

Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil PKS Sungai Galuh

M Imam Arifandy¹, Eka Pandu Cynthia², Sarbaini³, Fitriani Muttakin⁴, Nazarudin⁵

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: arifandyimam@uin-suska.ac.id

² Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: eka.pandu.cynthia@uin-suska.ac.id

³ Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: sarbaini@uin-suska.ac.id

⁴ Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: fitrianimuttakin@uin-suska.ac.id

⁵ Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: nazar.sutan@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Tahun 2019 Indonesia menjadi penghasil CPO terbesar di dunia, dengan total luas wilayah perkebunan kelapa sawit mencapai 14.456.611 Hektar dengan hasil produksi CPO mencapai 47.120.247 ton. Proses produksi CPO tersebut menghasilkan berbagai macam limbah, salah satunya adalah limbah padat. Apabila limbah padat tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan permasalahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkalkulasikan potensi pengelolaan limbah yang dihasilkan dari Pabrik Kelapa Sawit Sungai Galuh, Provinsi Riau, yaitu limbah padat menjadi sumber energi terbarukan serta pengaruh potensi limbah padat kelapa sawit terhadap kenaikan nilai *Net Energy Balance* (NEB) dan nilai *Net Energy Ratio* (NER). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menghitung neraca dari hasil limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit, yang kemudian dikonversi ke dalam nilai faktor energi dari sumber literatur yang akuntabel. Hasil perhitungan menunjukkan pada setiap pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar kelapa sawit, menghasilkan 130 kg limbah serat dan 65 kg limbah cangkang inti (*kernel*). Hasil penelitian menunjukkan apabila limbah padat diaplikasikan menjadi bahan bakar alternatif pada *boiler*, maka akan menghasilkan energi sebesar 13.182 MJ. Sumber energi terbarukan ini dapat meningkatkan nilai NEB dari 27.199 MJ menjadi 40.378,01 MJ (48,45%) dan kenaikan NER dari 3,19 menjadi 4,01 atau meningkat 25,7%.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Limbah Sawit, ISPO, NER, NEB

ABSTRACT

In 2019 Indonesia became the largest producer of CPO in the world, with a total area of oil palm plantations reaching 14,456,611 hectares with CPO production reaching 47,120,247 tons. The CPO production process produces various kinds of waste, one of which is solid waste. If solid waste is not managed properly, it will cause environmental problems. This study aims to calculate the potential for managing waste generated from the Sungai Galuh palm oil mill, Riau Province, namely solid waste as a renewable energy source and the potential effect of palm oil solid waste on increasing the value of Net Energy Balance (NEB) and the value of Net Energy Ratio (NER). This study uses a quantitative approach using the Life Cycle Assessment (LCA) method to calculate the balance of the solid waste produced by the palm oil mill, which is then converted into energy factor values from accountable literature sources. The calculation results show that each processing of 1 ton of palm oil fresh fruit bunches produces 130 kg of fiber waste and 65 kg of kernel shell waste. The results show that if solid waste is applied as an alternative fuel to the boiler, it will produce 13,182 MJ of energy. This renewable energy source can increase the value of NEB from 27,199 MJ to 40,378.01 MJ (48.45%) and increase NER from 3.19 to 4.01 or an increase of 25.7%.

Keywords: Renewable energy, Palm Oil Waste, ISPO, NER, NEB

Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan pertanian di Indonesia, yang memiliki peran utama dalam menghasilkan minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) serta juga menghasilkan minyak inti sawit atau *Palm Kernel Oil* (PKO) yang didapat dari proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit.

Pada tahun 2019, total luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia sudah mencapai angka 14.456.611 Hektar, yang terdiri dari berbagai status kepemilikan, diantaranya Perkebunan Besar Negara, Perkebunan Rakyat dan perkebunan Besar Swasta, dengan total produksi mencapai angka 47.120.247 ton *Crude Palm Oil* (CPO), dan 9.424.049 ton minyak inti sawit / *Palm Kernel Oil* (PKO). Pada tahun 2019 juga, Indonesia mampu melakukan ekspor minyak sawit dengan volume total 28.279.350 ton dengan nilai ekspor yang mencapai angka 14.716.275 US\$ [1].

