

Analisis Energy Productivity Ratio (EPR) Pada Pengolahan Biodiesel dari Minyak Sawit

M. Husnawan^{*}, Ilyas, Hamdani, Sarwo Edhy S

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syech Abdul Rauf No.7-Darussalam Banda Aceh 23111

^{*}To whom correspondence should be addressed

E-mail : husnawan_m@yahoo.com

Abstrak

Minyak sawit diproduksi melalui usaha budidaya tanaman sawit dengan produk panen Tandan Buah Segar (TBS), yang selanjutnya diolah menjadi Minyak Sawit Mentah (CPO). CPO bisa digunakan pada industri bahan mentah sebagai bahan baku, seperti: produk kimia, minyak goreng, makanan dan mengubah menjadi bahan bakar biodiesel. Usaha pengadaan bahan baku tentunya terkait pada usaha budidaya pertanian dan pengolahan pasca panen. Usaha "perkebunan Energi" seharusnya memenuhi persyaratan teknik-energitik dimana kandungan bahan bakar hayati yang dihasilkan (elemen output) lebih besar dari jumlah total segala bentuk energi berbasis fosil yang digunakan selama pembudidayaan tanaman dan pengolahan pasca panennya (elemen input). Oleh karena itu kelayakan teknisnya dapat ditentukan oleh besar nilai rasio produktivitas energi (EPR) usaha tersebut. Perhitungan-perhitungan yang didasarkan pada data hasil survey lapangan ke perkebunan dan pabrik pengolahan yang ada di tanjung seumantoh (yang sebenarnya dimaksud untuk memproduksi bahan pangan) dan dilengkapi dengan data literatur untuk pabrik biodiesel menghasilkan nilai-nilai EPR yang >2 untuk bahan baku CPO + PKO dan EPR >3 untuk CPO. Ini menunjukkan bahwa pembudidayaan dan pengolahan sawit untuk menghasilkan energi terbarukan (dalam bentuk minyak sawit dan inti sawit) secara teknik-energitik dapat dipertanggungjawabkan.

Kata kunci: energi, produktivitas, minyak sawit, biodiesel

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia bertambah, sementara sumber energi primer seperti minyak mentah, gas dan batu bara terbatas, ini mendorong rakyat untuk menemukan energi alternatif disamping itu rakyat juga tahu bahwa pengaruh tingginya pembakaran pada bahan bakar fosil akan merusak lingkungan dan kehidupan manusia.

Salah satu bentuk energi alternatif yang saat ini sudah digunakan adalah bahan bakar biodiesel sebagai pengganti solar. Bahan bakar ini dibuat dari pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah sebagai bahan bakunya, yang kemudian dicampur dengan metanol (22%) dan NaOH (katalis) 1% untuk mempercepat laju reaksi, lalu dipanaskan pada suhu kisaran (80-100) °C selama 60 menit, setelah bereaksi lalu didinginkan dan dibersihkan dengan air[1].

Dilihat dari bahan bakunya, kelapa sawit merupakan bahan mentah yang melimpah di Indonesia saat ini. Perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia masih akan terus berlanjut, diperkirakan tahun 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO (*Crude Palm Oil*) terbesar di dunia dengan total produksi 15 ton per tahun[2]. Sampai akhir tahun 2000, luas total perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah 3,2 juta hektar, dengan produksi CPO 6,5 juta ton per tahun. Sementara itu sejak tahun 1999, harga CPO berfluktuasi sangat tajam, dan sempat mencapai harga terendah selama sepuluh tahun terakhir[13].

Untuk menghasilkan biodiesel yang berasal dari CPO kelapa sawit, terdapat dua proses aktivitas produksi yang dibutuhkan, yaitu langkah penanaman dan proses panen yang melibatkan elemen dari bahan mentah bibit sawit hingga bahan bakar yang dibutuhkan pada proses panen dan transportasi serta proses pengolahan menjadi biodiesel itu sendiri. Analisis energi dalam memproduksi sumber energi yang dapat diperbaharui dari hasil panen, telah diterbitkan sebelumnya oleh beberapa penulis. Setelah itu, keseimbangan untuk memproduksi etil alkohol dari hasil panen[3] dan keseimbangan energi untuk sistem konversi biomassa[4] lalu keseimbangan energi dari etanol sebagai bahan bakar[5]. Dalam membuat metil ester (biodiesel) dari hasil panen, analisa energi ditulis untuk pengolahan produksi metil ester dari pengolahan benih minyak beku[6]. Studi analisa energi menandakan bahwa elemen – elemen energi yang dimiliki yaitu energi masuk dan energi keluar.

