satu liter minyak tanah setara dengan 1,61 m<sup>3</sup> biogas, maka kebutuhan biogas setiap rumah tangga sebesar 3,22 m<sup>3</sup>/hari atau 6,44m<sup>3</sup>/hari untuk setiap dua rumah tangga (Salundik, 2008). Jika setiap dua rumah tangga miskin yang memerlukan biogas sebanyak 2.318,4 m<sup>3</sup>/tahun akan dibantu oleh pemerintah sebanyak satu unit instalasi biogas, maka kebutuhan unit instalasi biogas yang harus dibangun pemerintah untuk memanfaatkan potensi biogas adalah 5.198.758 unit. Dengan demikian, potensi biogas nasional dapat membantu penduduk miskin

sebanyak 10,40 juta rumah tangga, dimana jumlah penduduk miskin pada tahun 2011 mencapai 30,02 juta jiwa atau 7,50 juta rumah tangga (12,6%). Jika satu unit instalasi biogas berkapasitas produksi 2.318,4 m<sup>3</sup>/tahun membutuhkan biaya Rp 18.899.500, maka subsidi pemerintah dalam bentuk instalasi biogas pada tahun-tahun awal memerlukan anggaran sebesar 98,25 trilyun rupiah. Jika diasumsikan jumlah penduduk miskin pada tahun 2050 tetap sebesar 12,6% dari seluruh penduduk Indonesia, maka jumlah penduduk miskin tersebut mencapai 45,40 juta jiwa atau 11,35 juta rumah tangga. Sehingga untuk mencukupi kekurangan fasilitas instalasi biogas bagi penduduk miskin dapat dilakukan dengan cara bantuan pemerintah dalam bentuk ternak sapi sebanyak (11,35 juta – 10,40 juta) x 3,22m<sup>3</sup>/hari : 0,051m<sup>3</sup> = 59,98 juta ekor sapi.

Permasalahan sektor migas sangat mendasar ketika kapasitas kilang pemurnian sudah tidak memadai lagi, dimana pada tahun 2010 kapasitas pengilangan minyak Indonesia hanya sebesar 404,99 juta barel/tahun. Jika diasumsikan kapasitas penyulingan minyak tetap seperti saat ini, dan konsumsi minyak fosil pada tahun 2050 sebesar 846,97 juta SBM, maka pada tahun 2050 defisit bahan bakar akan mencapai 441,98 juta barel/tahun atau sebesar 109,13% dari kebutuhan minyak dalam negeri. Dengan demikian, untuk menyelesaikan masalah ini tidak ada cara lain selain membangun infrastruktur energi (kilang pemurnian dan jalur distribusinya) agar dapat mengatasi kebutuhan energi minyak di tahun 2050.

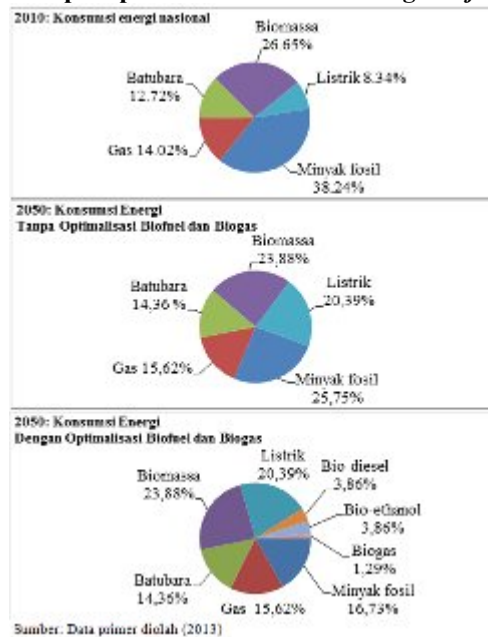
Selain itu, untuk membantu mengatasi kelangkaan minyak fosil di masa mendatang, maka pemerintah harus segera melakukan diversifikasi produksi energi dari sumber energi non-fosil yang potensinya sangat banyak di Indonesia terutama melalui program Desa Mandiri Energi. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur *biofuel* dan biogas rumah tangga yang potensi produksinya mencapai 296,43 juta SBM/tahun akan sangat membantu mengurangi laju pemakaian minyak fosil tersebut. Pengembangan *biofuel* dan biogas di Indonesia sebagai salah satu program diversifikasi energi sebaiknya dilakukan melalui pendekatan Desa Mandiri Energi (DME) bagi daerah-daerah yang tidak terjangkau oleh infrastruktur energi dengan tujuan untuk mengurangi ketergantungan masyarakat desa terhadap bahan bakar minyak dalam keperluan sehari-hari. Program DME merupakan alternatif pemecahan masalah penyediaan energi melalui pemanfaatan potensi energi setempat yang dapat mengurangi tingkat kemiskinan, memperkuat ekonomi nasional, dan memperbaiki lingkungan. Dengan mempertimbangkan penggunaan *biofuel*, biomassa, dan biogas, serta dengan melakukan penghematan energi yang intensif, maka porsi minyak fosil pada profil bauran energi nasional tahun 2050 berubah seperti ditunjukkan di bawah ini.

