PENGARUH KENAIKAN HARGA MINYAK MENTAH TERHADAP PEMANFAATAN BIO-DIESEL DAN DAMPAK LINGKUNGAN

Joko Santosa

ABSTRACT

Bio-diesel is a natural renewable energy source that made from biomass or vegetable oil. As the Bio-diesel has physical properties very similar to petroleum-derived diesel fuel or ADO (Automobile Diesel Oil), Bio-diesel has been used for motor engine since 1880's. In 1920's, Bio-diesel production infrastructure has been nearly eliminated since diesel engine manufacturers altered their engine to utilize petroleum diesel that was much cheaper than Bio-diesel production. Recently, an increase on oil consumption, crude oil price, and ADO import have lead to consider Bio-diesel utilization for transportation sector in Indonesia.

An increase of the crude oil price that lead to a decreasing cost differential for Bio-diesel production, Bio-diesel utilization as alternative energy source in Indonesia is real possibility. Some environmental impact concerns would also increase the Bio-diesel utilization prospect. The Bio-diesel utilization is also expected to reduce oil consumption. The purpose of the paper is examining the influence of crude oil price increase on the Bio-diesel utilization, oil consumption reduction, and pollutant emission reduction.

1. PENDAHULUAN

Bio-diesel adalah sumber energi yang dapat dibuat dari bahan baku biomassa seperti kelapa sawit, jarak pagar, dan kedelai. Karena itulah Bio-diesel digolongkan pada sumber energi terbarukan yang ketersediannya dapat lebih terjamin karena sumbernya dapat diperbarui. Jika dilihat sifatnya, Bio-diesel mempunyai sifat-sifat fisik yang serupa dengan minyak solar (petroleum diesel). Sehingga Bio-diesel dapat dipergunakan langsung sebagai bahan bakar pengganti ataupun campuran minyak solar untuk kendaraan bermesin diesel tanpa modifikasi (Columbia University, 2004). Hanya saja, untuk bisa menembus pasar komersial, keekonomian Bio-diesel harus bisa bersaing dengan sumber energi lain khusunya BBM (Bhan Bakar Minyak).

Pada dasarnya, keekonomian sumberdaya energi bukan saja ditentukan oleh harga sumber energi itu sendiri, tetapi ditentukan pula oleh harga sumber energi sejenis yang akan dipersaingkan. Jadi, ketika Bio-diesel diperkenalkan untuk mengganti BBM, maka bisa tidaknya Bio-diesel masuk pasaran sangat bergantung pada harga minyak mentah. Karena, semakin meningkatnya harga minyak mentah akan berakibat pada meningkatnya harga produk kilang seperti minyak solar (ADO), premium, dan minyak bakar. Sehingga dengan kenaikan tersebut akan mengakibatkan semakin kecilnya perbedaan antara harga Bio-diesel dengan BBM yang menjadikan Bio-diesel menarik secara economi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

Dalam melihat keekonomian Bio-diesel di Indonesia, paper ini akan menyajikan dampak kenaikan harga minyak mentah dunia pengaruhnya pada penyediaan Bio-diesel yang dianalisis berdasarkan optimasi Model MARKAL (*Market Allocation*). Dari hasil model tersebut, terlihat bahwa ketika harga minyak US$40/barel, Bio-diesel masih belum mampu bersing dengan minyak

solar. Tetapi pada harga US $60/barel Bio-diesel sduah mulai bisa dijadikan alternatif untuk mengganti minyak solar. Apalagi kalau kita lihat harga minyak akhir-akhir ini yang terus naik, bahkan mencapai $70/barrel (KOMPAS, 31 Agustus 2005) menjadikan Bio-diesel sebagai pilihan energi alternatif semakin terbuka lebar.

