

## Pemanfaatan Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan

Rina Novia Yanti\*

<sup>1</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Lancang Kuning Jl. Yos Sudarso KM. 8 Rumbai, Pekanbaru

\*Koresponden E-mail: [rinafahatan@unilak.ac.id](mailto:rinafahatan@unilak.ac.id)

(Diterima: 23 Desember 2021 | Disetujui: 11 Juli 2022 | Diterbitkan: 31 Januari 2023)

**Abstract:** *Indonesia is the world's largest palm oil producer with a land area of 14.3 million as of 2019. With this area, it will produce biomass in the form of replanted stems, midribs, empty palm oil bunches (TKKS), shells and fruit fibers. Biomass waste, including palm oil solid waste, has the potential to be used as raw material for renewable energy or bioenergy. This study aims to utilize palm oil plantation waste into bio oil and bio briquettes. The raw materials used in this study were empty oil palm fruit bunches (TKKS) and palm oil shell waste. Bio oil is made by the pyrolysis process. This research produces pyrolysis products, namely bio oil as a substitute for diesel fuel from EFB waste and from shells to produce bio briquettes. Found in pyrolysis products, namely bio-oil, aromatic compounds, aliphatic hydrocarbon compounds, acid compounds and hydrocarbon compounds. Hydrocarbon compounds are compounds that exist in fuel oil. In OPEFB bio oil, 19 types of hydrocarbon compounds were found. Meanwhile, bio briquettes from oil palm shells produce a calorific value of > 5000 which has met the Indonesian national standard (SNI) 01-6235 in 2000. Meanwhile, the water content value meets the Indonesian National Standard, which is a maximum of 15%.*

**Keywords:** *pyrolysis; bio oil; bio briquettes; hydrocarbons; calorific value*

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi nasional hingga tahun 2050 terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Menurut Aninditha, Sugiyono, Ode & Abdul (2018), pangsa kebutuhan energi final terbesar pada tahun 2050 adalah bahan bakar minyak (BBM) yakni sebesar 40,1%, diikuti oleh listrik (21,3%), gas (17,7%), batubara (11,0%), dan sisanya LPG, bahan bakar nabati (BBN) dan biomassa masing-masing di bawah 4%. Namun sumber energi fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbahurui dan akan mengalami kelangkaan maka perlu dicari energi alternatif. Beberapa energi alternatif yang bisa menggantikan bahan bakar fosil adalah air, energi matahari, angin, energi termal dan energi biomassa. Energi biomassa dari perkebunan salah satunya adalah biomassa dari limbah perkebunan kelapa sawit. Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas lahan 15,08 juta ha dengan produksi CPO sebanyak 46,88 juta ton (BPS, 2021). Dengan luasan tersebut akan menghasilkan biomassa berupa batang hasil replanting, pelepah, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang dan serat buah.

Limbah padat kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Selama ini limbah biomassa sawit dimanfaatkan untuk kompos, makanan ternak dan bahan bakar untuk industri yang dibakar secara langsung. Berbagai alternatif pemanfaatan dapat dilakukan untuk energi terbarukan seperti bio oil hasil

pirolisis sebagai bahan bakar pengganti bensin, solar dan produk biopellet, bio briket sebagai pengganti gas.

Salah satu teknologi pengolahan limbah padat kelapa sawit adalah dengan menggunakan teknologi pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi termal senyawa organik secara cepat (dengan waktu tinggal 1 detik) dengan suhu 400-600 °C dalam ketiadaan oksigen untuk menghasilkan cairan, gas dan arang. Bio oil adalah bahan bakar cair berwarna gelap, beraroma seperti asap dan diproduksi dari biomassa seperti kayu, ranting, cabang, daun, kertas, atau biomassa lainnya melalui teknologi pirolisis yang bisa mensubstitusi jenis bahan bakar seperti bensin, solar (Basu, 2013). Hasil dari pirolisis limbah biomassa yang menghasilkan produk bio oil mengandung berbagai komponen bahan utama dan bahan organik ikutan dan dapat digunakan untuk bahan pengawet, produksi bahan kimia dan untuk bahan bakar minyak (Brigdwat, 2012).