Besarnya angka produktivitas serta angka nilai ekspor dari komoditas kelapa sawit tersebut juga diiringi dengan adanya kendala dari pasar dunia yang menuntut produk hasil pengolahan perkebunan kelapa sawit agar mengacu kepada pengelolaan kelapa sawit dengan standar berkelanjutan dan ramah lingkungan, mengingat banyaknya limbah yang dihasilkan melalui proses pengolahan TBS menjadi CPO dan PKO[2]. Salah satu langkah pemerintah Indonesia dalam menghadapi kendala ini adalah dengan menetapkan peraturan perundangan bagi seluruh pengusaha kelapa sawit untuk menerapkan prinsip keberlanjutan di dalam kegiatan usaha kelapa sawit melalui ditetapkannya kebijakan *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO)[3].

Kebijakan *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO) diinisiasi melalui diterapkannya Peraturan Menteri Pertanian Nomor 19 Tahun 2011 tentang Pedoman Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia yang kemudian hingga saat ini, ditetapkan peraturan terbaru mengenai ISPO melalui Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan Sertifikasi Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia. *Indonesian Sustainability Palm Oil* / ISPO itu sendiri adalah sistem usaha perkebunan kelapa sawit yang layak ekonomi, sosial budaya, dan ramah lingkungan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan [4].

Melalui penerapan ISPO, diharapkan para pelaku usaha kelapa sawit tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas hasil, namun juga menerapkan prinsip keberlanjutan[5]. Adanya implementasi ISPO ke dalam proses produksi kelapa sawit, juga dapat memberikan manfaat bagi para pelaku usaha, yaitu perbaikan kondisi lingkungan perusahaan, peningkatan pendapatan perusahaan

serta penghematan biaya yang ditimbulkan dari proses produksi CPO dan PKO kelapa sawit [6]

ISPO juga mengatur standar produksi perkebunan kelapa sawit yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian Republik Indonesia yang secara wajib untuk ditaati pelaku usaha sawit[7], melalui penerapan tujuh prinsip dan tiga puluh kriteria yang harus dilaksanakan bagi perusahaan perkebunan, serta penerapan lima prinsip dan dua belas kriteria yang harus dilaksanakan bagi pekebun. Perusahaan Perkebunan adalah badan usaha yang berbadan hukum, didirikan menurut hukum Indonesia dan berkedudukan di wilayah Indonesia yang mengelola usaha perkebunan kelapa sawit dengan skala tertentu, sedangkan pekebun adalah perseorangan Warga Negara Indonesia yang melakukan usaha perkebunan kelapa sawit dengan skala usaha tidak mencapai skala tertentu [4]

Salah satu prinsip yang terkandung di dalam ISPO adalah pengelolaan lingkungan hidup, sumber daya alam, dan keanekaragaman hayati melalui penerapan kriteria pemanfaatan limbah[2].

Berdasarkan studi literatur, dalam proses produksi 1 ton kelapa sawit, maka menghasilkan limbah padatan tankos / tandan kosong kelapa sawit sebesar 23% atau 230 kg, limbah serat (*fiber*) sebesar 13% atau 130 kg, dan juga limbah *kernel* / cangkang inti sebesar 6,5% atau 65 kg [8]

Tandan kosong adalah limbah dengan proporsi paling besar yang dihasilkan melalui pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) yang sudah melalui proses *tipper* serta proses *sterilizer*. Jumlah limbah tandan kosong dari hasil produksi per satu ton TBS yang diolah sebesar 23%. Tandan kosong memiliki kandungan selulosa sebesar 41,3%-46,5% ($C_6H_{10}O_5$)n, hemiselulosa 25,3%-32,5% dan lignin 27,6%-32,5%[9]. Kandungan tersebut, menjadikan limbah tankos memiliki potensi energi[10].