Selain menurunkan kebutuhan minyak, penggunaan Bio-diesel sebagai bahan bakar kendaraan bermotor mempunyai dampak positif juga terhadap lingkungan, karena Bio-diesel relatif bersih dari emisi bahan-bahan pencemar seperti SOx, partikel debu serta gas rumah kaca. Nilai positif lain dari pemanfaatan Bio-diesel adalah terbukanya lapangan kerja baru, seperti pembukaan lahan bagi petani dan pekerja di industri yang berkaitan dengan pengolahan Bio-diesel.

2. PERKEMBANGAN HARGA MINYAK MENTAH DAN MINYAK SOLAR

Sebagai salah satu produk dari pengilangan minyak bumi, harga minyak solar atau ADO (*Automobile Diesel Oil*) sangat erat kaitannya dengan harga minyak mentah (*crude oil*). Sehingga, dengan meningkatnya harga minyak bumi akan menyebabkan semakin meningkatnya harga minyak solar. Selain ketergantungan pada penyediaan bahan baku, sesuai dengan hukum pasar, harga minyak solar dipengaruhi pula oleh kebutuhan atau penggunaannya. Sehingga semakin meningkatnya kebutuhan minyak, sedangkan penyediaannya semakin terbatas, diperkirakan akan menyebabkan meningkatnya harga minyak tersebut.

Meskipun Indonesia merupakan negara pengekspor minyak atau memproduksi minyak, tetapi saat ini Indonesia juga mengimport minyak, baik dalam bentuk minyak mentah (*crude oil*), maupun dalam bentuk produk kilang seperti minyak solar atau ADO (MIGAS, 2004). Oleh karena itu, dengan meningkatnya harga minyak dan penambahan jumlah import minyak akan mengakibatkan semakin beratnya beban Pemerintah Indonesia dalam penyediaan BBM (bahan bakar minyak). Sebagai gambaran perkembangan harga minyak solar di Indonesia dan harga rata-rata minyak mentah dunia dalam beberapa tahun terahir dapat dilihat pada Tabel 1.

Meskipun harga minyak solar pada tahun 2002 berfluktuasi, tetapi secara umum harga minyak solar di Indonesia dari 2002 sampai dengan 2004 mempunyai kecenderungan meningkat. Fluktuasi harga minyak solar pada tahun 2002 disebabkan oleh kebijakan pemerintah yang menetapkan harga BBM dievaluasi dan direvisi setiap bulan untuk penentuan harga BBM pada bulan berikutnya. Tetapi mulai tahun 2003, hal itu tidak berlaku lagi. Kebijakan pemerintah terakhir tentang harga BBM dikeluarkan pada tanggal 30 September 2005 menetapkan bahwa mulai tanggal 1 Oktober 2005 harga minyak solar di Indonesia adalah Rp 4300,- (Peraturan Presiden No.55 Tahun 2005).

Tabel 1. Perkembangan Harga Minyak Solar (ADO) 2002 – 2004

Tahun dan Bulan	**Harga Minyak Solar (Rp/liter)**	**Harga Minyak Mentah Indonesia (US $/barrel)**
2002		
1- 16 Januari	1510	18,57
17 Januari – 28 Februari	1510	18,80
1 Maret	1580	22,39
1 April-2 Mei	1700	24,88
3-31 Mei	1900	25,01
1 Juni	1900	23,87
1 Juli	1790	24,88
1 Agustus	1760	25,60
1 September	1810	26,85
1 Oktober	1920	27,40
1 November	2120	26,42
1 Desember	2060	30,22
2003		
2-20 Januari	1890	31,35
21 Januari	1650	32,04
2004		
1 Maret	2100	33,16

Catatan: Tahun dan bulan mengacu pada penetapan harga minyak solar.
Sumber: Statistik Perminyakan Indonesia 2002, 2003, dan 2004. Ditjen. Migas..