### Kondisi Ekonomi Energi pada Tahun 2010 dan Proyeksi Kebutuhan Energi pada Tahun 2050 (Dengan Optimalisasi Sumber Energi *Biofuel*, Biomassa, dan Biogas)

No.	Uraian	Satuan	Tahun 2010	Proyeksi Tahun 2050	
				Sebelum Optimalisasi	Setelah Optimalisasi
I.	Ekonomi Makro				
a.	Populasi	Ribu Orang	237.641	359.371	359.371
b.	Rumah tangga	Ribu Rumah Tangga	59.119	77.925	77.925
c.	Area tanah beririgasi	%	87,70	90	90
d.	PDB nasional	Trilyun Rupiah	6.423	32.920	32.920
		Miliar USD	713,41	3.693,88	3.693,88
		pada kurs Rp 3.900/USD		pada kurs Rp 3.900/USD	Pada Kurs Rp 3.900/USD
e.	PDB nominal perkapita	Juta Rupiah Tahunan	27,03	91,60	91,60
1.	Pasokan Energi Menurut Jenis Energi	Juta SBM	1.147,67	4.460,67	4.460,67
a.	Produksi-produksi minyak				
1)	Minyak fosil	Juta SBM	414,82	1.292,77	996,34
2)	Biodiesel	Juta SBM	-	-	127,04
3)	Bioetanol	Juta SBM	26,91	-	127,04
4)	Biogas pengganti minyak fosil	Juta SBM	-	-	42,35
b.	Produksi-produksi gas	Juta SBM	139,36	881,18	881,18
c.	Batubara	Juta SBM	137,73	1.684,89	1.684,89
d.	Biomassa	Juta SBM	788,30	494,37	494,37
e.	Hydro power (non bahan bakar)	Juta SBM	44,36	73,29	73,29
f.	Panas bumi (non bahan bakar)	Juta SBM	14,68	13,71	13,71
2.	Konsumsi Energi Menurut Jenis Energi	Juta SBM	1.087,33	3.789,44	3.789,44
a.	Produksi-produksi minyak				
1)	Minyak fosil	Juta SBM	387,08	848,97	330,34
2)	Biodiesel	Juta SBM	-	-	127,04
3)	Bioetanol	Juta SBM	26,91	-	127,04
4)	Biogas pengganti minyak fosil	Juta SBM	-	-	42,35
b.	Produksi-produksi gas	Juta SBM	141,78	513,92	513,92
c.	Batubara	Juta SBM	137,73	472,29	472,29
d.	Biomassa	Juta SBM	288,30	783,84	783,84
e.	Listrik	Juta SBM	90,35	670,81	670,81
4.	Laju Pertumbuhan Konsumsi Energi Rata-rata per Tahun	%	1,62	3,21	3,31%
5.	Intensitas dan Elastisitas Energi Total				
a.	Intensitas energi	SBM/Kapita	4,55	9,15	9,15
b.	Elastisitas energi	SBM/1.000 USD PDB	1,31	0,89	0,89
6.	Intensitas dan Elastisitas Energi Listrik				
a.	Konsumsi listrik	MWh	147.380.000	1.094.305.769	1.094.305.769
b.	Intensitas listrik	KWh/Kapita	620,20	3.042	3.042
c.	Elastisitas listrik	KWh/1.000 USD PDB	208,01	295,92	295,92

