

**PEMBUATAN BAHAN BAKAR PADAT DARI PELEPAH SAWIT  
MENGUNAKAN PROSES TOREFAKSI PADA VARIASI SUHU WAKTU  
TOREFAKSI**

**Rina Maryenti<sup>1</sup>, Komalasari<sup>1</sup>, Zuchra Helwani<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293  
[rina.maryenti@yahoo.co.id](mailto:rina.maryenti@yahoo.co.id)

\*Corresponding Author email: [zuchra.helwani@lecturer.unri.ac.id](mailto:zuchra.helwani@lecturer.unri.ac.id)

**ABSTRACT**

*Oil Palm Fronds can be used as alternative energy source by using torrefaction process. Oil Palm Fronds has a calorific value of 15439.39 kJ/kg. The calorific value can be increased by torrefaction. Torrefaction is a pre-treatment process of biomass into solid fuel within temperature range of 200 - 300 °C in an inert condition. This research aims to produce solid fuel from oil palm fronds and study the effect of variation in temperature and time torrefaction towards characteristic of solid fuel resulted. Torrefaction of oil palm fronds was using fixed bed horizontal reactor at temperature of 250 - 300 °C and time of 20 - 40 minutes. Product quality resulted was calorific value, mass yield, energy yield and proximate. The result obtained for calorific value in range was 18152.26 - 24060.32 kJ/kg, mass yield was 45.22 - 75.04 %, and energy yield was 70.49 - 88.23 %. Proximate analysis resulted in the form of moisture content was 3.42 - 5.44 %, ash content was 4.67 - 6.89 %, volatile content was 38.63 - 65.34 %, and fixed carbon was 24.55 - 51.06 %.*

**Keywords:** *calorific value, energy yield, mass yield, oil palm fronds, torrefaction.*

## **1. Pendahuluan**

Pencarian sumber-sumber energi alternatif yang terbaharukan, ramah lingkungan dan ekonomis terus digalakkan untuk menjaga kelestarian lingkungan serta mencegah resiko kesehatan. Salah satu sumber energi terbaharukan tersebut adalah biomassa. Biomassa merupakan bahan bakar yang dapat digunakan langsung atau diolah terlebih dahulu menjadi bahan bakar padat, cair atau gas melalui proses tertentu. Biomassa ini dapat menggantikan beberapa batubara di pembangkit listrik, dan akan mengurangi emisi karbon dan efek gas rumah kaca. Sumber biomassa yang sangat mudah dijumpai sekarang ini adalah limbah padat perkebunan sawit yang selama ini belum dimanfaatkan secara baik. Limbah padat ini berupa pelepah, tandan kosong, batang dan cangkang. Berdasarkan data

yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian (2014) luas perkebunan sawit di Indonesia adalah yang tertinggi dari komoditi lain yaitu 10.95 juta Ha. Sedangkan di Provinsi Riau secara nasional menempati posisi teratas di Indonesia seluas 2,3 juta Ha. Hal ini menjadikan potensi biomassa di Provinsi Riau sangat besar

Pelepah merupakan biomassa limbah yang cukup banyak dihasilkan dari perkebunan sawit. Umumnya limbah pelepah sawit dibiarkan begitu saja membusuk tanpa ada perlakuan pengolahan lebih lanjut. Dalam satu hektar sawit diperkirakan dapat menghasilkan 6400 – 7500 pelepah per tahun dengan nilai kalor biomassa pelepah sawit berkisar 17200 kJ/Kg (Simanihuruk dkk., 2008).

Pelepah sawit mengandung senyawa lignoselulosa yang terdiri dari selulosa sebesar 35,88 %, hemiselulosa 26,47 % dan lignin 18,90 % (Putri dkk., 2013). Dengan kandungan lignoselulosa dan nilai kalor yang cukup tinggi merupakan potensi agar pelepah sawit dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar padat yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif, bernilai ekonomi yang tinggi dan mampu bersaing dengan bahan bakar lainnya. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan manfaat pelepah sawit adalah proses torefaksi.

Torefaksi merupakan salah satu teknologi yang efektif menghasilkan bahan bakar padat dengan karakteristik yang baik mendekati karakteristik batubara. Torefaksi berpotensi meningkatkan daya saing biomassa sebagai suatu energi yang terbarukan melalui suatu proses thermal pada suhu rendah sekitar 200 – 300 °C dan kondisi tanpa udara dengan menggunakan gas inert atau nitrogen. Selama terjadi proses torefaksi, komponen hemiselulosa akan terdegradasi dan zat-zat volatil terlepas dari biomassa. Keuntungan yang diperoleh dari proses ini adalah nilai kalor atau energi densitas yang tinggi, rasio atom O/C, H/C dan kandungan air rendah, serta tahan terhadap air atau hidropobik (Basu, 2013).