3. PENGARUH PENINGKATAN HARGA MINYAK MENTAH TERHADAP PEMANFAATAN BIO-DIESEL

Sebagaimana umumnya masalah pengembangan sumber energi terbarukan, meskipun ketersediaan bahan baku dari sumber energi terbarukan lebih terjamin dan berkesinambungan dibandingkan sumber energi fosil, namun pengembangan sumber energi terbarukan tersebut biasanya terbentur pada masalah keekonomiannya. Keekonomian atau daya saing dari sumber energi terbarukan bukan saja dipengaruhi oleh biaya proses atau teknologi sumber energi terbarukan, tetapi juga dipengaruhi oleh harga minyak sebagai sumber energi yang utama saat ini. Sehingga dengan meningkatnya harga minyak dunia akhir-akhir ini telah mendorong penggunaan sumber energi lainnya selain minyak termasuk sumber energi terbarukan Bio-diesel.

Dalam rangka melihat peluang Bio-diesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti atau campuran minyak solar, telah dilakukan analisis berdasarkan hasil optimasi model MARKAL (*Market Allocation*) yang di-run dengan fungsi objektif biaya minimum (terendah). Berdasarkan hasil optimasi dari model tersebut dapat diperoleh perkiraan energi jangka panjang dan juga munculnya energi alternatif yang mampu bersaing antara satu dengan yang lainnya .

Untuk melihat, keekonomian Bio-diesel, data masukan (input data) yang digunakan pada model tersebut antara lain, biaya investasi (INVCOST) pembangunan plant Bio-diesel yang berkapasitas 100.000 ton/tahun adalah 200 US $/ ton Bio-diesel atau sekitar 5 juta US $/PJ. Biaya operasi dan perawatan yang terdiri atas Fix dan Variable costs dari pengelolaan plant Bio-

diesel yang masing-masing bernilai 0,25 juta US $/PJ dan 6,65 juta US $/PJ (Didiek, DH. 2004). Bahan baku untuk pabrik Bio-diesel yang berbentuk CPO (*Crude Palm Oil*) dari kelapa sawit diperkirakan berharga rata-rata Rp2.600,-/kilogram (PT. Perkebunan Nusantara VIII, 2004). Harga atau biaya bahan baku tersebut diperkirakan setara dengan 8,1 juta US $/PJ. Sementara harga minyak mentah diasumsikan US $40/barrel pada kasus dasar (*Base Case*), dan US $60/barrel untuk skenario *High Oil Case*. Berdasarkan hasil optimasi model, dampak kenaikan harga minyak mentah dapat dianalisis sebagai berikut.

3.1. Harga Minyak Mentah $40/barrel (Kasus Dasar).

Dalam kasus dasar dimana harga minyak mentah dunia diasumsikan $40/barrel, kebutuhan energi pada sektor transportasi dari 2005 sampai 2025 hasil model ditunjukkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan Kebutuhan Energi Pada Sektor Transportasi di Indonesia 2005-2025. (Berdasarkan Harga Minyak Mentah $40/Barrel)

Jenis B.Bakar	2015	2017	2019	2021	2023	2025
Minyak Solar	725.21	806.10	886.59	965.55	1046.77	1128.95
Premium	825.23	927.98	1029.95	1158.20	1301.91	1441.22
Avtur	123.48	143.82	165.05	189.96	219.63	250.56
Minyak Bakar	20.91	22.86	24.74	26.87	29.41	31.86
Gas Alam	45.83	49.78	53.71	53.41	54.87	56.30
Listrik	0.21	0.21	0.21	0.24	0.24	0.27
Total	1740.87	1950.75	2160.25	2394.23	2652.83	2909.16

Sumber: Tim Perencanaan Energi BPPT, Oktober 2005.

Pada tingkat harga minyak mentah (crude oil) $40/barrel, Bio-diesel diperkirakan belum dapat bersaing secara ekonomi dengan sumber-sumber energi minyak pada sektor transportasi, sehingga hampir seluruh kebutuhan energi pada sektor transportasi masih tetap dipenuhi oleh sumber energi minyak seperti minyak solar atau ADO (*Automotive Diesel Oil*), premium atau bensin (gasoline), avtur, dan minyak bakar atau FO (Fuel Oil). Tetapi sumber energi jenis lain, seperti gas alam dalam bentuk CNG (*Compressed Natural Gas*) diperkirakan sudah mampu bersaing sejak tahun 2005 sebagai bahan bakar untuk kendaraan umum bus. Sementara itu listrik dalam jumlah yang relatif lebih terbatas diperkirakan juga sudah bisa bersaing untuk memenuhi kebutuhan energi penggerak kereta api (KRL).