Sumber: Data primer diolah (2013)

## Bauran Konsumsi Energi Nasional pada Tahun 2010 dan Tahun 2050 (Dengan dan Tanpa Optimalisasi Sumber Energi *Biofuel* dan Biogas)



### Kesimpulan

1. Laju pertumbuhan penduduk 1,45% per tahun pada tahun 2010 dan rata-rata 0,98% per tahun selama 40 tahun ke depan serta pertumbuhan PDB yang meningkat lima kali lipat dibandingkan tahun 2010, menyebabkan kebutuhan energi di Indonesia naik tiga kali lipat.
2. Kekurangan energi tahun 2050 tidak dapat dipenuhi hanya dengan penghematan karena posisi ekonomi Indonesia yang masih harus tumbuh, maka usaha pemenuhan energi melalui intensifikasi dan diversifikasi sumber-sumber energi yang ada serta penambahan infrastruktur kilang-kilang baru menjadi satu-satunya jalan untuk pembangunan ekonomi nasional.
3. Berdasarkan kenaikan kebutuhan energi sebesar tiga kali lipat pada tahun 2050, jika sebagian kebutuhan minyak dipenuhi dengan cara pengembangan energi berbahan nabati masing-masing 15% dari biodiesel dan 15% dari bioethanol, maka diperlukan lahan perkebunan seluas 5,49-6,52 juta hektar kebun sawit dan/atau jarak pagar untuk memproduksi bahan baku biodiesel dan seluas 4,34-7,56 juta hektar kebun singkong dan/atau tebu untuk memproduksi bahan baku bioethanol. Sektor perkebunan ini akan menciptakan lapangan pekerjaan bagi 10,98-13,04 juta orang untuk perkebunan sawit dan jarak pagar dan 4,34-15,12 juta orang untuk perkebunan singkong dan tebu. Sementara itu, di sektor industri diperlukan sekitar 54.511-54.346 unit pabrik penghasil biodiesel dengan jumlah tenaga kerja 543.460-545.110 orang serta 60.556-60.727 unit pabrik penghasil bioethanol dengan jumlah tenaga kerja 605.560-607.270 orang. Sedangkan, pemanfaatan biogas sebagai pengganti minyak tanah rumah tangga dapat membantu 10,40 juta rumah tangga miskin.
4. Penggunaan biodiesel, bioethanol, limbah biomassa, dan biogas serta peningkatan efisiensi dari mesin-mesin pembangkit listrik dapat menghemat minyak fosil sebesar 982,29 juta SBM per tahun.
5. Biaya pokok produksi biodiesel dari kelapa sawit sebesar Rp 6.281/liter dan dari jarak pagar sebesar Rp 6.966/liter masih tidak menguntungkan jika diproduksi untuk menggantikan minyak diesel bersubsidi yang harganya Rp 5.500/liter. Sementara itu, biaya pokok produksi bioethanol dari tebu sebesar Rp 6.214/liter sudah layak menggantikan premium bersubsidi yang harganya Rp 6.500/liter dengan margin keuntungan sebesar 4,6%, walaupun tingkat keuntungan ini masih belum menarik bagi para pengusaha untuk memulai usaha industri bioethanol. Sedangkan, harga pokok produksi bioethanol dari singkong sebesar Rp 6.963/liter masih belum layak

menggantikan premium bersubsidi. Walaupun demikian, semua *biofuel* tersebut sudah sangat layak untuk menggantikan minyak fosil yang tidak disubsidi dengan harga Rp 9.800/liter.