Pembuatan bahan bakar padat dari biomassa telah dilakukan oleh beberapa penelitian seperti Uemura dkk (2011), Asadullah dkk (2014) dan Chen dkk. (2015). Uemura dkk. (2011) melakukan penelitian torefaksi dari biomassa tandan kosong, serat buah dan cangkang sawit pada variasi suhu 220, 250, 300 °C selama 30 menit. Nilai kalor tertinggi diperoleh untuk tandan kosong sebesar 20,41 MJ/kg, serat buah sebesar 22,17 MJ/kg dan cangkang sawit sebesar 21,68 MJ/kg pada suhu 300 °C.

Asadullah dkk. (2014) melakukan penelitian optimalisasi torefaksi cangkang sawit untuk menghasilkan bahan baku briket arang. Kondisi operasi yang digunakan adalah suhu 200 – 350 °C, waktu 10 – 60 menit, dan laju alir gas N<sub>2</sub>

100 – 1000 mL/menit. Nilai kalor arang yang diperoleh sebesar 24,5 MJ/Kg pada kondisi optimum yaitu pada suhu 300 °C dengan waktu tinggal 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan nilai kalor mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan suhu dan waktu torefaksi sedangkan variasi laju alir gas N<sub>2</sub> tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kalor bahan bakar padat.

Chen dkk. (2015) melakukan penelitian karakterisasi produk padatan dari torefaksi bamboo pada variasi suhu operasi 250, 300, 350 °C dan variasi waktu 30, 60, 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik produk padat dan cair dipengaruhi oleh suhu dan waktu torefaksi. Nilai rasio O/C, *fixed carbon* dan nilai kalor produk padat torefaksi meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Kondisi operasi optimum yang diperoleh adalah pada suhu 300 °C dan waktu 30 menit dengan nilai kalor produk padat sebesar 25 MJ/kg.

## 2. Metode Penelitian

Pembuatan bahan bakar padat dalam penelitian ini menggunakan bahan baku pelepah sawit. Peralatan utama yang digunakan berupa reaktor *fixed bed* horizontal dengan dimensi panjang 60 cm dan diameter 6 cm dilengkapi dengan alat pengatur suhu secara otomatis, *bubble flow meter* untuk menghitung laju alir gas nitrogen serta kondensor dengan panjang 30 cm dan *condensate trap* berupa dua buah erlenmeyer vakum 2 L.

Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan meliputi persiapan bahan baku, proses torefaksi, dan analisa produk. Persiapan bahan baku dimulai dari tahap pembersihan atau pemisahan pelepah dari daunnya, selanjutnya dipotong-potong menjadi ukuran kecil, dihaluskan dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 - 3 hari. Bahan baku yang telah kering dimasukkan ke dalam reaktor dan ditorefaksi pada kondisi operasi yang telah ditentukan yaitu suhu 250, 275, dan 300 °C dan waktu 20, 30, 40 menit. Selama proses

torefaksi berlangsung gas N<sub>2</sub> dialirkan terus menerus untuk membawa oksigen dan volatil yang terbentuk keluar dari reaktor. Hasil torefaksi kemudian dilakukan analisa proximat yaitu analisa nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar volatil dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) serta analisa nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik pelepah sawit sebelum dan setelah torefaksi ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik bahan baku dan produk yang dihasilkan.

Karakteristik	Bahan Baku	Produk
Nilai kalor (MJ/kg)	15439.39	18152,26 – 24064,32
Mass yield (%)	-	45,22 – 75,04
Energy yield (%)	-	70,49 – 88,23
Kadar air (%)	8,38	3,42 – 5,44
Kadar abu (%)	3,52	4,67 – 6,89
Kadar volatil (%)	74,05	38,63 – 65,34
Fixed carbon (%)	14,05	24,55 – 51,06

Proses torefaksi pelepah sawit yang dilakukan pada suhu 250 – 300 °C dan waktu 20 – 40 menit menyebabkan perubahan warna pada produk menjadi coklat dan semakin menghitam dengan tekstur menjadi lebih rapuh seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Perubahan warna ini disebabkan semakin meningkatnya fraksi karbon pada biomassa [Asadullah dkk., 2014].

Nilai kalor bahan bakar merupakan jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar dengan meningkatkan suhu satu gram air dari 3,5 – 4,5 °C dengan satuan kalori. Penetapan nilai kalor dimaksudkan untuk

mengetahui nilai panas pembakaran. Nilai kalor produk yang dihasilkan meningkat dibandingkan nilai kalor awal bahan baku seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Peningkatan nilai kalor disebabkan meningkatnya fraksi karbon yang ada pada produk serta turunnya fraksi oksigen dan hidrogen yang hilang bersama komponen selulosa dan beberapa komponen-komponen organik seperti air, asam asetat, dan fenol selama proses torefaksi (Uemura dkk., 2011).

