

PENGARUH VARIASI WAKTU DAN JENIS LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT PADA PIROLISIS MENJADI ASAP CAIR

THE EFFECT OF TIME VARIATION AND TYPES OF SOLID PALM OIL WASTE ON PYROLYSIS TO BIO-OIL

Sahmoen Gunawan Bancin¹, Amaliyah Rohsari Indah Utama², Libertus Darus³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

³Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak

sahmguban@telkomuniversity.ac.id¹, amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id²,

libertus.darus@outlook.com³

Abstrak

Kelapa sawit menjadi sektor perkebunan utama di Kalimantan Barat dan penyumbang devisa terbesar di Indonesia. Industri ini semakin berkembang dalam produksinya diiringi pertumbuhan volume limbah. Diantaranya Limbah padat belum dimanfaatkan secara optimal dan dapat diolah (dipirolisis) menjadi produk bernilai ekonomis (asap cair) yang selanjutnya menjadi bahan baku kimia dan bahan bakar. Pada penelitian pirolisis limbah padat kelapa sawit menjadi asap cair menggunakan variabel waktu operasi (60, 90, 120, 150, 180 menit) dan jenis limbah padat (cangkang, pelepah dan tandan kosong) pada suhu tetap 350°C. Hasil pirolisis (asap cair) dengan rendemen tertinggi 17,43% terdapat pada pelepah dengan lama pirolisis yaitu 120 menit dengan pH terendah 2,66. Total fenol asap cair yang tertinggi dihasilkan oleh cangkang yaitu 15,35%. Hal tersebut membuktikan jika semakin lama waktu pirolisis semakin tinggi juga nilai rendemen asap cair, begitu pula variasi limbah padat mempengaruhi nilai pH dan fenol asap cair.

Kata Kunci: Asap Cair, Limbah Kelapa Sawit, Pirolisis, Rendemen

Abstrack

Palm oil is the main plantation sector in West Kalimantan and the largest foreign exchange earner in Indonesia. This industry is growing in its production accompanied by an increase in the volume of waste. Among them, solid waste has not been used optimally and can be processed (pyrolyzed) into products of economic value (bio-oil) which then become chemical raw materials and fuels. In the research on the pyrolysis of palm oil solid waste into bio-oil using operating time variables (60, 90, 120, 150, 180 minutes) and the type of solid waste (shell, midrib and empty bunches) at a constant temperature of 350°C. The results of pyrolysis (bio-oil) with the highest yield of 17.43% were found in midrib with a pyrolysis time of 120 minutes with the lowest pH of 2.66. The highest total phenol bio-oil was produced by shell, which was 15.35%. This proves that the longer the pyrolysis time, the higher the yield value of bio-oil, as well as variations in solid waste that affect the pH and phenol values of bio-oil.

Keywords: Bio-Oil, Palm Oil Waste, Pyrolysis, Yield

1. Pendahuluan

Pertumbuhan energi dalam kehidupan manusia semakin meningkat sedangkan persediaan sumber energi semakin berkurang. Bahkan di Indonesia juga sekarang mengalami krisis energi khususnya yang berhubungan dengan minyak bumi. Untuk mengatasi krisis tersebut dibutuhkan sumber energi yang baru dan dapat diperbaharui. Energi terbarukan tersebut tidak akan habis jika dikelola dengan baik dan dapat diperbaharui dalam waktu yang sebentar dibandingkan dengan minyak bumi. Sumber energi terbarukan juga sangat banyak dan dapat ditemukan dengan mudah, khususnya di Indonesia yang melimpah akan sumber dayanya. Salah satunya adalah biomassa yang dapat ditemukan dalam berbagai sektor industri dan pertanian. Biomassa yang bersumber dari lahan pertanian kelapa sawit adalah limbah padatnya seperti cangkang, pelepah dan tandan kosong kelapa sawit. Pemanfaatan biomassa tersebut untuk menghasilkan asap cair dari proses pirolisis. Asap cair yang didapatkan akan diuji kualitasnya baik rendemen, pH dan komposisi kimia terkhusus kandungan fenol. Asap cair tersebut juga dikelompokkan berdasarkan variasi waktu pirolisis dan jenis biomassanya. Bertero M, dkk. (2018) juga menemukan suhu optimum pirolisis tandan kosong dan cangkang kelapa sawit adalah 550°C untuk meningkatkan rendemen yang optimum [3].