### Saran

1. Pengembangan energi terbarukan hendaknya difokuskan pada energi panas bumi, energi biomassa, tenaga air skala kecil, energi angin, dan *biofuel*.
2. Menasionalisasikan penggunaan teknologi biogas bagi rumah tangga.
3. Memperluas lahan perkebunan yang hasil produksinya khusus untuk bahan baku pembuatan *biofuel*.
4. Peningkatan pengembangan industri peralatan produksi energi terbarukan dalam negeri (peralatan penyulingan *biofuel*) yang menggunakan produksi dalam negeri.
5. Memberikan peran yang lebih besar pada investasi kecil dan menengah dalam produksi biodiesel dan bioethanol.
6. Menciptakan lebih banyak Desa Mandiri Energi yang diprioritaskan pada daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau infrastruktur energi.
7. Pembangunan industri *biofuel* hendaknya dapat dilaksanakan secara terpadu dengan industri hilirnya agar dapat diperoleh nilai tambah yang lebih besar dengan cara memberdayakan potensi peruntukan lahan penghasil biofuel yang luasnya sekitar 83 juta hektar.
8. Pengurangan subsidi terhadap minyak fosil dan memberikan subsidi untuk faktor-faktor penunjang industri *biofuel*.

### Daftar Pustaka

- Anonimous, 2011. *Berbagi Ilmu Tentang Teknologi Nuklir*, (Online), ([www.setiyabudiutomo.weebly.com/8/post/2011/10/berbagi\\_ilmu\\_tentang\\_teknologi\\_nuklir.html](http://www.setiyabudiutomo.weebly.com/8/post/2011/10/berbagi_ilmu_tentang_teknologi_nuklir.html), diakses 11/3/2012).
- Anonimous, *Biodiesel*, (Online), ([www.jurnalinsinyurmesin.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50](http://www.jurnalinsinyurmesin.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50), diakses 12/4/2012).
- Anonimous, 2009. *Cadangan Panas Bumi di Indonesia Dapat Menghasilkan 27.000 Megawatt*, (Online), ([www.bppt.go.id/index.php/lpnk/58-teknologi-material/279-cadangan\\_panas\\_bumi\\_di\\_indonesia\\_dapat\\_menghasilkan\\_27.000\\_megawatt.html](http://www.bppt.go.id/index.php/lpnk/58-teknologi-material/279-cadangan_panas_bumi_di_indonesia_dapat_menghasilkan_27.000_megawatt.html), diakses 12/3/2012).
- Anonimous, 2010. *Energi Nuklir di Indonesia: Ayo Berpaling ke Tenaga Nuklir*, (Online), ([www.theglobal-review.com/content\\_detail.php?lang=id-energi-nuklir-Indonesia-ayo-berpaling-ketenaga-nuklir.html](http://www.theglobal-review.com/content_detail.php?lang=id-energi-nuklir-Indonesia-ayo-berpaling-ketenaga-nuklir.html), diakses 10/3/2012).
- Anonimous, *Energi Surya*, (Online), ([www.jurnalinsinyurmesin.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51](http://www.jurnalinsinyurmesin.com/index.php?option=com_content&view=article&id=51) energi surya, diakses 12/3/2012).
- Anonimous. *Indonesia Kuasai 24% Batubara Dunia*, (Online), ([www.duniaindustri.com/world/586-indonesia-kuasai-24%-batubara-dunia.html](http://www.duniaindustri.com/world/586-indonesia-kuasai-24%-batubara-dunia.html), diakses 12/3/2012).
- Anonimous, *Kapasitas Energi Laut*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/51-113-energi-lain-lain/2331-kapasitas-energi-laut.html](http://www.alpensteel.com/article/51-113-energi-lain-lain/2331-kapasitas-energi-laut.html), diakses 12/3/2012).
- Anonimous, *Kebijakan Energi untuk Penyediaan Tenaga Listrik*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/51-113-energi-lain-lain/2334-Kebijakan-Energi-Nasional-Terhadap-Kapasitas-Listrik.html](http://www.alpensteel.com/article/51-113-energi-lain-lain/2334-Kebijakan-Energi-Nasional-Terhadap-Kapasitas-Listrik.html), diakses 12/3/2012).
- Anonimous, 2011. *Mengenal gas Alam Padat*, (Online), ([www.agussuwasono.com/artikel/oil-knowledge/511-mengenal\\_gas\\_alam\\_padat.html](http://www.agussuwasono.com/artikel/oil-knowledge/511-mengenal_gas_alam_padat.html), diakses 21/2/2012).
- Anonimous, *Pemanfaatan Energi Nuklir Kian Menghangat*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1869-Pemanfaatan\\_Energi\\_Nuklir\\_Kian\\_Menghangat.html](http://www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1869-Pemanfaatan_Energi_Nuklir_Kian_Menghangat.html), diakses 11/3/2012).
- Anonimous, *Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin-wind-turbine-win-d-mill/2071-pembangkit-listrik\\_tenaga-angin-di-Indonesia.html](http://www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin-wind-turbine-win-d-mill/2071-pembangkit-listrik_tenaga-angin-di-Indonesia.html), diakses 9/4/2012).
- Anonimous, *Pengembangan Energi Angin Memungkinkan*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin-wind-turbine-win-d-mill/556-pengembangan\\_energi\\_angin\\_memungkinkan.html](http://www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin-wind-turbine-win-d-mill/556-pengembangan_energi_angin_memungkinkan.html), diakses 12/3/2012).