Energi masuk adalah kebutuhan energi dalam penanaman dan proses panen. Energi output adalah energi yang berasal dari produk utama dan produk samping. Penentuan perbandingan produktivitas energi, tergantung pada pemanfaatan dari energi produk samping. [5] menghitung *EPR* dengan menambahkan produk utama dan produk samping (energi output) dan membagi energi input.

Beberapa produk samping dari hasil pengolahan pabrik tidak langsung dimanfaatkan pada sistem ini, tidak dimasukkan dalam energi input ataupun output. Dalam penulisan ini disebutkan bahwa *EPR* merupakan hasil bagi antara produk utama (biodiesel) dengan energi input dikurang energi output dari produk samping [6].

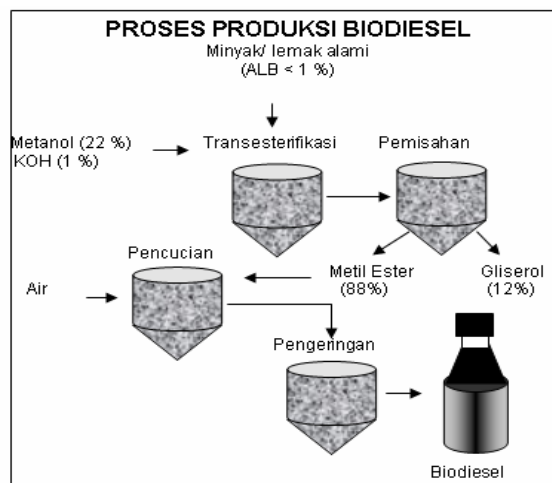
Nilai *EPR* didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer didapat langsung berdasarkan survei lapangan pada perkebunan dan pabrik, sedangkan sumber lainnya didapat dari instansi terkait atau *website* resmi pabrik. Data sekunder dikumpulkan dengan studi literatur. Data yang dibutuhkan untuk menghitung nilai *EPR* adalah harga energi dari bahan bakar permesinan dan persamaan energi pupuk.

Kondisi untuk teknik kegiatan energi pada perkebunan merupakan prinsip dasar untuk mempertimbangan bahwa biodiesel muncul dari sumber yang dibutuhkan untuk ditanami, dan langkah utama energi yang terkandung dalam biodiesel harus lebih besar dari total energi fosil yang dikumpulkan oleh setiap aktivitas kerja permesinan, mulai dari sumber tanaman biota, penyaringan minyak dan konversi menjadi biodiesel, sedangkan produk utama (biodiesel) dan hasil samping dari pabrik (tandan kosong, fiber dan cangkang) bisa digunakan kembali untuk penanaman (pupuk) dan proses panen (bahan bakar utama).

2. Biodiesel dan Produktivitas Bahan Baku

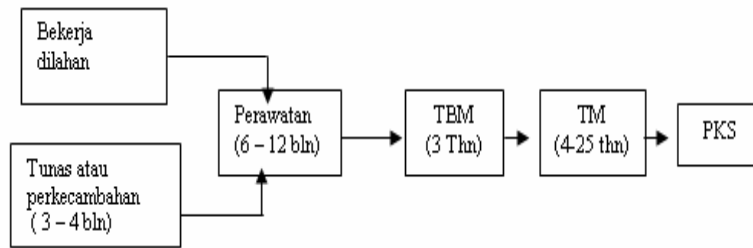
Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang terdiri dari ester-ester metil (atau etil) dengan asam-asam lemak. Produk biodiesel mentah yang dihasilkan proses metanolisis biasanya harus dimurnikan dari kotoran seperti sisa-sisa metanol, katalis dan gliserin dengan menempatkan biodiesel mentah di dalam kolom dan kemudian disemprot dengan air perlahan-lahan dari bagian atas, sehingga tetesan-tetesan air akan bergerak ke bawah sambil membersihkan biodiesel dari kotoran[5].