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Limbah Padat Kelapa Sawit

Limbah padat kelapa sawit sangat banyak jenisnya yaitu pelepah, tandan kosong, cangkang, serabut, abu sisa bakar bahkan batang pohon tersebut. Pada penelitian ini hanya menggunakan pelepah, cangkang dan tandan kosong kelapa sawit. Dalam pirolisis sangat perlu mengetahui kandungan lignoselulosa pada biomassa yang digunakan. Kandungan lignoselulosa dari berbagai sumber ada pada tabel 1.

Tabel 1 Kandungan Lignoselulosa Limbah Padat Kelapa Sawit

Jenis Limbah [Ref]	Kandungan Lignoselulosa (%)		
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin
Cangkang [4/12/8]	26/12/22	7/38/28	54/38/44
Pelepah [14/4/9]	28/21/28	26/54/56	18/9/20
Tandan Kosong [7/4/1]	28/22/23	41/38/51	23/12/21

2.2 Pirolisis

Metode dekomposisi termokimia dalam reactor tanpa udara dengan hasil berupa prosuk cair (asap cair), gas dan arang (biochar). Reaktor pirolisis biasanya menggunakan pembakaran dengan gas (LPG) atau kayu bakar. Biomassa yang dimasukkan kedalam tabung pirolisis akan dipanaskan dan uap panas didalam tabung akan terkondensasi dengan bantuan pendingin (biasanya menggunakan air) dan menjadi cairan yang disebut asap cair. Suhu yang diperlukan untuk dekomposisi kandungan lignoselulosa berbeda-beda. Dekomposisi hemiselulosa 250-350°C, selulosa 325-400°C dan lignin 300-900°C.

2.3 Asap Cair

Komponen gas hasil pirolisis biomassa yang terdestilasi menggunakan kondesor dan menjadi bentuk cair merupakan asap cair. Asap cair biasanya dimanfaatkan sebagai pengisi aroma dan rasa pada industri makanan juga sebagai pengganti bahan pengawet dan biopeptisida untuk meningkatkan hasil pertanian. Kandungan senyawa pada asap cair terdiri dari asam, gugus karbonil, senyawa fenolik, tar dan air [13].

2.4 Pengujian Asap Cair

Pengujian mutu asap cair bertujuan untuk mengetahui seberapa baik asap cair yang kita dapatkan. Terdapat beberapa metode pengujian salah satunya pengujian rendemen, pH dan kandungan kimia khususnya fenol. Pengujian rendemen asap cair dilakukan dengan membagi jumlah massa asap cair dengan jumlah massa bahan baku atau biomassa yang dipirolisis dan dinyatakan dalam persen (%). Untuk mengetahui massa asap cair perlu diketahui densitas asap cair tersebut dengan menggunakan piknometer.

Ket:

R = Rendemen Asap Cair (%)

V = Volume Asap Cair (m³)

M₂ = Massa Asap Cair (kg)

ρ = Densitas Asap Cair (kg/m³)

M₁ = Massa Bahan Baku/Biomassa (kg)

$$\rho = \frac{m_2}{V} \quad (1)$$

$$R = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

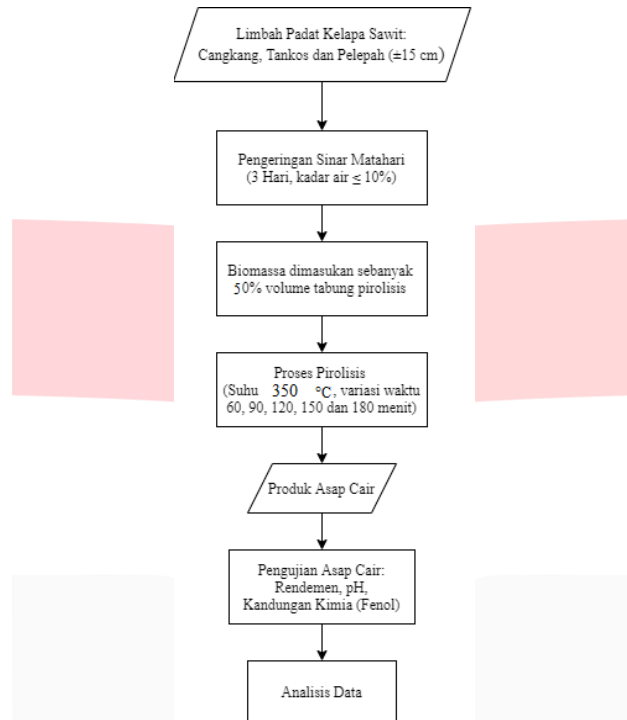
Pengujian kandungan fenol asap cair menggunakan alat uji berupa UV-Vis Spektrofotometer yang dapat secara kualitatif dan kuantitatif mengukur jenis serta kandungan senyawa dalam sampel. Spektrofotometer umum digunakan karena kemampuannya dalam menganalisa begitu banyak senyawa kimia serta kepraktisannya dalam hal preparasi sampel apabila dibandingkan dengan beberapa metode analisa [11]. Jika diakumulasikan asap cair dari pirolisis tandan kosong mengandung 2,984% karbonil, 13,169% turunan fenol, dan 74,268% asam organik [10].