Produk pirolisis adalah arang, cairan dan gas (Yanti *et al.*, 2018). Produksi arang dari produk pirolisis dimanfaatkan sebagai bahan baku arang aktif dan bio briket. Bio briket terbentuk melalui pencampuran serbuk arang dengan komposisi jumlah perekat tertentu, melalui proses pengempaan. Bio briket digunakan sebagai bahan bakar pengganti gas pada skala kecil dan pengganti batubara pada skala besar (Nuriana, 2014). Sedangkan cairan dari hasil pirolisis yaitu bio oil untuk mengganti bahan bakar minyak. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah perkebunan kelapa sawit menjadi bio oil dan bio briket.

## BAHAN DAN METODE

### Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Limbah kelapa sawit yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah limbah TKKS dan limbah cangkang kelapa sawit. Limbah TKKS dimanfaatkan untuk pirolisis dan limbah cangkang untuk produk bio briket.

### Proses Pirolisis

Limbah TKKS dijadikan serbuk dan dipirolisis dengan metode hidrotermal pirolisis dengan suhu 350 °C. Hasil pirolisis dilakukan analisis Heat Heating Value (HHV) dan GC-MS untuk melihat kandungan

hidrokarbon yang ada pada produk pirolisis. Hasil produk pirolisis disebut bio oil.

### Bio Briket

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang kelapa sawit hasil pirolisis. Produk pirolisis yaitu arang dimanfaatkan sebagai bahan baku bio briket. Arang hasil pirolisis dibuat serbuk dengan ukuran 20 mesh. Serbuk ukuran 20 mesh dicampur dengan perekat jenis tapioka dengan berat perekat kadar 4 % dan 8% bari bahan arang yang digunakan. Kemudian dilakukan pengempaan dengan tekanan 5000 ton. Produk bio briket dilakukan pengujian karakteristik yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia No 01-6235 tahun 2000.

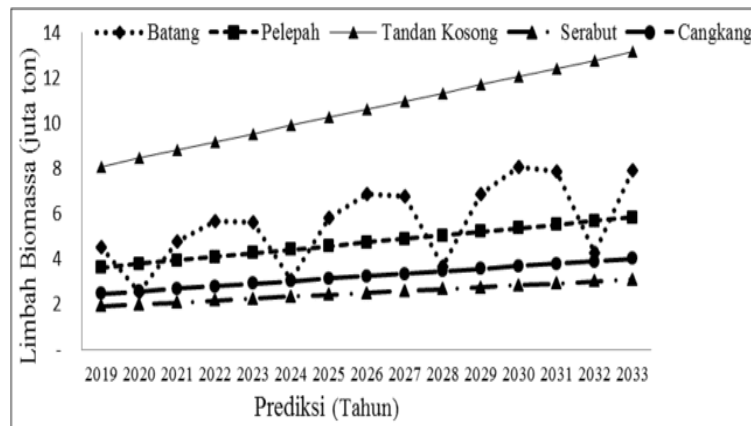
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 1.** Ringkasan data limbah biomassa perkebunan kelapa sawit di riau

No	Sumber Data	Rentang Tahun	Banyak periode	Rata-rata limbah (ton)				
				Batang	Pelepah	Tandan Kosong	Serabut	Cangkang
1	BPS	2007-2019	13 tahun	1.678.269	2.199.905	4.879.347	1.174.784	1.487.039
2	DISBUN	2014-2019	5 tahun	2.525.610	2.920.024	6.663.956	1.586.656	2.030.920
3	DITJENBUN	2014-2019	5 tahun	2.723.907	2.882.581	6.479.194	1.542.665	1.974.612

Berdasarkan (Tabel 1), data yang digunakan untuk analisis potensi limbah perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau adalah data Badan Pusat Statistik (BPS). Melihat pola yang sama dari ketiga sumber data, data BPS memiliki periode yang paling banyak, hal ini menjadi pertimbangan penggunaan data tersebut. Dengan menggunakan 13 periode (data luas

selama 13 tahun 2007 – 2019) diharapkan hasil ramalan yang diperoleh mampu memperlihatkan jumlah ketersediaan limbah perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau, sehingga nantinya dapat dikembangkan penggunaan energy biomassa sawit sebagai pengganti bahan bakar minyak..