- Anonimous, *Potensi Kebocoran Radiasi Pada PLTN*, (Online), ([www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1878-Potensi Kebocoran Radiasi Pada PLTN.html](http://www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1878-Potensi%20Kebocoran%20Radiasi%20Pada%20PLTN.html), diakses 11/3/2012).
- Anonimous, *SWOT Analisis*. (Online). (<http://www.slideshare.net/wicaksana/swot-analysis-3332735>, diakses 25/11/2012).
- Anonimous, *Teknologi Dan Teknik Penggunaan Nuklir*. (Online). ([www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1866-Teknologi Dan Teknik Penggunaan Nuklir.html](http://www.alpensteel.com/article/54-111-energi-nuklir-pltn/1866-Teknologi%20Dan%20Teknik%20Penggunaan%20Nuklir.html), diakses 11/3/2012).
- Achdiat Atmawinata. 2011. *Kedalaman Struktur Industri yang Mempunyai Daya Saing di Pasar Global : Penguatan Struktur Industri dalam Pengembangan Kluster Industri berbasis Biomaterial*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Agus Sugiyono. 2005. *Pemanfaatan Biofuel Dalam Penyediaan Energi Nasional Jangka Panjang. Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi. BPPT. BPPT Press, Jakarta.
- Agus Sugiyono. 2008. *Peluang Pemanfaatan Biodiesel Dari Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Solar di Indonesia. Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT.
- Anny Mulyani. dan Irsal Las., 2008. *Potensi Sumberdaya Lahan dan Optimalisasi Pengembangan Komoditas Penghasil Bio-energi di Indonesia*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Kementerian. Jakarta.
- Asia Pacific Economic Cooperation, 2010. *Biofuel Costs, Technologies and Economics in APEC Economies*. Final Report. APEC working group. 35 Heng Mui Keng Terrace Singapore.
- Armi Susandi dan Yan Firdaus, 2007. *Analisis HPP Biodiesel. Kajian Keekonomian Energi Terbarukan dan Potensi CDM : Studi Kasus Energi Biodiesel dan Energi Angin*. Disampaikan dalam Proceedings Joint Convention di Bali. Science Atmosphere Research Group. ITB. Bandung.
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *IHK- dan Inflasi Di 66 Kota Indonesia 2011*, (Online). ([www.bps.go.id/tab\\_sub/excel.php?id\\_subyek=03&notab=4](http://www.bps.go.id/tab_sub/excel.php?id_subyek=03&notab=4), diakses 2/3/2012).
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *Jumlah dan Persentase Penduduk Miskin, Garis Kemiskinan, Indeks Kedalaman Kemiskinan (P1), dan Indeks Keparahan Kemiskinan (P2) Menurut Provinsi, 2011*. (Online). ([www.bps.go.id/tab\\_sub/excel\\_php?id\\_subyek=23&notab=1](http://www.bps.go.id/tab_sub/excel_php?id_subyek=23&notab=1), diakses 28/8/2013)
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *PDB-Atas Dasar Harga Konstan 2000 Menurut Lapangan Usaha (Miliar Rupiah) 2004-2009*, (Online). ([www.bps.go.id/tab\\_sub/excel.php?id\\_subyek=11&notab=3](http://www.bps.go.id/tab_sub/excel.php?id_subyek=11&notab=3), diakses 12/4/2012).
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *Luas Panen- Produktivitas- Produksi Tanaman Ubi Kayu Seluruh Indonesia*, (Online). ([http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php?kat=3](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php?kat=3), diakses 25/11/2012).
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *Luas Tanaman dan Produksi Perkebunan Besar Menurut Jenis Tanaman, Indonesia, 1995-2010*, (Online). ([http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=54&notab=1](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=54&notab=1) dan 2. diakses 25/11/2012).
- Badan Pusat Statistik, Republik Indonesia, 2010. *Populasi Ternak Indonesia, 2000-2010*. (Online). ([http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=59&notab=5](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=59&notab=5), diakses 25/11/2012).
- Badan Tenaga Nuklir Nasional, Republik Indonesia. 2003. *Energi Nuklir Sebagai Bagian dari Sistem Energi Nasional Jangka Panjang*. Jakarta.
- Bambang Pramudono. 2007. *Pemberdayaan Energi Alternatif Berbasis Biomassa Sebagai Upaya Mengamankan Pasokan Energi Nasional*. Pidato pengukuhan Guru Besar Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2009. *Bidang Energi Fosil: pencairan batubara sbg bahan bakar*. Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi. BPPT. (Online). ([www.ptpse.net/fosil.html](http://www.ptpse.net/fosil.html), diakses 4/6/2012).
- David, F.R. 2009. *Manajemen Strategis : Konsep*. Buku 1, Edisi 12. Pearson Prentice Hall. Terjemahan oleh Sunardi, D. Salemba Empat, Jakarta.
- Dedi Rosadi, 2011. *Analisis Ekonometrika dan Runtun Waktu Terapan dengan R*. Aplikasi untuk Bidang Ekonomi, Bisnis dan Keuangan. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