pH merupakan derajat keasaman dan kebasahan suatu cairan. Alat untuk mengukur pH suatu cairan adalah dengan menggunakan kertas lakmus merah dan biru, indikator alami dan teknologi terbaru menggunakan pH meter digital. pH tidak memiliki satuan, pada saat pengukuran dengan pH meter digital hanya akan ditunjukkan

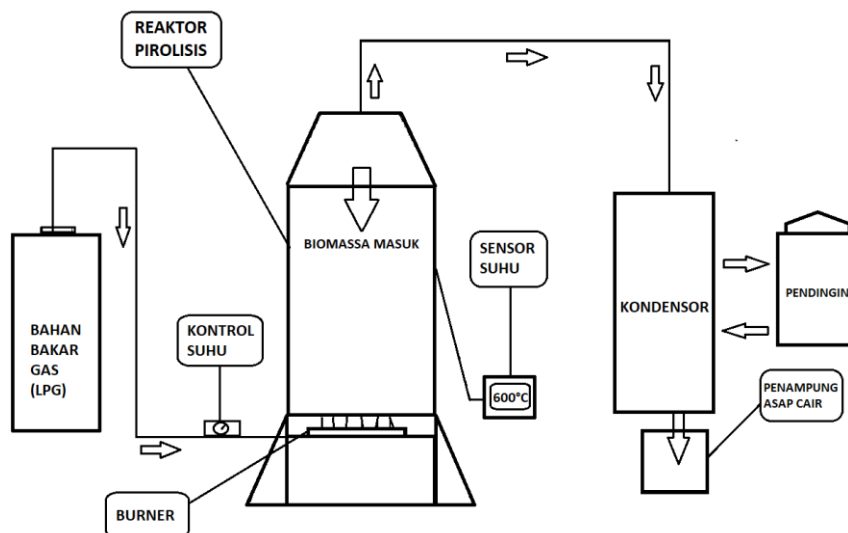
berupa angka saja. Jika nilai pH nya 7 menandakan bahwa larutan tersebut bersifat netral dan jika dibawah 7 maka larutan tersebut bersifat asam, begitupula sebaliknya. Asap cair dengan kualitas terbaik memiliki pH yang berkisar diantara 1,5 - 3,7 [16]. Untuk mengkalibrasi pH meter digital sebelum pengukuran, sebaiknya dicelupkan ke dalam aquadest yang memiliki pH netral.

2.5 Metodologi

Berikut adalah diagram alur proses penelitian variasi waktu dan jenis limbah padat kelapa sawit pada pirolisis menjadi asap cair:



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 2 Skema Proses Pirolisis Pada Reaktor Pirolisis

Pada gambar 1 ditunjukkan diagram alur penelitian yang dimulai dengan persiapan biomassa dengan mengeringkannya minimal 3 hari dengan panas matahari, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis pada gambar 2 dan dioperasikan. Proses pirolisis menggunakan suhu 350°C dengan variasi waktu 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Biomassa yang dipanaskan menghasilkan uap panas yang dialirkan ke kondensor

untuk didinginkan dan menjadi cair. Setelah itu asap cair didapatkan dan diuji rendemen, pH dan kandungan fenolnya.

3. Pembahasan

3.1 Hasil Rendemen Asap Cair

Rendemen dapat dihitung dengan mengetahui nilai densitas asap cair tersebut. Densitas asap cair dapat diperoleh dengan mengukur menggunakan piknometer. Berikut ini adalah densitas rata-rata dari setiap jenis asap cair:

Tabel 2 Densitas Asap CAir

Biomassa	Densitas (gr/ml)
Cangkang	0,97936
Pelepah	1,01962
Tankos	0,991016

Dari tabel 2 diatas dapat dilihat nilai densitas dari setiap asap cair mendekati sama dan nilai densitas tertinggi ada pada asap cair dari biomassa pelepah yaitu senilai 1,01962 gr/ml. Nilai densitas ini akan dikalikan dengan volume dalam setiap variasi biomassa dan waktu pirolisis. Rendemen yang didapat dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 3 Grafik Rendemen Asap Cair