**Gambar 1.** Prediksi potensi limbah biomassa kelapa sawit 2019-2033 di Provinsi Riau.

Gambar 1 menunjukkan plot *time series* dari limbah pelepah, tandan kosong, serabut dan cangkang memiliki pola yang sama yaitu selama 15 tahun cenderung memiliki tren naik. Sedangkan untuk batang memiliki pola yang berbeda. Untuk limbah batang dilakukan dengan metode yang sama dengan TTR dan TBM yaitu dengan metode *decomposition multiplicative model*. Sedangkan limbah biomassa yang lain dengan metode *trend analysis*.

### Pirolisis

Teknologi pirolisis yaitu pemanasan pada reaktor yang mendekomposisi termokimia bahan organik seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin oleh panas dengan suhu tinggi 250 °C – 500 °C tanpa oksigen atau dalam keadaan kekurangan oksigen (Basu, 2013).

### Proses Hidrothermal Pirolisis

Proses hydrothermal pirolisis adalah proses pirolisis dengan penambahan air dan gas hydrogen, untuk mempercepat dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hidrothermal pirolisis merupakan proses terjadinya isomerisasi, dehidrasi, fragmentasi, kondensasi dan akhirnya padatan biomassa akan berubah menjadi produk cair, padatan dan gas pada suhu 275 °C - 300 °C (Basu 2013, Xiu & Shahbazi, 2012). Jika suhu HP diatas 300 °C akan meningkat-

kan produksi gas dan menurunkan produksi bio oil, karena pada proses tersebut lebih banyak terurai adalah lignin. Produk hidrothermal pirolisis dalam bentuk cairan terbagi dalam dua fase yaitu fase berair dan fase organik. Fase organik dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan kimia sedangkan fase berair banyak mengandung asam asetat, hidroksil aseton dan fenol sehingga tidak bisa digunakan sebagai bahan bakar (Bridgwater, 2012).

**Tabel 2.** Karakteristik *Crude Bio Oil* Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

No	Analisis	Perlakuan								
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
1	pH	4,85	4,18	4,90	6,49	6,56	6,38	5,81	5,79	5,80
2	Viskositas (cp)	4,22	6,65	5,63	8,64	9,30	9,33	6,89	6,84	6,50
3	Carbon (%)	71,40	76,20	74,10	70,85	71,60	7,67	72,49	70,70	69,31
4	Hidrogen (%)	8,38	9,63	9,92	10,23	875	9,81	8,13	8,98	9,31
5	Nitrogen (%)	2,38	2,38	3,27	0,47	2,57	1,77	1,88	1,68	2,27
6	Total Sulfur (%)	0,81	0,60	0,71	0,90	0,70	0,66	0,30	0,21	0,26
7	Oksigen (%)	11,03	11,19	12,00	18,17	16,38	13,09	17,20	18,43	18,85
8	HHV (MJ/kg)	35,66	39,06	38,75	38,09	36,26	39,13	35,72	36,33	36,33
9	LHV (MJ/kg)	33,83	36,96	3659	35,86	34,35	36,99	33,94	34,37	34,30

Keterangan:

- |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|
| 1.1 | : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 0 bar  | 2.3 | : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 15 bar |
| 1.2 | : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 10 bar | 3.1 | : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 0 bar  |
| 1.3 | : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 15 bar | 3.2 | : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 10 bar |
| 2.1 | : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 0 bar  | 3.3 | : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 15 bar |
| 2.2 | : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H <sub>2</sub> 10 bar |     |  |

### Nilai pH

Nilai pH secara deskriptif dari proses hidrotermal pirolisis (HP) yang dilakukan menunjukkan hasil kondisi pH yang mendekati normal yaitu berada pada nilai terendah 4,19 (masih bersifat asam) dan tertinggi 6,56 yang sudah bisa dikatakan berada pada kondisi pH normal atau netral. Nilai pH tertinggi yang sudah dianggap normal diperoleh dari perlakuan ukuran serbuk 60 mesh dengan jumlah tekanan gas hidrogen 15 bar. Pengaruh kondisi proses pirolisis akan mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan. Proses HP dengan penambahan gas hidrogen memberikan nilai pH mendekati normal jika dibandingkan dengan pirolisis tanpa ada penambahan hidrogen dan air seperti hasil penelitian Abnisa *et al.*, (2013); Abnisa *et al.*, (2011). Hidrogen dan asap cair dalam proses pirolisis berfungsi sebagai bahan yang mempercepat terjadinya depolimerisasi selulosa, hemiselulosa dan lignin, sehingga meningkatkan kualitas CBO yang dihasilkan (Jiang *et al.*, 2017). Nilai pH pada CBO juga dipengaruhi oleh kandungan oksigen di dalam CBO, karena keberadaan oksigen dalam bahan bakar akan menyebabkan tingginya tingkat korosif pada peralatan mesin yang menggunakan bahan bakar dengan pH asam.