Berdasarkan hasil analisa proksimat, kadar air dan kadar volatil menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Penurunan kadar air dan kadar volatil disebabkan oleh semakin banyaknya air dan komponen-komponen volatil yang menguap. Zat-zat volatil yang terbentuk merupakan polimer dari hemiselulosa yang terdegradasi selama proses torefaksi (Prins dkk., 2006).

Abu adalah sisa padatan anorganik yang terbentuk ketika biomassa terbakar sempurna dengan komposisi penyusun utama yaitu silika, aluminium, besi, kalsium, serta sejumlah kecil magnesium, titanium, dan potassium. Kadar abu yang kecil memainkan peranan yang sangat penting dalam konversi termal biomassa khususnya ketika biomassa mengandung potasium atau halida seperti klorin. Senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan korosi pada unit gasifikasi pengolahan biomassa (Basu, 2013). Kadar abu pada produk torefaksi pelepah sawit meningkat seiring meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Peningkatan kadar abu pada produk torefaksi disebabkan pengurangan massa yang terjadi pada saat proses torefaksi tidak diiringi dengan terdegradasinya komponen anorganik pembentuk abu (Prins dkk., 2006).

Kadar *fixed carbon* berkaitan dengan kadar volatil. Semakin rendah kadar volatil pada biomassa menyebabkan semakin tinggi kadar *fixed carbon* sehingga nilai kalor juga semakin tinggi. Hidrogen dan oksigen sebagai salah satu komponen utama pada biomassa merupakan salah satu

komponen yang paling banyak hilang selama proses torefaksi berlangsung. Oksigen merupakan komponen utama penyusun senyawa volatil yang pada rentang suhu 200 – 300 °C lebih banyak menghasilkan fenol. Sedangkan hidrogen merupakan komponen utama penyusun *bio-oil* dari proses pirolisis. Berkurangnya kadar hidrogen dan oksigen berakibat kepada turunnya kadar volatil dan meningkatkan rasio karbon terhadap hidrogen dan oksigen (Basu, 2013; Chen dkk., 2015).

#### 4. Kesimpulan

Pelepah sawit sebagai limbah hasil perkebunan sawit dengan nilai kalor 15439.39 kJ/kg dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat melalui proses torefaksi. Peningkatan suhu dan waktu torefaksi berpengaruh terhadap meningkatnya nilai kalor bahan bakar padat yang dihasilkan. Nilai kalor produk torefaksi dari penelitian ini adalah 18152,26 – 24064,32 kJ/kg. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada suhu 300 °C dan waktu torefaksi 40 menit. Kadar air produk torefaksi yang diperoleh adalah 3,42 – 5,44 %, kadar abu 4,67 – 6,89 %, kadar volatil 38,63 – 65,34 %, dan kadar *fixed carbon* 24,55 – 51,06 %.

#### Daftar Pustaka

- Asadullah, M., Adi, A.M., Suhada, N., Malek, N.H., Saringat, M.I., dan Azdarpoour, A., 2014. Optimization of Palm Kernel Shell Torrefaction to Produce Energy Densified Bio-coal. *Energy Conversion and Management*. 88, 1086-1093
- Basu, P., 2013. Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory (2<sup>nd</sup> ed). New York: Elsevier Inc.
- Chen, W.H., Liu, S.H., Juang, T.T., Tsai, C.M., dan Zuang, T.Q., 2015. Characterization of Solid and Liquid Products from Bamboo Torrefaction. *Applied Energy*. 160, 829-835
- Ditjenbunpertanian. 2014. Pertumbuhan Areal Kelapa Sawit. [www.ditjenbun.pertanian.go.id](http://www.ditjenbun.pertanian.go.id), dilihat 8 Agustus 2015.
- Putri, M.F., Sari, D.P., Caesari, A., dan Miranda, G., 2013. Biobleaching Pelepah Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Nitroselulosa Menggunakan Enzim Xylanase. *Prosiding Elektronik PIMNAS PKM-P*
- Simanihuruk, K., Sianipar, J., dan Tarigan, A., 2007. Pemanfaatan Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Pakan Basal Kambing Kacang Fase Pertumbuhan. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 21-22 Agustus 2007*, p. 417 – 424
- Prins, M.J., Ptasinski, K.J., dan Jansen, F.J., 2006. Torrefaction of Wood: Part 2. Analysis of Products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 77, 35-40.
- Uemura, Y., Omar, W., Yusup, S., dan Tsutsui, T., 2011. Torrefaction of oil palm wastes. *J. Fuel*. 90, 2585 – 2591.