Grafik diatas memperlihatkan bahwa kecenderungan rendemen akan meningkat seiring meningkatnya waktu pirolisis. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pirolisis semakin banyak kandungan pada biomassa seperti lignoselulosa akan terdekomposisi. Pada grafik terlihat bahwa rendemen paling tinggi didapat oleh pelepah kelapa sawit dengan rendemen paling tinggi pada waktu 120 menit yaitu 17,43%, sedangkan rendemen paling sedikit didapat oleh tandan kosong kelapa sawit dengan rendemen tertinggi pada waktu 180 menit yaitu 3,11%. Rendemen paling tinggi dari cangkang dapat dilihat pada suhu 180 menit juga yaitu 11,01%. Penelitian terdahulu juga memperlihatkan bahwa rendemen cangkang lebih tinggi dari tandan kosong dengan nilai berturut-turut adalah 52,02% dan 29,59% [5].

3.2 Hasil Total Fenol Asap Cair

Dibawah ini adalah tabel total fenol dari setiap asap cair dengan kondisi suhu dan waktu pirolisis yang sama;

Biomassa	Rata-Rata Total Fenol (%)
Cangkang	15,35

Tabel 3 Total Fenol

Pelepah	14,17
Tankos	11,90

Asap Cair

Dari table 3 diatas dapat dilihat jika kadar fenol paling tinggi ada pada asap cair dari biomassa cangkang kelapa sawit. Hal ini berkaitan dengan kandungan lignin yang banyak pada cangkang dibandingkan limbah padat kelapa sawit lainnya. Penelitian terbaru juga memperlihatkan kandungan fenol pada cangkang lebih tinggi dari tandan kosong kelapa sawit yaitu 20,24% dan 16,88% [6]. Bahan baku dan juga suhu dari pirolisis sangat mempengaruhi kadar fenol asap cair. Semakin banyak kandungan lignin pada biomassa yang digunakan semakin baik hasil fenol, begitu juga semakin tinggi suhu pada pirolisis semakin baik juga hasil fenol yang didapatkan [5]. Kadar fenol juga dipengaruhi oleh banyaknya asap saat melakukan pirolisis dimana asap ini terjadi saat kadar air pada biomassa cukup tinggi [15]. Dapat dilihat dalam table 4.3 dibawah ini kadar air dari masing-masing biomassa. Dari data kadar air tersebut membenarkan data kadar fenol pelepah lebih tinggi dari tandan kosong kelapa sawit, sedangkan total fenol cangkang masih lebih tinggi karena didominasi oleh kandungan lignin yang lebih besar.

Tabel 4 Kadar Air Biomassa

Nama Sampel	Kadar Air (%)
Pelepah	9,32
Tandan Kosong	9,03
Cangkang	8,37

3.3 Hasil pH Asap Cair

Berikut ini adalah tabel dari pH asap cair berdasarkan jenis biomassa dan waktu pirolisis.

Tabel 5 pH Asap Cair

Waktu (Menit)	pH		
	Cangkang	Pelepah	Tandan Kosong
60	3,1	2,6	3,7
90	2,9	2,5	3,6
120	3,2	2,7	3,7
150	2,9	2,8	3,7
180	3	2,7	3,7
Rata-Rata	3,02	2,66	3,68

Berdasarkan tabel 4.4 diatas, nilai pH terendah ada pada asap cair dari pelepah kelapa sawit dengan rata-rata pH 2,66 dan nilai pH tertinggi ada pada tandan kosong kelapa sawit dengan rata-rata pH 3,68. Untuk nilai pH cangkang sendiri ada diantara dua biomassa lainnya, dengan nilai pH rata-rata adalah 3,02. Penelitian sebelumnya juga memperlihatkan nilai pH cangkang lebih kecil dari pada nilai pH tandan kosong kelapa sawit [2]. Kualitas mutu asap cair sangat mempengaruhi nilai pH asap cair tersebut. Parameter data rendemen dan total fenol asap cair memperlihatkan jika mutu asap cair dari tandan kosong lebih kecil dari cangkang dan pelepah kelapa sawit. Hal tersebut diperlihatkan kembali oleh data nilai pH diatas dengan nilai dari tandan kosong yang besar. Standar mutu asap cair yang baik memiliki pH 1,5 % - 3,7 % dan standar ini juga diberlakukan di negara Jepang [16].