Secara umum, dalam periode waktu 20 tahun yang akan dating (2005 sampai dengan 2025), total kebutuhan energi pada sektor transportasi diperkirakan akan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 5 persen per tahun. Minyak solar dan premium adalah sumber-sumber energi yang paling dominan pada sektor transportasi juga meningkat dengan pertumbuhan rata-rata, masing-masing 4,43 persen/tahun dan 5,15 persen/tahun. Kebutuhan gas alam pada kasus dasar ini diperkirakan akan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 11 persen per tahun, sehingga kebutuhan gas alam akan meningkat dengan pesat dari 3,49 PJ pada tahun 2005 menjadi 56,30 PJ pada tahun 2025.

Meningkatnya perkiraan kebutuhan gas alam tersebut diperkirakan karena meningkatnya keinginan terciptanya penggunaan energi yang berwawasan lingkungan, karena gas alam relatif lebih bersih daripada minyak

dalam emisi bahan-bahan pencemar. Kebutuhan listrik untuk sektor transportasi diperkirakan selama periode 20 tahun dapat dikatakan konstan, karena pengembangan penggunaan listrik sebagai bahan bakar sektor transportasi bergantung pada pengembangan jaringan rel kereta listrik yang umumnya hanya terdapat di kota besar saja.

3.2. Harga Minyak Mentah $60/barrel (Kasus Harga Minyak Tinggi).

Dalam hasil optimasi Model MARKAL, kenaikan harga minyak mentah mulai US $60/barrel diperkirakan akan berdampak pada terjadinya peningkatan daya saing sumber-sumber energi terbarukan biofuels seperti Bio-diesel dan ethanol (bioethanol). Proyeksi kebutuhan energi di sektor transportasi dan peluang Bio-diesel memenuhi ketuhan energi di sektor tersebut ditunjukkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perkiraan Kebutuhan Energi Pada Sektor Transportasi di Indonesia 2005-2025. (Berdasarkan Harga Minyak Mentah $60/Barrel)

Jenis B.Bakar	2015	2017	2019	2021	2023	2025
Minyak Solar	583.53	611.93	635.70	668.14	497.95	489.18
Premium	594.70	569.20	555.45	540.12	610.09	680.07
Avtur	123.48	143.82	165.05	189.96	219.63	250.56
Minyak Bakar	20.91	22.86	24.74	26.87	29.41	31.86
Gas Alam	384.06	485.71	557.53	534.16	598.45	609.84
Listrik	0.21	0.21	0.21	0.24	0.24	0.27
Bio-diesel	0.00	9.95	30.01	46.39	226.68	281.28
Bioethanol	59.55	140.60	230.60	425.76	515.17	613.34
Total	1766.44	1984.28	2199.29	2431.64	2697.62	2956.40

Sumber: Tim Perencanaan Energi BPPT, Oktober 2005.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa pada harga minyak mentah 60$/barrel, Bio-diesel diperkirakan layak secara ekonomi mulai tahun 2017 dengan perkiraan kebutuhan sebesar 9,95 PJ atau setara dengan 0,25 juta ton atau sekitar 0,22 juta kiloliter Bio-diesel. Jika dilihat sebagai angka substitusi, konsumsi Bio-diesel tersebut setara dengan 1,60 persen dari kebutuhan minyak solar (ADO) pada sektor transportasi di Indonesia. Selanjutnya, pada tahun 2025 kebutuhan Bio-diesel di Indonesia diperkirakan akan mencapai total lebih 281 PJ yang setara dengan 7 juta ton atau 6 juta kiloliter Bio-diesel. Peluang pemanfaatan Bio-diesel tersebut meningkat drastis menjadi 57 persen dari minyak solar pada sektor transportasi pada tahun 2025. Terhadap total konsumsi energi disektor transportasi, konsumsi Bio-diesel pada tahun 2017 dan 2025 adalah setara dengan 0,50 persen dan 10 persen.