Pemanfaatan limbah sisa tandan kosong dan cangkang inti sawit, dapat dimanfaatkan untuk dijadikan *Land Application* sebagai pada area kebun. Selain itu pemanfaatan limbah tandan kosong dan cangkang inti sawit juga dapat dipergunakan sebagai, bahan bakar *boiler* [11], sehingga, neraca emisi dapat ditekan dengan adanya pemanfaatan tersebut karena emisi yang dihasilkan melalui proses pembakaran limbah tandan kosong dan cangkang inti adalah hasil serapan karbon yang terjadi selama proses budidaya. Pemanfaatan cangkang dan serat sebagai bahan bakar pada *boiler* juga mampu menggantikan penggunaan bahan bakar fosil seperti bahan bakar minyak ataupun batubara, sehingga dapat meminimalkan emisi CO₂ [6]

Pemanfaatan limbah padat serat dan cangkang dalam adopsi *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO) merupakan salah satu upaya pengelolaan limbah sehingga proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) tidak mencemari lingkungan, serta

mengganggu kesehatan masyarakat. Hal tersebut merupakan salah satu persyaratan dalam kegiatan sertifikasi pabrik kelapa sawit secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Tingginya kebutuhan terhadap energi maka juga akan meningkat *demand* bahan bakar yang dipergunakan dalam mengoperasikan pembangkit listrik tenaga. Saat ini, batubara menjadi sumber utama bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap, batubara masih dianggap efektif, hal tersebut dikarenakan batubara mengandung nilai kalori yang relatif baik untuk sebagai sumber bahan bakar *boiler*

Limbah padatan cangkang dan serat kelapa sawit dinilai sangat efektif dan efisien sebagai bahan bakar alternatif pada PLTU karena ketersediaannya yang sangat melimpah, melihat besarnya produktivitas CPO di Indonesia. Manfaat lainnya dari pemanfaatan limbah padatan kelapa sawit serat dan cangkang adalah meminimalisasi dampak negatif terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan dampak yang ditimbulkan dari pemanfaatan batubara serbagai bahan bakar utama, mengingat bahwa karbon pada limbah kelapa sawit merupakan serapan dari keseluruhan proses budidaya kelapa sawit

Pemanfaatan limbah serat dan cangkang sebagai bahan bakar *Boiler* dalam pemrosesan *Crude Palm Oil* (CPO) dapat menekan neraca emisi karena emisi yang dilepaskan pada saat pembakaran cangkang dan serat di *boiler* merupakan hasil serapan karbon yang terjadi selama masa budidaya. Pemanfaatan cangkang dan serat sebagai bahan bakar pada *boiler* diharapkan mampu mensubstitusi penggunaan bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi, sehingga emisi CO₂ dapat diminimalisasikan secara optimal[6]

Pengelolaan limbah padat serat dan cangkang melalui Implementasi *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO) juga akan menghasilkan beberapa keuntungan lainnya bagi industri perkebunan kelapa sawit, yaitu keuntungan berupa pengurangan limbah beserta pencegahan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari adanya limbah tersebut, Melalui proses pemanfaatan limbah cangkang dan serat akan mengurangi emisi CO₂ rata-rata sebesar 2.134.299 ton/tahun [6] serta adanya peningkatan jumlah energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sehingga mampu untuk mengurangi biaya produksi dalam menghasilkan produk *Crude Palm Oil* (CPO) hingga mencapai Rp. 343.734.000/tahun [6]

Penelitian ini memfokuskan perhitungan konversi energi potensial, dilakukan dengan menghitung limbah serat (*fiber*) dan cangkang inti sawit, karena limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) harus dilakukan pemrosesan pamarutan dan pengeringan terlebih dahulu agar lebih mudah terbakar[10], proses ini hanya akan meningkatkan

biaya operasional. Oleh karena itu, limbah TKKS tidak dipertimbangkan untuk bahan bakar yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada *boiler* sebagai sumber energi terbarukan yang menggantikan bahan bakar fosil minyak dan batubara.