### Viskositas

Viskositas merupakan sifat yang menentukan tingkat kekentalan bio oil. Semakin rendah nilai viskositas maka semakin baik bio oil yang dihasilkan

dilihat dari sifat fluiditasnya. Nilai viskositas akan berbeda pada setiap bahan baku dan kondisi perlakuan saat proses pirolisis. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan hemiselulosa dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa sangat mudah terdegradasi sedangkan lignin akan terdegradasi pada suhu tinggi. Hasil penelitian diperoleh nilai viskositas berkisar 4,22–9,33 cp pada suhu pengujian 40 °C. Nilai viskositas paling rendah diperoleh dari perlakuan ukuran serbuk 40 mesh tanpa hidrogen dan nilai viskositas paling tinggi pada perlakuan ukuran serbuk 60 mesh dengan tekanan gas hidrogen 15 bar. Ini menunjukkan bahwa ukuran serbuk 60 mesh dengan jumlah hidrogen 15 bar memberikan hasil terbaik. Suhu penyimpanan juga berpengaruh pada nilai viskositas CBO, semakin tinggi suhu penyimpanan maka nilai viscositas CBO akan menurun. Bardalay dan Mahanta (2015) menyatakan bahwa pada suhu penyimpanan 20 °C nilai viskositas akan lebih rendah dibandingkan penyimpanan pada suhu 40 °C. Menurut Wibowo *et al.*, (2011). Tingkat kekentalan (viskositas) bahan bakar minyak sangat berpengaruh kerja mesin, jika nilai viscositas tinggi maka mesin kendaraan akan bekerja dengan baik. Untuk memperoleh pembakaran sempurna dibutuhkan butiran bahan bakar yang kecil. Bahan bakar dengan viskositas tinggi akan menghasilkan butiran yang lebih besar di dalam ruang bakar sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna.

### Nilai Kalor

Nilai kalor CBO dalam satuan MJ/kg diolah dari perhitungan *higher heating value* (HHV) berdasarkan persentase hasil analisa kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan oksigen. Jika CBO banyak mengandung air (> 30%) dan oksigen (> 50%) akan diperoleh nilai kalor yang lebih rendah dari 20 MJ/kg (Caprariis *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini diperoleh kandungan oksigen terendah adalah 11,03% dan tertinggi adalah 18,85%, nilai kalor terendah 35,66 MJ/kg dan tertinggi 39,13 MJ/kg. Kandungan oksigen di dalam bio oil akan membawa dampak negatif seperti rendahnya nilai kalor, titik nyala, dan ketidakstabilan minyak. Nilai HHV tertinggi pada perla-

kuan ukuran serbuk 60 mesh dengan tekanan 15 bar. HHV masih lebih rendah dari nilai HHV Lightfuel sebesar 40,3 MJ/kg (Chiaramonti *et al.*, 2007) dan nilai HHV yang lebih tinggi dari hasil penelitian (Yin *et al.*, 2010) yaitu maksimal 36,5 MJ/kg dan lebih tinggi dari hasil penelitian Chang (2014) yaitu 31,44 MJ/kg.

### Bio Briket

Pengujian kualitas briket arang cangkang sawit yang dihasilkan berupa sifat fisik kemudian dibandingkan dengan standar mutu briket arang SNI 01-6235 2000.