Namun demikian, hasil perkiraan model MARKAL menunjukkan bahwa kenaikan harga minyak mentah dari 40$/barrel menjadi 60$/barrel akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan biaya (*discounted cost*) sistem energi keseluruhan dari 730893 juta US dollar menjadi 822736 juta US dollar. Demikian pula kenaikan harga minyak mentah tersebut mengakibatkan peningkatan biaya (*discounted cost)* penyediaan energi pada sektor transportasi yang lebih tinggi, yaitu dari 316554 juta US dollar menjadi 320802 juta US dollar (Tim Perencanaan Energi BPPT, 2005) atau kenaikan harga minyak mentah tersebut memerlukan biaya tambahan sekitar 4249

juta US dollar untuk penyedian sumber-sumber energi terbarukan seperti Bio-diesel dan ethanol pada sektor transportasi.

4. PENGARUH PENINGKATAN HARGA MINYAK MENTAH TERHADAP PENURUNAN KONSUMSI MINYAK DAN KEBUTUHAN CPO

Meningkatnya harga minyak bukan saja berdampak pada peningkatan daya saing sumber-sumber energi terbarukan seperti Bio-diesel, tetapi dapat berdampak pada penurunan konsumsi energi minyak. Bio-diesel sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak solar, penggunaan Bio-diesel secara tidak langsung dapat berdampak pula terhadap penurunan konsumsi minyak solar pada sektor transportasi seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perkiraan Penurunan Kebutuhan Minyak Solar pada Sektor Transportasi akibat Kenaikan Harga Minyak Mentah.

	2015	2017	2019	2021	2023	2025
Base Case (PJ)	725.21	806.10	886.59	965.55	1046.77	1128.95
Penurunan (PJ)	141.68	194.17	250.89	297.41	548.82	639.77
Penurunan (%)	19.54	24.09	28.30	30.80	52.43	56.67

Sumber: Diolah berdasarkan perkiraan Tim Perencanaan Energi BPPT (2005).

Berdasarkan hasil model MARKAL, kenaikan harga minyak mentah dari 40$/barrel (*Base Case*) menjadi 60$/barrel (*High Oil Case*) mengakibatkan menurunnya penggunaan sumber energi minyak seperti minyak solar dan premium sebagai sumber energi pada sektor transportasi. Penurunan tersebut dapat dilihat dengan membandingkan kebutuhan minyak solar menurut *base case* dan *high oil case.* Penurunan tersebut disebabkan oleh beralihnya para pengguna atau pemakai minyak ke sumber energi lain selain minyak. Sesuai dengan kelayakan ekonomis dari sumber-sumber energi non minyak, gas alam merupakan sumber energi non minyak pada sektor transportasi yang diperkirakan sudah dipergunakan sejak tahun 2005, disusul oleh ethanol atau bioethanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti premium yang mulai menarik secara ekonomi tahun 2013, kemudian Bio-diesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak solar yang layak secara ekonomi mulai tahun 2017. Oleh karena itu penurunan tersebut diperkirakan dari tahun ke tahun semakin meningkat, yaitu dari sekitar 1 persen pada tahun 2005 menjadi sekitar 17 persen pada tahun 2013 (mulai dipergunakannya ethanol), kemudian menjadi sekitar 24 persen pada tahun 2017 (mulai dipergunakannya Bio-diesel), dan akhirnya sekitar 57 persen dari total kebutuhan minyak solar pada tahun 2025 menurut base case.