Metode Penelitian

Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan pada pabrik kelapa sawit (PKS) Sungai Galuh PTPN V, Provinsi Riau Perhitungan potensi energi dilakukan dengan berdasarkan kebutuhan energi yang diperlukan untuk melakukan produksi 1 ton *Crude Palm Oil* (CPO).

Pemilihan lokasi tersebut juga didasarkan pada pertimbangan bahwa Pabrik kelapa Sawit (PKS) Sungai Galuh terkah tersertifikasi *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO).

Nilai konversi energi limbah cangkang inti 17,516 MJ/kg dan nilai konversi energi limbah serat 11,324 MJ/kg [12]

Perhitungan Nilai *Net Energy Balance* (NEB) dan *Net Energy Ratio* (NER)

Metode *Life-Cycle Analysis* pada penelitian ini didasarkan pada ISO 14040 *framework* yang dipergunakan untuk melakukan perhitungan terhadap nilai dari *Net Energy Balance* (NEB) dan *Net Energy Ratio* (NER). NEB adalah perbedaan dari seluruh energi *output* yang terdiri dari energi yang terdapat dalam produksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan/atau produk sampingan lainnya dan seluruh energi *input*. Nilai NER adalah perbandingan dari seluruh energi *output* terhadap seluruh energi *input* yang memperlihatkan efisiensi energi proses. Nilai NEB dan NER dipergunakan untuk indikator dalam melakukan evaluasi analisis siklus energi[13]

Karakteristik Limbah Serat

Komposisi limbah serat yang dihasilkan dari proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) tersusun atas K 0,47-1,18%, N 0,29-1,4%, P 0,07-0,08%, Mg 0,02%, dan Ca sebesar 0,11%. Limbah serat kelapa sawit juga memiliki unsur biokimia berupa selulosa 34,5%, hemiselulosa 31,8%, dan lignin sebesar 25,7%.

Limbah *fiber* / serat kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar *boiler* sebelum limbah cangkang dan tandan kosong, dengan kandungan energi 4.589 kkal/kg, sehingga pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sungai Galuh yang memiliki kapasitas produksi *Crude Palm Oil* (CPO) sebesar 60 ton akan memperoleh energi sebesar 21.168.481 kkal. Limbah serat kelapa sawit juga dapat dipergunakan sebagai sumber energi terbarukan pada generator listrik, yang harus diolah melalui proses pengeringan. Hal tersebut dilakukan

karena limbah serat yang tidak dikeringkan memiliki kandungan kelembaban 17-40% [14]

Karakteristik Limbah Cangkang

Limbah cangkang diperoleh dari adanya pemecahan inti kelapa sawit (*kernel*) pada bagian pengolahan cangkang di Pabrik Kelapa Sawit. Kandungan dari cangkang kelapa sawit terdiri dari lignin 50,7%, selulosa 20,8%, dan hemiselulosa 22,7%. Kandungan pada limbah cangkang yaitu, C 46,75%, O 37,97%, H 5,92%, K 0,15%, N 0,3-0,6% dan P 0,01% [14]. Berdasarkan komponen dari limbah cangkang tersebut, maka limbah cangkang juga dapat dipergunakan sebagai arang, karbon aktif [9]

Pemanfaatan limbah cangkang adalah sebagai alternatif bahan bakar *boiler*. Limbah cangkang memiliki komposisi energi 5.114 kkal/kg. Dengan demikian, Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sungai Galuh yang memiliki kapasitas produksi sebesar 60 ton akan dapat menghasilkan energi dari pemanfaatan limbah cangkang mencapai 10.016.779 kkal. Kandungan K dan Cl cangkang sawit yang rendah membuat debu hasil pembakaran lebih sedikit [14]

Hasil dan Pembahasan

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sungai galuh memiliki dua (2) unit *boiler* yang beroperasi untuk mengolah TBS dengan kapasitas masing-masing boiler mampu menghasilkan 4.400 kg / jam limbah serat dan 2.000 kg / jam limbah cangkang inti. Kedua *boiler* ini memiliki kapasitas pengolahan TBS sebanyak 18 ton/jam dengan *outlet pressure* 22 bar dan temperatur uap mencapai 250° *celcius*.