**Tabel 3.** Sifat Fisik Bio Briket Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian	Perlakuan Kadar Perekat		SNI 01-6235 tahun 2000
	4%	8%	
Kadar Air (%)	4,45	4,01	≤ 8
Kadar Abu (%)	5,11	5,38	≤ 8
Kadar Zat Terbang	40,49	43,50	15
Nilai Kalor (cal/mg)	5,999,93	5.807,83	≥ 5000

Dari (tabel 3) dapat diketahui bahwa nilai kadar air memenuhi SNI 01-6235 tahun 2000 yaitu kecil dari 0,8. Sedangkan nilai kadar abu dan kadar zat terbang tidak memenuhi SNI. Untuk Nilai kalor sudah memenuhi SNI. Semakin tinggi nilai kalor amka semakin baik bio briket yang dihasilkan (Hendra, 2011).

## KESIMPULAN

Limbah padat kelapa sawit yang paling berpotensi dijadikan sumber energi alternatif adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) untuk bio oil dan bio briket.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Fakultas kehutanan Universitas Lancang Kuning yang telah mamfasilitasi hingga terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Anindhita, F., Sugiyono, A., Ode, L., & Abdul, M. (2018). Outlook energi indonesia 2018: Energi berkelanjutan untuk transportasi darat. ISBN 978-602-1328-05-7. PPIPE, BPPT. Indonesia

Abnisa, F., Arami-Niya, A., Wan Daud WMA., Sahu J. N., & Noor, I. M. (2013). Utilization of oil palm tree residues to produce bio-oil and bio-char via pyrolysis. *Energy Convers. Manag.* 76 1073–1082. doi:10.1016/j.enconman.2013.08.038.

Chang, S. H. (2014). An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock bio oil

production. *Biomass and Energy.* 62 : 174 - 181. doi : 10.1016/j.biombiooe.2014.01.002.

[BSI] Badan Standar Indonesia. (2000). Briket arang kayu (SNI 01-6235-2000). Jakarta.

Bardalay, M., & Mahanta, D. K. (2015). A Review of Physical Properties of Biomass Pyrolysis Oil. *International Journal of Renewable Energy Research* 5(1):1-10.

Basu, P. (2013). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction. Practical Design and Theory* diedit oleh second Edition. India: Elsevier.

[BPS] Badan Pusat Statistik. (2021). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta (ID).

Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy.* 38:68–94. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048.

Caprariis, B. D., Filippis, P., Petruccio, A., & Scarsella, M. (2017). Hydrothermal liquefaction of biomass: Influence of temperature and biomass composition on the bio-oil production. *Fuel.* 208:618–625. doi:10.1016/j.fuel.2017.07.054.

Chiaramonti, D., Matteo, P., Buffi., Rizzo, M., & Maria, A. (2017). Review and experimental study on pyrolysis and hydrothermal liquefaction of microalgae for Biofuel Production. *Applied Energy.* 185: 963-972. Doi 10.1016/j.apenergy.2015.12.001.

Hambali, E. (2010). Peran teknologi proses dalam pengembangan agroindustri industri hilir kelapa sawit. Orasi ilmiah guru besar IPB (ID).

Hendra, D. (2011). Pemanfaatan enceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk bahan baku briket sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan.* 29(2), 189–210.

- Jiang, H., Deng, S., Chen, J., Zhang, M., Li, S., Shao, Y., Yang, J., & Li, J. (2017). Effect of hydrothermal pretreatment on product distribution and characteristics of oil produced by the pyrolysis of Huadian oil shale. *Energy Convers. Manag.* 143 505–512.  
doi:10.1016/j.enconman.2017.04.037.
- Wibowo, S., Pari, G., & Eviyanti, L. (2011). Karakterisasi bio-oil tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan katalis ni/nza menggunakan metode free fall pyrolysis. *Jurnal penelitian hasil hutan* 35(2): 83-100.  
doi.org/10.20886/jphh.2017.35.2.83-100.
- Xiu, S., & Shahbazi, A. (2012). Bio-oil production and upgrading research: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16(7) 4406–4414.  
doi:10.1016/j.rser.2012.04.028.
- Yanti, R. N., Hambali, E., Pari, G., & Suryani, A. (2017). The characteristics of palm oil plantation solid biomass wastes as raw material for bio oil. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 141 012038
- Yang, L., Nazari, L., Yuan, Z., Corscadden, K., Xu, C. & He, Q. S. (2016). Hydrothermal liquefaction of spent coffee grounds in water medium for bio-oil production. *Biomass and Bioenergy.* 86 191–198.  
doi:10.1016/j.biombioe.2016.02.005
-