Penghematan konsumsi minyak solar tersebut secara tidak langsung akan dapat menghemat devisa negara, sehingga penggunaan Bio-diesel tersebut diharapkan dapat meningkatkan ekspor minyak mentah dan mengurangi import minyak mentah maupun minyak solar. Selain itu, pemanfaatan bahan bakar yang berbasis biomasa hasil pertanian tersebut seperti Bio-diesel juga diharapkan dapat menciptakan lapangan kerja di pedesaan, sehingga keuntungan pemanfaatan Bio-diesel tersebut tidak saja dilihat dari segi ekonomi, tetapi harus dilihat pula dari segi sosial dan pengembangan sumberdaya manusia.

Dengan asumsi bahwa Bio-diesel yang dipakai bersumber dari CPO (*Crude Palm Oil*), maka untuk memenuhi kebutuhan Bio-diesel pada periode waktu tersebut diperlukan bahan baku berbentuk CPO (*Crude Palm Oil*) dari kelapa sawit yang mencapai 0,28 juta ton pada tahun 2017 menjadi hampir 8 juta ton pada tahun 2025. Berdasarkan rata-rata produksi CPO di Indonesia sebesar 1,95 ton/hektar, kebutuhan lahan untuk tanaman kelapa sawit penghasil CPO tersebut diperkirakan mencapai 0,14 juta hektar pada tahun 2017, dan lebih dari 4 juta hektar pada tahun 2025. Perkiraan kebutuhan CPO dan lahan untuk penanaman kelapa sawit yang produksinya untuk memenuhi kebutuhan Bio-diesel dari tahun 2017 sampai tahun 2025 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Lahan dan Produksi Kelapa Sawit untuk Memenuhi Kebutuhan Bio-diesel 2017 – 2025.

	Unit	2017	2019	2021	2023	2025
Bio-diesel	PJ	9.95	30.01	46.39	226.68	281.28
	Ton	251580	758786	1172946	5731479	7112010
CPO	(ton)	279183	842037	1301636	6360312	7892309
Lahan K.Sawit	(Ha)	143171	431814	667506	3261699	4047338

Catatan: 1 PJ= 25284 ton Bio-diesel; 1 ton = 0,87 kiloliter Bio-diesel
Rata-rata produksi CPO di Indonesia = 1,95 ton/ha; Rata-rata kebutuhan lahan kelapa sawit di Indonesia = 14389 Ha/PJ.

5. DAMPAK LINGKUNGAN PEMAKAIAN BIOFUEL

Penggunaan Bio-diesel sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak diperkirakan mempunyai dampak lingkungan yang positif. Bio-diesel selain merupakan sumber energi terbarukan yang tidak beracun dan *biodegradable*, juga merupakan sumber energi yang emisi pencemarnya rendah, sehingga Bio-diesel dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan (Advanced Fuel Solutions, Inc., 2004). Beberapa keuntungan dampak lingkungan dari Bio-diesel dibandingkan bahan bakar minyak petroleum (Columbia University Press, 2004) antara lain sebagai berikut.

- Bio-diesel dapat mengurangi emisi carbon monoksida (CO) sekitar 50 persen dan carbon dioksida (CO_2) sekitar 78,45 persen berdasarkan siklushidup (*lifecycle*) sebab emisi carbon dari Bio-diesel merupakan carbon yang diperoleh dari atmosphere bukan dari yang sudah terikat (terjebak) dalam fosil.
- Bio-diesel mengandung beberapa aromatik hydrocarbon: pengurangan 56 persen benzofluoranthene dan pengurangan 71 persen benzopyrenes.
- Bio-diesel dapat mengurangi emisi sulfur (SO_2), sebab Bio-diesel tidak mengandung sulfur.
- Bio-diesel dapat mengurangi sekitar 65 persen partikel debu.
- Bio-diesel mempunyai cetane rating yang lebih tinggi dari minyak solar yang menyebabkan kinerja mesin lebih tinggi.

Namun Bio-diesel tersebut mempunyai emisi NOx yang lebih tinggi daripada minyak solar (petrodiesel) yang disebabkan oleh tingginya cetan rating. Tingginya emisi NOx tersebut dapat dikurangi dengan penggunaan *catalytic converter*. Bahkan penyetelan mesin secara benar juga dapat mengurangi emisi NOx dari Bio-diesel tersebut.