Potensi Energi Limbah Serat dan Cangkang

Bahan yang dipergunakan sebagai bakar pada *boiler* PKS Sungai Galuh terdiri dari 70% serat dan 30% cangkang. perhitungan nilai *Low Heating Value* (LHV) adalah nilai kalor dimana diasumsikan air dan hidrogen berada dalam fase uap [12] maka nilai kalor dari kedua bahan bakar dihitung dengan rumus berikut:

$$LHV_{sc} = (0,7 LHV_s) + (0,3 LHV_c)$$

LHV_{sc} = *Low Heating Value* serat dan cangkang
 LHV_s = *Low Heating Value* serat
 LHV_c = *Low Heating Value* cangkang

Berdasarkan Persamaan tersebut nilai *Low Heating Value* (LHV) bahan bakar dari limbah padat serat dan cangkang yang dicampur adalah sebesar 13.182 MJ/kg, diketahui 1 kg TBS memiliki kandungan 0,14 kg serat dan 0,06 kg cangkang [12]. Perhitungan konversi energi potensial dari limbah

padat serat dan cangkang untuk pabrik kelapa sawit PKS Sungai Galuh dihitung dengan rumus berikut:

$$Ep = (Ms \cdot LHV_s) + (Mc \cdot LHV_c)$$

Ep = energi potensial
 Ms = Massa serat
 LHV_s = *Low Heating Value* serat
 Mc = Massa cangkang
 LHV_c = *Low heating Value* cangkang

Berdasarkan Persamaan tersebut, potensi konversi energi untuk pabrik 60 ton TBS/jam yang menghasilkan 4.400 kg serat dan 2.000 kg cangkang per jam adalah sekitar 81.728.400 MJ/kg, seperti disajikan pada tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Perbandingan nilai LHV serat dan cangkang

Limbah	LHV (MJ/kg)	LHV _{sc} (MJ/kg)	Energi Potensial (MJ/kg)
Serat	11,324	13,182	81.728.400
Cangkang	17,516		

Sumber: Tsai, 2019 [9]

Perhitungan Nilai NEB dan NER

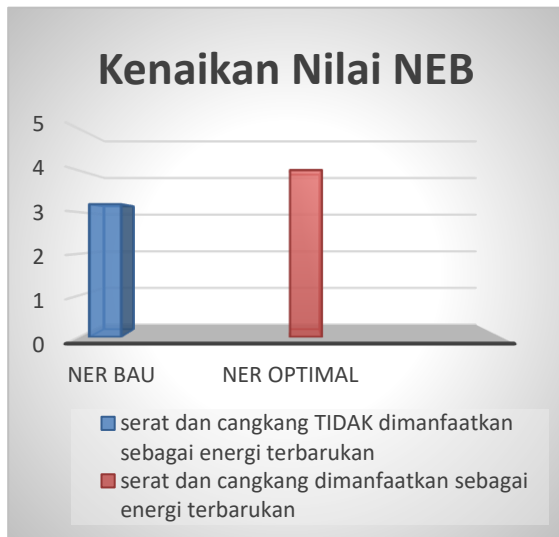
Perhitungan neraca energi yang dibutuhkan mulai dari proses awal penanaman sawit hingga proses produksi CPO (energi input) terhadap nilai energi dalam *Crude Palm Oil* (CPO).

Tabel 2. Nilai *input* dan *output* produksi CPO

Life Cycle produksi CPO	Per ton CPO	MJ/ton CPO
Input (satuan)		
a. Pupuk		
N(kg)	69,00	2.190,00
P(kg)	18,00	18,40
Ca(kg)	68,00	545,00
Mg (kg)	38,00	25,00
Subtotal (kg)		2.778,40
b. Pesticida		
Glisofat (kg)	0,40	303,00
Paraquat (kg)	1,20	423,00
Sub total		726,00
c. Transport (liter)		
Subtotal	5,75	236,02
d. Produksi CPO		
Listrik (kWh)	143,00	1.665,80
Uap (m ³)	3,50	1.102,00
Bahan Bakar Solar (liter)	8,00	289,31
Subtotal		3.057,11
e. Produksi PME		
Listrik (kWh)	80,00	837,60
Metanol (kg)	140,00	4.690,00
NaOH (kg)	6,00	118,20
Subtotal		5.645,80
Total Energi Input (a+b+c+d+e)		12.403,99
Output		
CPO (kg)	1.000,00	39.600,00
Total Energi		39.600,00