- Didit Waskito. 2011. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Kawasan Usaha Peternakan Sapi*. Tesis. Fakultas Teknik. Program Magister Teknik Manajemen Energi dan Ketenagalistrikan. Universitas Indonesia.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2008. *Konsepsi Energi Hijau. Inisiatif Energi Hijau*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2009. *Statistik Perkebunan Jarak Pagar Tahun 2007 – 2009*. Jakarta.
- Endang Suarna, 2005. *Prospek dan Tantangan Pemanfaatan Biofuel Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak di Indonesia*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT. BPPT Press, Jakarta.
- Harsono Soepardjo. A., 2011. *Energi Baru dan Terbarukan*. Pusat Studi Kelautan FMIPA-UI, dan Pusat Studi Energi UI. (Online), ([www.rustandi-gallery.blogspot.com/2011/06/energi-baru-dan-terbarukan.html](http://www.rustandi-gallery.blogspot.com/2011/06/energi-baru-dan-terbarukan.html)), diakses 12/4/2012).
- Institut Pertanian Bogor, 2008. *Perspektif Baru Pembangunan untuk Menanggulangi Krisis Pangan dan Energi*. Bogor.
- International Energy Agency (IEA), 2005. *Manual Statistik Energi*. 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France. Terjemahan Bahasa Indonesia : Publikasi Energy Statistics Manual © OECD/IEA, (Online) (<http://www.iea.org/about/copyright.asp>, diakses 17/2/2012).
- Jay Heizer dan Barry Render, 2009. *Manajemen Operasi*. Buku 1, Edisi 9. Pearson Education, Inc. Terjemahan oleh Chriswan Sungkono. : Salemba Empat, Jakarta.
- Joko Santosa. dan Yudiantono, 2005. Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang di Indonesia, dalam *Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT. BPPT Press, Jakarta.
- Jumina dan Karna Wijaya., 2010. *Prospek dan Potensi Renewable Energy Resources (RES) di Indonesia*, Pusat Studi Energi. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. (Online). ([www.pse.ugm.ac.id/Prospek-dan-Potensi-Renewable-Energy-Resources \(RES\)-di-Indonesia.html](http://www.pse.ugm.ac.id/Prospek-dan-Potensi-Renewable-Energy-Resources-(RES)-di-Indonesia.html)), diakses 12/4/2012).
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2011. *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*. Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources. Editor : Ego Syahrial, dkk. Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia.
- Kementerian Keuangan, 2010. *Data Pokok APBN 2005-2010*. Departemen Keuangan Republik Indonesia.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2006. *Buku Putih Indonesia 2005 – 2025. Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*. Jakarta.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2006. *Buku Putih Indonesia, 2005– 2025. Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Teknologi dan Manajemen Transportasi*. Jakarta.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2011. *Perspektif Pengelolaan Energi yang Ramah Lingkungan Guna Mewujudkan Ketahanan Energi Nasional*. Disampaikan dalam kuliah umum di Unsoed Purwokerto.
- La Ode M. Abdul Wahid. 2005. Pemanfaatan Bio-ethanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium. *Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT. BPPT Press, Jakarta.
- Luluk Sumiarso. 2011. *Kebijakan Energi Baru, Energi Terbarukan, dan Konservasi Energi*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia.
- Nur Tri Harjanto., 2008. Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN. ISSN 1979-2409. No. 01/Tahun I, April 2008.
- Pearce, John A. dan Robinson, Richard B. 1997. *Manajemen Strategik : Formulasi, Implementasi, dan Pengendalian*. Jilid I. Terjemahan oleh Yanivi Bachtiar dan Christine. Salemba Empat, Jakarta.