Berdasarkan hasil Model MARKAL, penggunaan Bio-diesel dan sumber energi non minyak lainnya dapat berdampak terhadap jumlah emisi polutan dan gas rumah kaca CO_2 seperti diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Emisi Polutant dari Penggunaan Energi pada Sektor Transportasi Menurut Base Case dan High Oil Case.

TAHUN	Emisi CO_2 (juta ton)		Emisi NO_X (ribu ton)		Emisi SO_X (ribu ton)	
	BASE	HIGHOIL	BASE	HIGHOIL	BASE	HIGHOIL
2003	70.51	61.94	228.25	184.10	29.07	18.46
2004	73.72	64.19	245.87	199.83	31.25	20.23
2005	77.98	67.57	260.56	211.03	32.91	21.38
2006	81.87	70.77	272.77	220.74	34.39	22.38
2007	85.74	74.01	284.98	230.38	35.83	23.35
2008	89.55	77.23	297.42	240.29	37.29	24.33
2009	93.34	80.38	309.56	249.86	38.71	25.29
2010	97.08	82.50	321.81	264.66	40.14	25.81
2011	102.67	86.03	340.55	285.88	42.26	26.78
2012	108.22	89.77	359.35	302.74	44.39	28.13
2013	112.98	91.21	378.12	318.63	46.10	29.53
2014	118.50	95.07	397.27	336.01	48.28	30.88
2015	123.98	98.50	415.96	353.36	50.32	32.13
2016	131.43	103.25	441.04	376.43	53.13	33.85
2017	138.94	108.07	466.13	399.77	55.95	35.55
2018	146.39	113.09	491.16	422.54	58.72	37.24
2019	153.86	118.03	516.60	443.27	61.56	39.22
2020	161.26	123.98	541.19	459.54	64.26	41.46
2021	170.54	131.60	570.86	479.85	67.54	44.24
2022	179.81	139.03	600.87	504.87	70.92	46.72
2023	188.91	142.69	630.53	529.59	74.06	49.07
2024	198.07	149.39	660.60	554.65	77.31	51.45
2025	207.18	156.80	690.68	578.21	80.54	53.97

Sumber: Tim Perencanaan Energi BPPT (2005).

Sebagaimana dijelaskan didepan bahwa dari hasil perkiraan Model MARKAL (Tim Perencanaan Energi BPPT, 2005) menunjukkan bahwa kenaikan harga minyak mentah dari 40$/barrel menjadi 60$/barrel berakibat pada meningkatnya daya saing sumber energi gas dan energi terbarukan seperti Bio-diesel dan bioethanol sebagai sumber energi pada sektor transportasi. Hal ini membawa nilai positif pada semakin berkurangnya emisi bahan pencemar NOx dan SOx, serta gas rumah kaca CO_2. Persentase pengurangan terbesar akibat penggunaan sumber-sumber energi non minyak tersebut adalah emisi SOx, yang mencapai 36 persen pada tahun 2005 dan skitar 33 persen pada tahun 2025, sedangkan persentase pengurangan emisi CO_2 mencapai sekitar 12 persen pada tahun 2005 dan 24 persen pada tahun 2025. Sementara itu terjadinya pengurangan emisi NOx diperkirakan mencapai 19 persen pada tahun 2005 dan 16 persen pada tahun 2025. Namun pengurangan emisi NOx pada kasus harga minyak tinggi tersebut diperkirakan dikontribusi akibat penggunaan bahan bakar bioethanol dan gas saja, bukan akibat penggunaan Bio-diesel.

6. KESIMPULAN

1. Keekonomian pemanfaatan Bio-diesel sebagai sumber energi terbarukan pengganti minyak solar pada sektor transportasi ditentukan bukan saja oleh harga Bio-diesel itu sendiri tetapi juga ditentukan oleh harga minyak mentah, semakin tinggi harga minyak mentah, semakin kecil perbedaan biaya pengadaan Bio-diesel dengan pengadaan minyak solar, sehingga semakin besar daya saing Bio-diesel sebagai pengganti atau campuran minyak solar pada sektor transportasi.