Sumber : Pleanjai et al., 2009 [13]

Pada tabel 2, dipahami bahwa neraca energi yang didapatkan dari energi *input* dari proses awal penanaman kelapa sawit hingga menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO). Energi *output* pada 1 ton *Crude Palm Oil* (CPO) selanjutnya disebut sebagai neraca energi BAU (*Business as usual*) masing-masing memiliki nilai *Net Energy Balance* (NEB) BAU sebesar 27.196,01 MJ dan *Net Energy Ratio*



(NER) BAU sebesar 3,19.

Gambar 1. Perbandingan nilai NEB melalui penggunaan limbah serat dan cangkang sebagai energi terbarukan

Berdasarkan perhitungan, kebutuhan energi yang pada proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) sebesar 3.057 MJ atau sebesar 25% dari kebutuhan energi total. Kebutuhan energi ini sebagian besar diakibatkan oleh proses sterilisasi Tandan Buah Segar (TBS), proses klarifikasi minyak Tandan Buah Segar (TBS) serta proses lainnya yang menggunakan energi listrik. Kebutuhan energi pada proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) ini dapat direduksi dengan mengganti bahan bakar fosil menjadi bahan bakar yang bersumber dari energi terbarukan yaitu serat dan cangkang sebagai bahan bakar utama pada boiler.

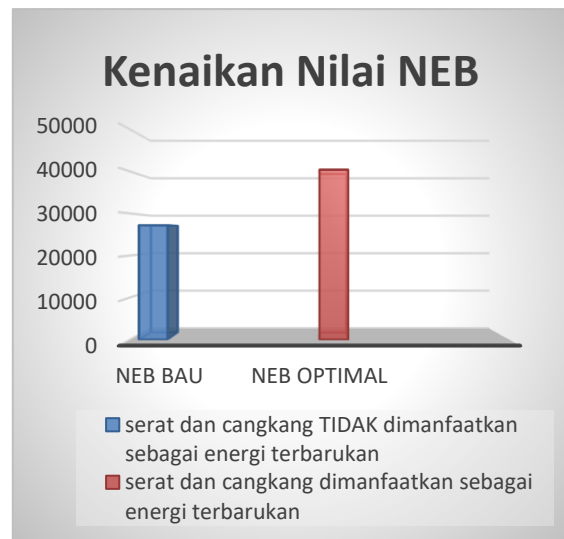
Berdasarkan perhitungan nilai potensi energi dari limbah padat sawit pada tabel 1, dilakukan perhitungan berdasarkan metode *Life-Cycle Analysis* (LCA) sehingga memperoleh nilai *Net Energy Balance* (NEB) sebesar 40.378,01 MJ dan nilai *Net Energy Ratio* (NER) sebesar 4,01 per ton produksi *Crude Palm Oil* (CPO).

Adanya potensi energi terbarukan pada limbah serat dan cangkang yang dapat dimanfaatkan pada proses produksi CPO tersebut secara signifikan mampu meningkatkan nilai *Net Energy Balance* (NEB) yang mulanya sebesar 27.199 MJ meningkat menjadi 40.378,01 MJ. Serta menaikkan nilai *Net Energy Ratio* (NER) sebesar 25%, yang mulanya

sebesar 3,19 menjadi 4,01. Peningkatan nilai ini juga dapat diptimalisasikan melalui pemanfaatan limbah padat lainnya untuk dipergunakan sebagai alternatif bahan bakar boiler, serta juga dapat dilakukan melalui penghematan energi listrik serta pemanfaatan uap boiler sebagai alternatif lainnya untuk Kembali dipergunakan dalam proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO).