Proses pembuatan biodiesel secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



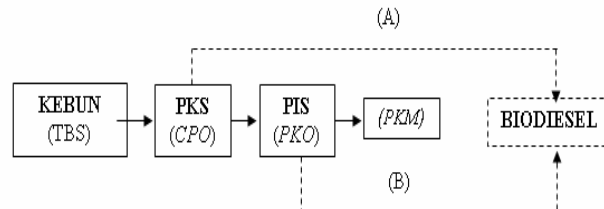
Gambar 1. Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit[14].

Bahan baku didapat melalui beberapa tahapan, diantaranya proses penanaman yang bermula dari bekerja dilahan sampai menuju panen. Seperti dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 2. Blok Diagram langkah Penanaman
Dimana :
TBM : Tandan Belum Menghasilkan.
TM : Tandan Menghasilkan.
PKS : Pabrik Kelapa Sawit.

Kemudian proses panen dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Langkah Proses Panen

Jika bahan baku untuk pabrik biodiesel adalah *Crude Palm Oil (CPO)* dan *Palm Kernel Oil (PKO)*, proses panen melewati alur (A + B), jika hanya *CPO* melewati alur (A). Kebutuhan elemen energi antara lain proses panas bahan bakar, energi gerak motor, kimia spesifik seperti metanol, dan juga energi peralatan transportasi dan investasi pabrik. Penggunaan energi dari sisa bahan seperti cangkang dan serabut (*nonfossil energy*) adalah untuk energi listrik dan proses panasnya tidak dihitung sebagai energi input.

2. Analisis EPR

2.1 Elemen Energi Input

Elemen energi bahan bakar dibutuhkan untuk menggerakkan alat-alat pertanian, alat transportasi, alat pabrik dan juga panas dari proses. Data standar harga energi bahan bakar fosil adalah 35.307 MJ/liter untuk solar[7] dan 31.29 MJ/liter untuk bensin[8], sedangkan harga untuk minyak diesel 37.7 MJ/liter[9].

Berbagai harga energi dalam produksi pupuk antara lain menggunakan harga energi untuk berbagai macam pupuk seperti pupuk Nitrogen dengan nilai 83,5 MJ/kg dan 13,7–15,2 MJ/kg untuk pupuk Fosfor, lalu 7,9–9,0 MJ/kg untuk pupuk Kalium. Dengan menggunakan harga energi diatas, dihitung harga energi pupuk pada perkebunan kanola[14]. Harga energi 58,15 MJ/kg untuk pupuk Nitrogen (*anhydrous ammonia*), Fosfor 6,98 MJ/kg dan Kalium 4,65 MJ/kg [9]. Dalam penulisan ini, harga energi pupuk digunakan dari Batchelor (1995) dan dari penggunaan pupuk lainnya di lapangan (Kieserite, dolomite dan borate), persamaan energi ditentukan dari harga pembelian di pasar lokal. Bahan kimia pestisida digunakan untuk mencegah perusakan hama penyakit.

Transportasi produksi merupakan bagian terpenting pada perkebunan sawit dan bisa mempengaruhi kualitas dari produk *CPO*. Transportasi tergantung pada jarak dari lahan sawit ke Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dan selalu bervariasi dari yang terendah 212 MJ/tons pada Tandan Buah Segar (TBS) pada PT. Socfindo sampai tertinggi 428,4 MJ/tons pada TBS di PTPN II[10]. Energi

transportasi juga dibutuhkan dalam pengiriman bahan mentah, dari lahan ke pabrik pengolah hasil panen.

Bahan kimia terpenting adalah metanol yang digunakan dalam metanolisis *esterification*. Nilai energi dari metanol adalah 20 MJ/kg[9].

2.2 Elemen Energi Output

Faktor penyebaran produksi kelapa sawit antara lain pemupukan, jenis utama tumbuhan, iklim, dan cara panen. Tim survei menunjukkan rata-rata produksi tahunan pada 22 dan 20 ton TBS/ha. Hasil panen adalah TBS yang berisi minyak sayur yaitu 21,7 % *CPO* dan 2,15 % *PKO*. Kedua minyak ini mempunyai nilai energi dan merupakan bahan mentah biodiesel. Harga energi pembakaran dari minyak sawit adalah 36,82 MJ/kg[8].

