

BAHAN BAKAR PADAT DARI TANDAN KOSONG SAWIT MENGGUNAKAN PROSES TOREFAKSI DENGAN VARIASI SUHU DAN WAKTU TOREFAKSI

Muhammad Zen¹⁾, Zuchra Helwani²⁾, Komalasari²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Laboratorium Teknologi Oleokimia

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

e-mail: mzenchan01@gmail.com

ABSTRACT

Empty fruit bunches (EFB) can be used as alternative energy source by using torrefaction process. Torrefaction is a pre-treatment process of biomass into solid fuel within temperature range of 200-300°C in an inert condition. The Torrefaction process research aims to produce solid fuel from EFB and study the effect of process variabel towards characteristic of solid fuel resulted. Torrefaction of empty fruit bunch was using fixed bed horizontal reactor with temperature (250-300°C) and torrefaction time (15-45 minute). Product quality resulted was calorific value, mass yield, energy yield and proximate (moisture content, ash content, volatile content and fixed carbon). The result obtained for calorific value in range was 19883.03-23165.96 kJ/kg, mass yield was 47.93-71.64 %, and energy yield was 65.09-86.39 %. 17091.03-20697.13 kJ/kg, mass yield was 35.95-59.91 %, and energy yield was 50.97-72.91 %. Proximate analysis resulted in the form of moisture content was 0.40-0.73 %, ash content was 8.75-10.16 %, volatile content was 35.94-64.48 %, and fixed carbon was 26.78-53.90 %. From the result obtained, the effect of rising temperature and torrefaction time give linier effects toward the product quality. Increased temperature and torrefaction time give enhancement to the calorific value, ash content, and fixed carbon.

Keywords: biomass, empty fruit bunches, solid fuel, torrefaction.

1. PENDAHULUAN

Biomassa yang merupakan salah satu sumber energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut, mengingat ketersediaannya yang melimpah di Negara kita, Limbah pertanian & limbah perkebunan merupakan contoh biomasa yang mudah didapat di alam sekitar kita. Biomassa juga sumber energi yang ramah lingkungan. Torefaksi adalah salah satu proses termokimia dalam pemanfaatan biomassa yang lebih efektif untuk menghasilkan bahan bakar padat [Basu, 2013].

Tujuan utama dari torefaksi adalah memaksimalkan *mass yield* dan *energy yield* dengan menurunkan perbandingan antara oksigen dan hidrogen terhadap karbon. Penelitian ini akan memanfaatkan TKS sebagai bahan baku proses torefaksi.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Produk Torefaksi Tandan Kosong Sawit

Rangkuman kondisi awal bahan baku dan produk torefaksi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1 analisis bahan baku dan produk torefaksi terdiri dari pengujian nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, dan kadar *fixed carbon*

Tabel 1 Karakteristik bahan baku dan produk yang dihasilkan

	Bahan Baku	Produk
Nilai kalor (kJ/kg)	16338,62	19883,03–23165,96
Mass yield (%)	-	35,95–59,91
Energy yield (%)	-	50,97–72,91
Kadar air (%)	2,68	0,40–0,73
Kadar abu (%)	7,12	8,75–10,16
Kadar volatil (%)	71,29	35,94–64,48
Kadar <i>fixed carbon</i> (%)	18,91	26,78–53,90

Nilai kalor meningkat sebesar 21,7-41,8% setelah proses torefaksi. Secara umum, nilai kalor meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi.



a. b. c.

Tampilan visual TKS yang ditorefaksi pada suhu 250°C untuk beberapa variasi waktu (a. 15 menit, b. 30 menit, c. 45 menit)



d. e. f.

Tampilan visual TKS yang ditorefaksi pada suhu 275°C untuk beberapa variasi waktu (d. 15 menit, e. 30 menit, f. 45 menit)



g. h. i.