4. Kesimpulan

Dari pelaksanaan penelitian ini didapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Variasi limbah padat kelapa sawit berupa cangkang, pelepah dan tandan kosong berpengaruh terhadap kadar fenol dan pH dari asap cair. Semakin banyak kandungan lignin pada biomassa maka berpotensi meningkatkan kadar fenol dan pH asap cair.
2. Variasi waktu pirolisis mempengaruhi rendemen asap cair. Semakin lama waktu pirolisis, semakin tinggi juga rendemen asap cair yang didapatkan.

Referensi

- [1] A. G. Haji, "Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol.9, no. 3, p. 110, 2013.
- [2] A. O. Ningrum, "Proses Pembuatan Bio Oil dari Limbah Kelapa Sawit (Tandan, Cangkang dan Serat) Untuk Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Fast Pyrolysis", *Teknik Kimia*, Universitas Indonesia, 2011.
- [3] Bertero M, García JR, Falco M, Sedran U, Mahmud KN, Ariffin SJ, Idris A, Zakaria ZA. 2018. Sustainable Technologies for the Management of Agricultural Wastes: Chapter 2 Pyrolysis Products from Residues of Palm Oil Industry. Springer Nature Singapore Pte Ltd, https://doi.org/10.1007/978-981-10-5062-6_2.
- [4] C. Edmund, M. Christopher and D. Pascal, "Characterization of palm kernel shell for materials reinforcement and water treatment", *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, vol. 5, no. 1, pp. 1-6, 2014. Available: 10.5897/jcems2014.0172.
- [5] Dhyani V, Bhaskar T. 2018. A Comprehensive Review on the Pyrolysis of Lignocellulosic-Biomass. *Renewable-Energy*, 129(B):695-716,
- [6] D. Sartika, "Uji Karakteristik Asap Cair dari Limbah Padat Pengolahan Kelapa Sawit Pada Alat Pirolisis Limbah Organik-Anorganik", *Keteknikan Pertanian*, Universitas Sumatra Utara, 2020.
- [7] Erwinsyah, Sugesty, S., & Hidayat, T. (2012). Aplikasi Enzim Lipase pada Pulp Tandan Kosong Sawit untuk Kertas Cetak, Moulding dan Media Tanaman Kecambah Kelapa Sawit. *Prosiding InSINas*, (hal, MT92-MT97).
- [8] F. Abnisa, A. Arami-Niya, W. Daud and J. Sahu, "Characterization of Bio-oil ad Bio-char from Pyrolysis of Palm Oil Wastes", *BioEnergy Research*, vol. 6, no. 2, pp. 830-840, 2013. Available: 10.1007/s12155-013-9313-8.
- [9] H. Abdul Khalil, M. Siti Alwani, R. Ridzuan, H. Kamarudin and A. Khairul, "Chemical Composition, Morphological Characteristics, adn Cell Wall Structure of Malaysian Oil Palm Fibers", *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, ol. 47, no. 3, pp. 2773-280, 2008. Available: 10.1080/03602550701866840.
- [10] I. Kresnawaty, S. Putra, A. Budiani and T. Darmono, "Konversi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Arang Hayati dan Asap Cair", *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, vol. 14, no. 3, p. 171, 2018.
- [11] Peralatan UV-Vis Spectrophotometer, polimer.bppt.go.id, 2020. [Online]. Available: <https://polimer.bppt.go.id/id/alat-alat-pengujian-id/uv-vis-spectrophotometer>. [Accessed: 23- Oct- 2020].
- [12] P. Shrivastava, P. Khongphakdi, A. Palamanit, A. Kumar and P. Tekasakul, "Inestigation of physicochemical properties of oil palm biomass for ealuating potential of biofuels production via pyrolysis processes", *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2020.
- [13] Ratnawati dan S. Hartono, Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit terhadap Kuantitas dan Kualitas Asap Cair, *Jurnal Sains Materi Indonesia* (2010) ol. 12 (1), ISSN 141-1098
- [14] Seri Maulina, Nurtahara and Fakhradila, "Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Fenol Pada Asap Cair", *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 7, no. 2, pp. 12-16, 2018. Available: 10.32734/jtk.v7i2.1641.
- [15] Wijaya, M., E. Noor., T Irawadi Tedja. dan G. Pari. 2008. Karakterisasi Komponen Kimia Asap Cair dan Pemanfaatannya sebagai Biopestisida. *Bionature*. 9(1): 34-40.

- [16] Yatagai, M. 2004. Utilization of Charcoal and Wood Vinegar in Japan. Seminar on “Enchancing The Development and Wood Vinegar. Bogor.