Proses panen menghasilkan biodiesel sebagai produk utama dengan konversi 94% sampai 99% [9], penjelasan ini menggunakan nilai perubahan 95%. Biodiesel mempunyai energi pada 37,436 MJ/ton. Hasil sampingan seperti gliserol mempunyai energi pada 11.500,0 MJ/kg [6] dengan konversi 16-20 % [12] dari hasil produk utama.

Konsep teknik kegiatan tersebut diukur dari parameter standar yang disebut Rasio Produktivitas Energi (*EPR*) dan diartikan sebagai perbandingan dari energi output dan energi input bersih [11]. Maksud pengertian ini bahwa *EPR* adalah kandungan energi dalam biodiesel (E_p) dibagi oleh energi fosil total yang digunakan dalam tanaman dan proses panen (E_1) dikurang energi dari hasil samping (E_2). Persamaan tersebut dapat dilihat dibawah ini.

$$EPR = \frac{E_p}{(E_1 - E_2)} \dots\dots\dots(1)$$

Energi output yang dapat diperbarui adalah energi yang berisi dalam produk perkebunan, sedangkan energi input fosil adalah total energi fosil yang digunakan dalam membuat dan menyediakan bahan-bahan pendukung sehingga penanaman dan kegiatan proses panen berjalan dengan semestinya. Pabrik pengolahan biodiesel berjalan dengan baik jika energi output lebih besar dari energi input bersih, maksudnya bahwa $E_p > (E_1 - E_2)$, atau memenuhi persyaratan kelayakan teknik energetik [11], jika $EPR > 1$.

3. Analisa Data dan Hasil

3.1 Penanaman Kelapa Sawit

Data survei diperoleh dari perkebunan dan pabrik PTPN I yang menyebutkan berbagai energi dibutuhkan dalam perkebunan sawit dan perhitungan dari elemen energi memberikan energi input seperti diatas. Total energi output adalah nilai energi dari minyak sawit dan inti sawit pada TBS tertinggi didapat pada tahun 2004, karena produksi rata-rata dari TBS/ha pertahunnya lebih besar dengan luas hektar lahan yang relatif kecil.

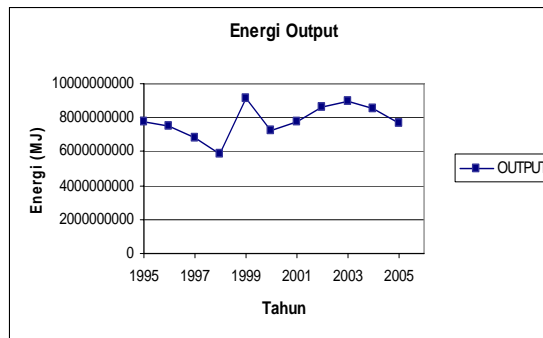
Tabel 1. Dosis Pemupukan Per-Tahun [15].

Elemen	Dosis	Satuan	Per-Thn	Per-Ha
Pupuk N	0.1	Kg/phn	1.4	195.8
Pupuk P	0.5	Kg/phn	1.25	168.8
Pupuk K	0.2	Kg/phn	1.5	202.5
Pupuk Mg	0.1	Kg/phn	1.23	166.5
Pupuk B	-	Kg/phn	0.03	4.1
B. Bakar	-	Ltr	-	89.6
Air	75.0	m ³ /ha	27000.0	27000.0
Pompa	2.5	HP/Ha	5184	5184
Kimia Total		Kg	13965	13965
		Ltr	45.9	45.9

Tabel 2. Data Pemakaian Bahan Bakar Tahun 2005 [15].

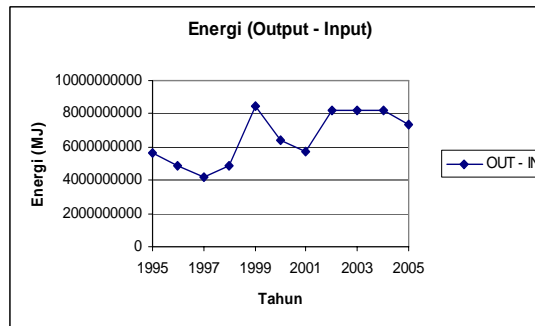
No	Parameter	Satuan	Jumlah
1	Jam Stagnasi (<i>Start</i>)	(Jam)	226.4
2	Jam Olah	(Jam)	4948.0
3	Jam efektif	(Jam)	4721.2
4	Bahan Bakar Solar	(Liter)	7925.1

Berikut ini merupakan grafik laju energi output (produksi) berdasarkan variasi jumlah produksi yang berbeda tiap tahunnya.