Tampilan visual TKS yang ditorefaksi pada suhu 300°C untuk beberapa variasi waktu (g. 15 menit, h. 30 menit, i. 45 menit)

Gambar 1 Tampilan visual produk torefaksi TKS

Berdasarkan perbedaan suhu dan waktu, semua produk torefaksi pada suhu 250-300°C dan 15-45 menit merubah warna TKS dari yang awalnya coklat muda menjadi hitam. Perubahan warna disebabkan karena peningkatan kadar karbon pada biomassa. Peningkatan kadar karbon terjadi seiring dengan meningkatnya suhu torefaksi dimana komponen-komponen seperti hemiselulosa

terdegradasi. Peningkatan kadar karbon juga diiringi dengan menurunnya hidrogen dan oksigen mengakibatkan biomassa menjadi hitam [Asadullah dkk., 2014]. Dari tekstur TKS yang di torefaksi, pada variasi suhu dan waktu didapatkan tekstur yang rapuh. Hal ini dikarenakan TKS yang mempunyai banyak serat.

2.2 Nilai Kalor / HHV

Nilai kalor TKS yang digunakan pada penelitian ini adalah 16338,62 kJ/kg dan mengalami peningkatan sebesar 21,7-41,8% jadi 19883,03-23165,96 kJ/kg. Nilai kalor terendah didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Sedangkan nilai kalor tertinggi didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 300°C dan waktu torefaksi 45 menit. Pengaruh kondisi operasi seperti suhu torefaksi dan waktu torefaksi dapat dilihat pada Tabel 2

<i>Heat Heating Value (HHV)</i>		
Waktu (Menit)	Suhu (°C)	HHV (kJ/kg)
15	250	19883
30		20005
45		20908
15	275	20867
30		21101
45		21819
15	300	22312
30		22558
45		23166

Tabel 2 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap nilai kalor produk torefaksi TKS.

Dari Gambar 2 dapat kita lihat kenaikan nilai kalor terhadap perubahan waktu pada suhu yang sama. Kenaikan nilai kalor terhadap perubahan waktu berkisar antara 27,7-33,5%, sementara itu pengaruh suhu memberikan persentasi kenaikan yaitu 28,0-41,8%.

Hasil penelitian yang sama juga diperlihatkan oleh beberapa peneliti lain seperti Uemura dkk. [2011], Sabil dkk. [2013], dan Chin dkk. [2013] yang telah

melakukan torefaksi pada tandan kosong sawit pada rentang suhu 200-300°C. Hasil yang didapat menunjukkan kenaikan nilai kalor terhadap peningkatan suhu torefaksi yang digunakan. Hasil kenaikan rata-rata nilai kalor dari beberapa penelitian diatas adalah sekitar 24-39%. Hasil tersebut hampir sama dengan penelitian ini yaitu maksimal 33.5%.

2.3 Mass Yield dan Energy Yield

Mass yield yang didapatkan pada penelitian ini berkisar antara 35,95-59,91%. *Mass yield* terendah didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 300°C dan waktu torefaksi 45 menit, sedangkan yang tertinggi didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Pengaruh kondisi operasi seperti suhu torefaksi dan waktu torefaksi terhadap *mass yield* dapat dilihat pada Tabel 3.

<i>Mass Yield</i>		
Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Mass Yield (%)
15	250	59.9122
30		58.1702
45		52.8777
15	275	53.9384
30		47.8851
45		45.1419
15	300	39.8004
30		38.1789
45		35.9506

Tabel 3 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap *mass yield* produk torefaksi TKS.

Mass yield menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya hemiselulosa yang terdegradasi pada rentang suhu torefaksi diikuti dengan sedikit selulosa dan lignin yang terdegradasi secara bertahap [Vincent, 2013]. Waktu torefaksi juga memainkan peranan yang sangat penting terhadap tingkat degradasi hemiselulosa. Semakin lama torefaksi, hemiselulosa yang terdegradasi juga akan semakin banyak.