Sesudah memperhitungkan efisiensi boiler pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sungai Galuh, yaitu sebesar 65%, maka dapat dihitung potensi energi yang mampu dihasilkan dari adanya proses pemanfaatan limbah padat serat dan cangkang kelapa sawit yaitu sebesar 26.245,70 MJ/ton produksi *Crude Palm Oil* (CPO) dari kebutuhan total energi *input* sebesar 12.403,99 MJ.

Melalui adopsi *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO), pengelolaan limbah padat serat dan cangkang sawit juga turut memberikan andil dalam menambah nilai *Net Energy Balance* (NEB) dan *Net Energy Ratio* (NER) secara signifikan. Nilai *Net Energy Balance* (NEB) meningkat signifikan dari mulanya 27.199 MJ menjadi sekitar 40.378,01 MJ (48,45%) dan *Net Energy Ratio* (NER) naik secara signifikan dari mulanya sebesar 3,19 meningkat menjadi 4,01 (25,7 %) per ton produksi *Crude Palm Oil* (CPO).



Gambar 2. Perbandingan nilai NER melalui penggunaan limbah serat dan cangkang sebagai energi terbarukan

Adanya peningkatan nilai NEB dan nilai NER secara signifikan tersebut seharusnya menjadi bahan pertimbangan bagi setiap *stakeholder* pada kegiatan perkebunan kelapa sawit untuk dapat mengadopsi pola pemanfaatan limbah padat dalam adopsi ISPO ke dalam kegiatan usaha. Terutama bagi perkebunan kelapa sawit maupun pekebun yang belum mengimplementasikan ISPO ke dalam proses pemanfaatan limbah padat dalam produksi minyak kelapa sawit / *Crude Palm Oil* (CPO).

Penelitian lainnya mengemukakan bahwa dengan nilai input yang relatif sama, yaitu 6000 kg/hari antara batubara dan limbah padat kelapa sawit, maka pada saat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) kapasitas 6 MegaWatt dengan memanfaatkan bahan bakar dari limbah cangkang akan mampu menghasilkan energi maksimal 5,89 MegaWatt, perhitungan lainnya apabila menggunakan bahan bakar dari limbah serat, maka *output* yang dapat dihasilkan mencapai 3,28 MegaWatt. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 6 MegaWatt diperlukan 1,02 ton/hari cangkang dengan konversi kalor 16,7 Mbtu/hari, sedangkan untuk menghasilkan 1 MegaWatt/hari pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 6 MegaWatt memerlukan 1,83 ton serat dengan konversi kalor sebesar 26,2 Mbtu/hari untuk menghasilkan 1 MegaWatt/hari.

Pada saat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 6 MegaWatt memanfaatkan bahan bakar limbah cangkang sebesar 4,59 ton/hari, maka dapat menghasilkan nilai *output* mencapai 4,5 MegaWatt/hari. Apabila Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 6 MegaWatt memanfaatkan 4,2 ton/hari bahan bakar limbah serat / *fiber*, maka akan mampu menghasilkan *output* mencapai 2,3 MegaWatt/hari. Dengan demikian, maka nilai efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 6 MegaWatt pada saat memanfaatkan bahan bakar limbah cangkang adalah 20,5 % dan pada saat memanfaatkan bahan bakar limbah serat / *fiber* sebesar 13% [16]

Kesimpulan

Pemanfaatan limbah padatan serat dan cangkang kelapa sawit dalam adopsi *Indonesian Sustainability Palm Oil* (ISPO) mampu memberikan keuntungan kepada industri perkebunan kelapa sawit, melalui pemanfaatan limbah padatan serat dan cangkang sebagai bahan bakar *boiler*, maka akan mampu menghasilkan sumber energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan energi dalam proses produksi CPO yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Selain itu pemanfaatan limbah padat serat dan cangkang juga berkontribusi dalam upaya pencegahan pencemaran lingkungan.