Gambar 4. Laju Energi Produksi di PTPN I

Sedangkan grafik laju energi produksi bersih berdasarkan selisih energi produksi dengan energi penanaman yang berbeda tiap tahunnya dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Laju Energi Produksi *Netto* di PTPN I

3.2 Tahap Proses Panen

Survei langkah proses panen ada di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dan Pabrik Inti Sawit (PIS). Pada proses panen sawit berdasarkan perhitungan, penggunaan energi dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Energi Total Input dalam Tahap Proses Panen

No	Bahan	CPO + PKO	CPO
		(PTPN I) Pemakaian Energi (MJ/Ha)	
1	PKS + PIS	369123.63	369123.63
2	Metanol	326636.2	299965.4
	Total	695759.83	669089.0

Nilai dari elemen energi input dalam tahap proses panen disusun dalam Tabel 4. Tabel ini juga menunjukkan kebutuhan energi dalam membuat biodiesel untuk dua kemungkinan dari bahan (*CPO + PKO*) atau *CPO*. Metanol adalah energi input yang sering digunakan karena pembakaran energi dari metanol cukup besar. Data energi pada produk utama dan hasil samping dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Data Energi pada Produk Utama dan hasil samping

NO	Bahan Produk.Utama	Data Energi	
		<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
		MJ/HA	
1	Biodiesel	2564366	2355098.76
	Hasil samping	<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
2	<i>PKO</i>	0	233822.92
3	PKM	160932.75	160932.75
4	Gliserol	107441.039	98665.867
	Total	268373.789	493421.537

Variasi bahan dalam membuat biodiesel menyebabkan perbedaan langkah produksi yang memberikan perbedaan nilai elemen output. Perbedaan tipe pada hasil samping bisa dicapai jika bahan dalam membuat biodiesel berbeda, yaitu *CPO* atau (*CPO + PKO*).

Kebutuhan energi total dalam perkebunan dan proses panen disusun dalam Tabel 5. Nilai energi total ini dibutuhkan untuk menentukan nilai energi input bersih ($E_1 - E_2$) yang disusun dalam Tabel 5. Energi input bersih adalah energi input total dikurang energi total dari hasil samping.

Tabel 5. Energi Total di Perkebunan / Penanaman dan Proses Panen)

No	Bahan	<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
		MJ/HA	
1	Kebun	571408.712	571408.712
2	Panen	695759.83	669089.0
	Total	1267168.542	1240497.742

Tabel 6. Penentuan dari Energi Input Bersih ($E_1 - E_2$)

No	Bahan	<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
1	Energi total input	1267168.542	1240497.742
2	Energi total output hasil samping	268373.789	493421.537
	($E_1 - E_2$)	998794.7532	747076.2052

Berdasarkan hasil daripada analisis data diatas, maka diperoleh :

Tabel 7. Energi total yang dibutuhkan dari bahan *CPO+ PKO* dan *CPO*

No	Proses	Energi total yang dibutuhkan(MJ/ha)	
		<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
1	Penanaman	571408.712	571408.712
2	Panen	695759.83	669089.03
3	Energi Total	1267168.542	1240497.742

Tabel 8. Penentuan energi input bersih(E_1-E_2) untuk bahan *CPO + PKO* dan *CPO*

No	Proses	Energi input bersih(E_1-E_2) MJ/ha	
		<i>CPO + PKO</i>	<i>CPO</i>
1	Energi Input Total	1267168.542	1240497.742
2	Energi Output Total hasil samping	268373.79	493421.54
3	($E_1 - E_2$)	998794.752	747076.202

Penentuan nilai *EPR* dari bahan baku *CPO + PKO* dan *CPO* :

- Rasio Produktivitas Energi (*EPR*) dari bahan *CPO + PKO* : 2.567
- Rasio Produktivitas Energi (*EPR*) dari bahan *CPO* : 3.15

Dari hasil perhitungan didapat nilai *EPR* yang berbeda dari bahan *CPO* dan *CPO + PKO*, yaitu 3,15 dan 2.567, maka nilai – nilai ini memenuhi persyaratan teknik pemrosesan energi yang layak [11]. Survei data perhitungan dan proses juga menunjukkan produktivitas energi bisa diperbesar dengan menaikkan kualitas perkebunan yakni memperbesar jumlah tanaman dan memperkecil luas area kebun kelapa sawit.