- Riefqi Muna. M, Adriana Elisabeth, dan Nanto Sriyanto., 2010. *Strategi Pengelolaan Keamanan Energi Nasional : Perspektif Keamanan Non-Militer*. Kedeputan : IPSK ©2010 Tim Kajian Keamanan Energi. Laporan Tahap 2. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Riefqi Muna.M., 2011. *Tinjauan Atas Kebijakan Nasional Untuk Keamanan Energi : Upaya Menciptakan Energi Hijau dan Pemanfaatan EBT*. Makalah disajikan dalam Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional (KIPNAS) ke X,. Bidang Politik Internasional, Pusat Penelitian Politik, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Sri Yati Prawitasari, 2010. *Analisis Swot Sebagai Dasar Perumusan Strategi Pemasaran Berdaya Saing (Studi pada Dealer Honda Tunggal Sakti di Semarang)*. Skripsi. Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro Semarang. (Online). (<http://www.slideshare.net/RinggaArie/skripsi-analisis-swot-sebagai-dasar-perumusan-strategi-pemasaran>, diakses 12/1/2013)
- Salundik. 2010. *Aplikasi Teknologi Biogas dari Kotoran Manusia*. Bidang Ilmu: Pengelolaan dan Pengolahan Limbah Peternakan. Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Siti Mutmainah, 2012, *Aplikasi Metode Dekomposisi Deret Berkala untuk Meramalkan Jumlah Pelapor SPT Masa PPh Pasal 21/26 Tahun 2012 di Kantor Pelayanan Pajak Pratama Kediri (Studi Kasus di KPP Pratama Kediri)*, Laporan PKL, Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Sri Komarayati dan Gusmalina. 2010. *Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor
- Supadi Pujo Utomo. 2010. *Format dan Wujud Keberpihakan Negara Dalam Pengelolaan Migas di Berbagai Negara*. Makalah disajikan dalam Seminar Formulasikan Kebijakan Peran dan Keberpihakan Pemerintah Kepada Perusahaan Migas Nasional Dalam Pengelolaan Migas, 13 Oktober 2010 Jakarta.
- Teguh Wikan Widodo, A.Asari, dan Ana N., 2007. *Biogas dari kotoran sapi, Mesin Pengolahan Jarak Pagar dan Tungku Sekam. Teori dan Konstruksi Instalasi Biogas*. Makalah disajikan dalam Seminar Tanggal 21-25 Mei 2007 di Serpong. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Universitas Indonesia. 2010. *Analisis Industri Minyak dan Gas di Indonesia : Masukan Bagi Pengelola BUMN*. Fakultas Ekonomi, UI. Jakarta.
- Wahyudi Citrosiswoyo. 2008. *Geothermal: Dapat mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil dalam menyediakan listrik negara*. Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan FTK- dan Pusat Studi Kebumihan dan Bencana LPPM, Institut Teknologi Surabaya.
- Wijajono Partowidagdo., Dicky E.H., Asclepias R.S.I., dan Arsegianto., 2000. *Agenda 21 Sektor Energi : Meningkatkan Kualitas Hidup Manusia Indonesia Melalui Pembangunan Sektor Energi yang Berkelanjutan*. Jakarta.