Namun pengaruh waktu torefaksi terhadap pengurangan massa biomassa tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan suhu torefaksi. Laju pengurangan biomassa mulai relatif stabil ketika melewati 60 menit torefaksi [Stelt dkk., 2011; Vincent, 2013; Sabil dkk., 2013].

Energy yield yang didapatkan pada penelitian ini berkisar antara 50,97-72,91%. *Energy yield* terendah didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 300°C dan waktu torefaksi 45 menit. Sedangkan *energy yield* tertinggi didapatkan pada kondisi operasi suhu torefaksi 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Pengaruh kondisi proses terhadap *energy yield* dapat dilihat pada Tabel 4

<i>Energy Yield</i>		
Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Energy Yield (%)
15	250	72.9093
30		71.2220
45		67.6656
15	275	68.8893
30		61.8439
45		60.2836
15	300	54.3515
30		52.7119
45		50.9731

Tabel 4 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap *energy yield* produk torefaksi TKS

Berdasarkan Gambar 4.4, *energy yield* menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi. Karena perhitungan *energy yield* menggunakan data *mass yield* dan nilai kalor, maka persentase *energy yield* sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dan *mass yield*.

Pengaruh penurunan *mass yield* dan *energy yield* terhadap kenaikan suhu dan waktu torefaksi telah banyak dibuktikan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah Uemura dkk. [2011], Sabil dkk. [2013], dan Vincent [2013]. Semua penelitian menunjukkan tren yang sama terhadap respon *mass yield*. Untuk respon *energy yield*, hasil yang didapat sangat relatif

bergantung pada hasil *mass yield* dan nilai kalor.

3 Analisa Proksimat

Analisa proksimat meliputi penentuan kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar *fixed carbon*. Kadar air dihitung berdasarkan ASTM D-3173, kadar abu dihitung berdasarkan ASTM D-3174, dan kadar volatil dihitung berdasarkan ASTM D-3175.

3.1 Kadar Air

Kadar air bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,68%. Kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 0,4-0,73%. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar air terhadap kenaikan suhu torefaksi dan waktu torefaksi. Grafik pengaruh kondisi operasi torefaksi terhadap kadar air dapat dilihat pada Gambar 5 Kadar air terendah didapatkan pada suhu torefaksi 300°C dan waktu 45 menit. Sedangkan kadar air tertinggi didapatkan pada suhu torefaksi 250°C dan waktu 15 menit.

Waktu (Menit)	Suhu (°C)	% Kadar air
15	250	0.7332
30		0.6673
45		0.5822
15	275	0.6182
30		0.5782
45		0.5130
15	300	0.5411
30		0.4596
45		0.3973

Tabel 5 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap kadar air produk torefaksi TKS

Semakin meningkat suhu torefaksi maka kadar air bahan bakar padat yang dihasilkan juga akan semakin menurun dikarenakan proses dehidrasi yang terjadi selama torefaksi berlangsung. Penurunan kadar air menjadi sangat penting karena berpengaruh sangat besar terhadap

penyimpanan dan transportasi serta jumlah energi yang dibutuhkan pada konversi termokimia bahan bakar padat tersebut.

3.2 Kadar Abu

Kadar abu biomassa yang digunakan pada penelitian ini 7,12%. Sedangkan kadar abu yang didapatkan pada penelitian ini berkisar 8,75-10,16% . Kadar abu tertinggi didapatkan pada suhu torefaksi 300°C dan waktu torefaksi 45 menit. Sedangkan kadar abu terendah didapatkan pada suhu torefaksi 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Berdasarkan Gambar 6 kenaikan kadar abu seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu torefaksi tidak terlalu berpengaruh signifikan.

Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Kadar Abu (%)
15	250	8.75
30		8.88
45		9.03
15	275	9.16
30		9.33
45		9.57
15	300	9.53
30		10.04
45		10.16

Tabel 6 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap kadar abu produk torefaksi TKS.