3.3 Prediksi Untuk 10 Tahun Kedepan

Untuk mengetahui prospek usaha dari proyek yang direncanakan perlu diadakan perkiraan atau prediksi tentang produksi yang dihasilkan. Hasil peramalan dan perkiraan juga dapat digunakan sebagai informasi dalam mengukur tentang kapasitas produksi yang direncanakan. Metode pengukuran dan peramalan yang digunakan pada umumnya menggunakan peralatan statistik seperti trend, regresi, korelasi, dan teori probabilitas yang disesuaikan dengan keadaan dan masalah yang dihadapi.

Penulisan ini menggunakan metode *trend linear* karena sesuai dengan model data yang didapat dengan persamaan:

$$Y_c = a + b (x) \dots \dots \dots (2)$$

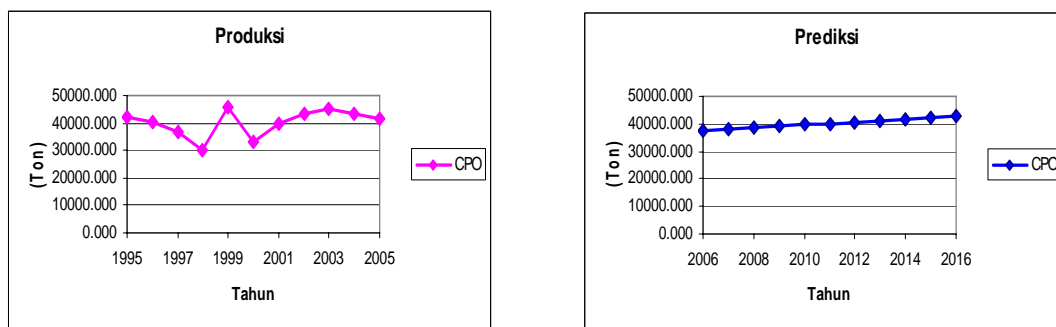
Dimana, Y_c = nilai yang diperkirakan, a dan b = nilai konstanta dalam sebuah persamaan *trend*, x = rangkaian tahun. Konstanta a dan b dihitung sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{N} \dots \dots \dots (3)$$

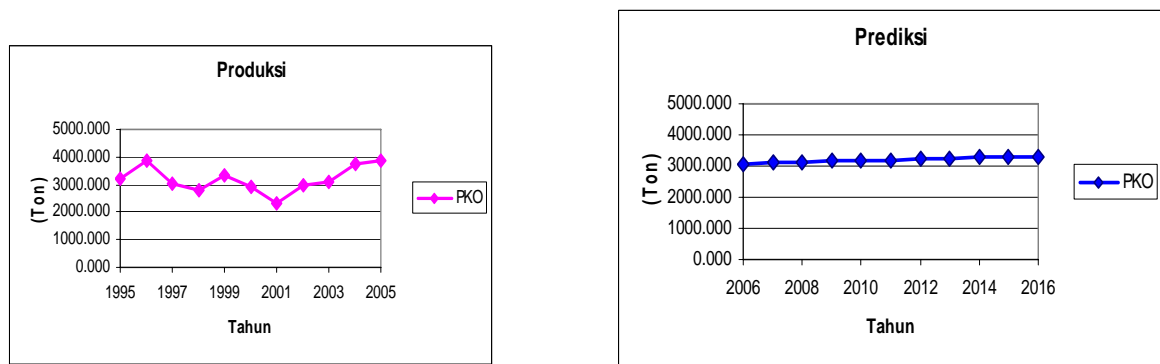
$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i}{x^2} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana, N = jumlah total dari model data, Y = jumlah produksi pertahun.