Tambahan energi terbarukan yang didapat melalui penggunaan limbah padatan serat dan cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar *boiler* adalah sebesar 13.179,01 MJ/ton produksi *Crude Palm Oil* (CPO) atau meningkatkan *Net Energy Balance* (NEB) sebesar 48,45%, serta meningkatkan *Net Energy Ratio* (NER) sebesar 0.82 atau sebesar 25,7%

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PTPN V khususnya Pabrik Kelapa Sawit

(PKS) Sungai Galuh atas dukungan terhadap penelitian ini

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia, *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020.
- [2] G. C. Schoneveld *et al.*, "Certification, good agricultural practice and smallholder heterogeneity: Differentiated pathways for resolving compliance gaps in the Indonesian oil palm sector," *Global Environmental Change*, vol. 57, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2019.101933.
- [3] E. Apriani, Y. S. Kim, L. A. Fisher, and H. Baral, "Non-state certification of smallholders for sustainable palm oil in Sumatra, Indonesia," *Land Use Policy*, vol. 99, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2020.105112.
- [4] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2020 Tentang penyelenggaraan Sertifikasi Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia*. Indonesia, 2020.
- [5] L. M. Ayompe, M. Schaafsma, and B. N. Egoh, "Towards sustainable palm oil production: The positive and negative impacts on ecosystem services and human wellbeing," *Journal of Cleaner Production*, vol. 278. Elsevier Ltd, Jan. 01, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123914.
- [6] M. I. Arifandy, H. Hariyadi, and S. Adiwibowo, "Aanalisis Pengaruh Adopsi ISPO Terhadap Perbaikan Kinerja Pengelolaan Lingkungan dan Perubahan Sosial Ekonomi Masyarakat," *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 8, no. 2, pp. 199–206, Aug. 2018, doi: 10.29244/jpsl.8.2.199-206.
- [7] H. Purnomo *et al.*, "Reducing forest and land fires through good palm oil value chain governance," *Forest Policy and Economics*, vol. 91, pp. 94–106, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.forpol.2017.12.014.
- [8] R. Sitompul, *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan Untuk Aplikasi Di Masyarakat Pedesaan*. Jakarta: DANIDA, 2011.
- [9] T. Bantacut and H. Pasaribu, "Closed Mass Flows And Energy Self Sufficiency in CPO

- Production,” *Hermaslin Pasaribu J Tek Ind Pert*, vol. 25, no. 3, pp. 215–226, 2015.
- [10] S. Srasri, N. Bhudsarakam, P. Limsutthiphong, T. Ratanapitag, and A. Julsereewong, “Design of step grate firing by utilizing palm empty-fruit-bunch fuel for industrial steam boiler construction,” *Energy Reports*, 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.11.142.
- [11] B. Babinszki *et al.*, “Thermal decomposition of biomass wastes derived from palm oil production,” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 155, May 2021, doi: 10.1016/j.jaap.2021.105069.
- [12] T. M. I. Mahlia, M. Z. Abdulmuin, T. M. I. Alamsyah, and D. Mukhlisien, “An alternative energy source from palm wastes industry for Malaysia and Indonesia,” *Energy Conversion and Management*, vol. 42, no. 18, pp. 2109–2118, Dec. 2001, doi: 10.1016/S0196-8904(00)00166-7.
- [13] S. Pleanjai and S. H. Gheewala, “Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in Thailand,” *Applied Energy*, vol. 86, no. SUPPL. 1, 2009, doi: 10.1016/j.apenergy.2009.05.013.
- [14] D. Sietske Boschma, I. Kees, and W. Kwant, *Valorization of palm oil (mill) residues. Identifying and solving the challenges October 2013*. Wageningen UR, Food & Biobased Research, 2013. [Online]. Available: www.wageningenur.nl/fbr
- [15] W. T. Tsai, “Benefit analysis and regulatory actions for imported palm kernel shell as an environment-friendly energy source in Taiwan,” *Resources*, vol. 8, no. 1, Mar. 2019, doi: 10.3390/resources8010008.
- [16] S. A. dan S. M. Harris, “Studi Pemanfaatan Limbah Padat dari Perkebunan Kelapa Sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung,” *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. Vol. 2, No. 1, 2013.