2. Berdasarkan hasil perkiraan Model MARKAL (*Market Allocation*), harga minyak mulai US 60$/barrel akan berdampak pada peningkatan kelayakan ekonomi sumber-sumber energi non minyak termasuk sumber energi terbarukan Bio-diesel sebagai sumber energi alternatif. Pada level harga tersebut, Bio-diesel akan bisa bersaing mulai tahun 2017 dengan kebutuhan 9,95 PJ dan meningkat menjadi 281,28 PJ pada tahun 2025.

3. Perkiraan kebutuhan Bio-diesel perlu diantisipasi dengan penyiapan lahan kelapa sawit untuk bahan baku yang diperkirakan mencapai 0,14 juta hektar untuk memproduksi 0,28 juta ton CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2017, 1 juta hektar untuk memproduksi 1,9 juta ton CPO pada tahun 2022 dan mencapai sekitar 4 juta hektar untuk memproduksi 7,9 juta ton CPU di tahun 2025.

4. Peningkatan harga minyak mentah dari 40$/barrel menjadi 60$/barrel selain berakibat pada penggunaan sumber-sumber energi non minyak pada sektor transportasi, berakibat pula pada peningkatan total biaya (*discounted cost*) penyediaan energi pada sektor transportasi dari 316.554 juta US dollar menjadi 320.802 juta US dollar.

5. Keuntungan pemanfaatan Bio-diesel tidak bisa dilihat dari keuntungan ekonomi semata, tetapi perlu juga dilihat dari segi dampak sosial dan lingkungan. Bio-diesel sebagai sumber energi terbarukan yang berbahan baku biomasa produksi pertanian, diharapkan pengembangannya dapat menciptakan lapangan kerja di pedesaan, terutama pada sektor informal. Bio-diesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, karena sifatnya yang tidak beracun dan biodegradable, serta mengandung sedikit emisi bahan pencemar (pollutant) dan gas rumah kaca CO_2.

DAFTAR PUSTAKA.

1. www.fuelsolution.com. 2004. *Iowa Workshop Expect More from Your Fuel.* Advanced Fuel Solutions, Inc. Lynnfield, MA. 01940.
2. Columbia University Press. (2004). *Encyclopedia. Bio-diesel*.
3. Darnoko, et al. (2001). *Penggunaan Bio-diesel Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif.*Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Diskusi Meja Bundar Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim pada Sektor Energi. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 12 April 2001.

4. Didiek, H.G. (2004). *Harga Minyak Melonjak, Pakai Bio-diesel Kenapa Tidak?* Kompas, 2 Desember 2004.
5. Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan. (2000, 2001, 2002, 2003, 2004). *Statistik Perkebunan. Kelapa Sawit 2000, 2001, 2002, 2003, & 2004*.
6. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas. (2000, 2001, 2002, 2003, 2004). *Statistik Perminyakan Indonesia 2000, 2001, 2002, 2003, & 2004*.
7. Sudradjat, HR. Prof. Dr. (2006). *Waspadai secara Serius: Keasaman Bio-diesel dari Minyak Jarak Pagar bisa Merusak Seluruh Mesin di Indonesia.* Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
8. Theil, S. (2005). *The Next Petroleum with Oil Prices Going through the Roof, so called Biofuel are at last becoming a viable alternative to gasoline and Diesel.* Newsweek International.
9. Tim Perencanaan Energi BPPT. (2005). *Hasil Run Model MARKAL.* Oktober 2005.
10. KOMPAS. 31 Agustus 2005. *Harga Minyak Tak Wajar. Pemerintah AS dan Spekulan Berperan Besar.*
11. Macedo, I.C. (2004). *Chapter 10 Converting Biomass to Liquid Fuels: Making Ethanol from Sugar Cane in Brazil.* Energy as an Instrument for Socio-Economic Development. UNDP-EAP.