Berdasarkan analisis di atas, maka dapat dibuat grafik prediksi dari produksi minyak sawit dalam 10 tahun kedepan seperti Gambar 6 dan Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Prediksi dari Produksi *CPO*



Gambar 7. Grafik Prediksi dari Produksi *PKO*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk prediksi minyak *CPO* dalam 10 tahun kedepan diperkirakan lebih dari 30000 Ton dan kurang dari 50000 Ton pertahunnya, sedangkan untuk prediksi minyak *PKO* diperkirakan lebih dari 3000 Ton dan kurang dari 4000 Ton pertahunnya, ini berarti PTPN I untuk masa yang akan datang masih layak untuk dioperasikan, karena jumlah prediksi dari produksinya masih dalam tingkat memadai yakni lebih dari 30000 Ton/Tahun *CPO*.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada Rasio Produktivitas Energi (*EPR*) dalam mengolah biodiesel dari minyak sawit dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan prediksi yang dilakukan maka pengolahan bahan bakar biodiesel dari minyak sawit adalah teknis pemrosesan energi yang layak, karena didapat nilai *EPR* > 1.
2. Pada hasil perhitungan *EPR*, untuk bahan *CPO* didapat nilai yang lebih besar daripada bahan *CPO* + *PKO*, yaitu sebesar 3,15 dan 2.567, ini berarti bahwa untuk mendapatkan nilai rata-rata *EPR* yang sedikit lebih tinggi digunakan alur (A) pada proses pengolahan dari bahan bakunya. Nilai ini mengalami kenaikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya yang mencapai titik terendah 0,455 untuk bahan *CPO* dan 0,471 untuk bahan *CPO* + *PKO*.
3. Berdasarkan perhitungan prediksi dengan mengetahui jumlah produksi minyak sawit untuk masa yang akan datang, maka PTPN I untuk 10 tahun yang akan datang masih layak untuk dioperasikan, karena jumlah produksi (*CPO*) > 30000 Ton/Ha/Tahun dengan perbandingan produksi standar *CPO* > 25000 Ton/Ha/Tahun.
4. Prediksi dari jumlah sisa penjualan pabrik dapat dijadikan bahan baku pengolahan biodiesel untuk mengurangi pemakaian bahan bakar solar pada PTPN I sebanyak 1,3 % untuk sepuluh ke depan.

Daftar Pustaka

- [1] H.G, Didiek, 2004, Harga Minyak Melonjak, Pakai Biodiesel Kenapa Tidak, Harian Kompas Hal 2., Jakarta.
- [2] Samsiar H.C, 2001, Biodiesel Sebuah Harapan Baru. www.terranet.or.id, Jakarta.
- [3] Da Silva, G.J., Serra, E, 1978, Energi Balance for Biomass Conversion Systems, Plenum Press, New York.
- [4] Katzen, Raphael, 1983, Energy Balance for Biomassa Conversion System, Plenum Press, New York.
- [5] Parisai, F, 1984, Energy Balance of Etanol As A Fuel, 41-68, Genova.
- [6] Batchelor, S.E., Booth, J.E, Walker, K.C, 1995, Energy Analysis of Rye Methyl Ester (RME) Production from Winter Oilseed Rape, Elsevier, 197 – 202.

- [7] Anonymous, 1999, Technical – Energetic Energy Plantation, Center of Energy Development (CED), Institute Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
- [8] Anonymous, 1996, North American Combustion Hand Book, Cleveland.
- [9] Muller, R.E, 1992, Energy Input-Output Simulation of Crop Production, Elsevier.
- [10] Anonymous, 2005, Palm Biofuel and Palm Biodiesel Fuels for The Future, MPOB, Malaysia.
- [11] Haryanto, Bode, 2000, Studi Neraca Energi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Sawit, Master Theses, JBPTITBPP, Bandung.
- [12] Bailey A.E, 1996, Industrial Oil and Fat Product, New York Int., Publising.
- [13] Anonymous, 1997, Technical Procedure in Palm Oil Mill Factory, PTPN III, Medan.
- [14] Allen, M, Batch, 2000, Reactor for Making Methyl Esters as a Petro-diesel Substitute. Songkla University, Thailand.
- [15] Anonymous, 1999, Technical Procedure in Plantation, PTPN II, Medan.