3.3 Kadar Zat Volatil dan *Fixed Carbon*

Kadar zat volatil TKS yang digunakan pada penelitian ini adalah 71,29%. Semakin tinggi suhu dan waktu torefaksi, kadar volatil yang dihasilkan semakin rendah. Penurunan kadar volatil disebabkan karena volatil yang terbentuk semakin banyak selama proses torefaksi. Zat volatil terbentuk dari proses volatilisasi hemiselulosa [Prins dkk., 2006]. Kadar volatil tertinggi didapatkan pada suhu torefaksi 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Sedangkan kadar volatil terendah didapatkan pada suhu torefaksi 300°C dan waktu torefaksi 45 menit.

<i>Kadar Volatile (Volatile Content)</i>		
Waktu (Menit)	Suhu (°C)	% Kadar Volatile
15	250	63.74
30		58.60
45		54.87
15	275	51.36
30		48.29
45		44.19
15	300	43.33
30		39.61
45		35.54

Tabel 7 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap kadar zat volatil produk torefaksi TKS.

Kadar *fixed carbon* yang didapatkan pada penelitian ini berkisar 26,78-53,90%. Kadar *fixed carbon* yang didapatkan mengalami kenaikan sebesar 41,6-1585% dari kadar volatil bahan baku yang hanya 18,91%. Kadar *fixed carbon* terendah didapatkan pada suhu 250°C dan waktu torefaksi 15 menit. Sedangkan kadar *fixed carbon* tertinggi didapatkan pada suhu 300°C dan waktu torefaksi 45 menit.

<i>Total Fixed Carbon</i>		
Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Fixed Carbon (%)
15	250	26.78
30		31.86
45		35.52
15	275	38.86
30		41.81
45		45.73
15	300	46.60
30		49.90
45		53.90

Tabel 8 Pengaruh suhu dan waktu torefaksi terhadap kadar *fixed carbon* produk torefaksi TKS.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu Tandan kosong sawit (TKS) sebagai limbah hasil

pengolahan sawit dengan nilai kalor 16338,62 kJ/kg dapat dimanfaatkan sebagai *solid fuel* melalui proses torefaksi, Nilai kalor yang didapat dipenelitian ini adalah 19883,03-23165,96 kJ/kg, *mass yield* yang didapatkan 35,95-59,91%, dan *energy yield* yang didapatkan 50,97-72,91%, Analisa proksimat yang dilakukan meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, dan kadar *fixed carbon*. Kadar air yang didapatkan 0,40-0,73%, kadar abu 8,75-10,16%, kadar zat volatil 35,94-64,48%, dan kadar *fixed carbon* 26,78-53,90%, Secara umum, pengaruh kenaikan suhu dan waktu torefaksi berakibat kepada naiknya nilai kalor, kadar abu, dan kadar *fixed carbon*, Nilai kalor tertinggi didapatkan pada suhu torefaksi 300°C dengan waktu torefaksi 15 menit. Sedangkan *mass yield* dan *energy yield* tertinggi didapatkan pada suhu 250°C dan waktu torefaksi 15 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing karena telah memberikan masukan dan arahan serta bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadullah, M., Adi, A.M., Suhada, N., Malek, N.H., Saringat, M.I., and Azdarpour, A. (2014). Optimization of Palm Kernel Shell Torrefaction to Produce Energy Densified Bio-coal. *Energy Conservation and Management*, 88, 1086-1093.
- Basu, P. (2013). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction (2nd ed)*. New York: Elsevier Inc.
- Vincent, S.S. (2013). Investigation of Torrefaction Process Parameters on Biomass Feed-Stock and CO₂ Gasification of Torrefied and Pyrolysed Bio-char. *Thesis*. University of Calgary.
- Prins, M.J., Ptasiński, K.J., and Jansen, F.J. (2006). Torrefaction of Wood: Part 2. Analysis of Products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 77, 35-40.