

Pengembangan Unit Reaktor Pirolisis Limbah Biomassa Kelapa Sawit

M. Handyka Septia¹, Purwo Subekti^{2*}, Ahmad Fathoni²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Tersedia Online: April 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan unit reaktor pirolisis yang mengolah limbah biomassa kelapa sawit, sebagai kelanjutan dari penelitian sebelumnya tentang pengolahan limbah plastik. Limbah kelapa sawit, seperti tandan kosong, serat, cangkang, dan POME, perlu dikelola dengan baik untuk mencegah pencemaran lingkungan. Teknologi pirolisis dipilih sebagai solusi efektif untuk mengubah limbah ini menjadi produk bernilai tambah sekaligus mengurangi volume limbah. Prototipe reaktor pirolisis yang telah dikembangkan menunjukkan kemampuan untuk mengkonversi limbah biomassa menjadi tiga jenis produk: bio-oil, gas, dan asap cair. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan 250 gram tandan kosong selama 120 menit pada suhu 502 °C menghasilkan 130,5 mL asap cair. Sementara itu, pengujian dengan serat menghasilkan 49 mL, cangkang memberikan 108 mL pada suhu 514 °C setelah 180 menit, dan POME menghasilkan 115 mL dalam 15 menit pada suhu 504 °C. Temuan ini menunjukkan bahwa tandan kosong adalah bahan baku yang paling efisien untuk proses pirolisis. Penelitian ini menekankan potensi teknologi pirolisis dalam pengelolaan limbah kelapa sawit dan kontribusinya terhadap pengembangan energi terbarukan, dengan tandan kosong sebagai pilihan utama untuk mencapai hasil yang optimal.

Kata kunci : Asap cair; Energi terbarukan; Limbah kelapa sawit; Reaktor

E – MAIL

*Email Corresponding Author :

purwos73@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to develop a pyrolysis reactor unit to process palm biomass waste, as a continuation of previous research on plastic waste processing. Palm waste, such as empty fruit bunches, fibers, shells, and POME (Palm Oil Mill Effluent), needs to be managed properly to prevent environmental pollution. Pyrolysis technology is chosen as an effective solution to convert this waste into value-added products while reducing waste volume. The developed pyrolysis reactor prototype demonstrates the ability to convert biomass waste into three types of products: bio-oil, gas, and liquid smoke. Test results indicate that using 250 gram of empty fruit bunches for 120 minutes at a temperature of 502 °C produces 130.5 mL of liquid smoke. Meanwhile, testing with fibers yields 49 mL, shells provide 108 mL at 514 °C after 180 minutes, and POME generates 115 mL in 15 minutes at 504 °C. These findings show that empty fruit bunches are the most efficient feedstock for the pyrolysis process. This research emphasizes the potential of pyrolysis technology in managing palm waste and its contribution to the development of renewable energy, with empty fruit bunches as the primary choice for achieving optimal results.

Keywords : Liquid smoke; Renewable energy; Palm oil waste; Reactor.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan unit reaktor pirolisis limbah biomassa kelapa sawit merupakan penelitian lanjutan dari hasil penelitian sebelumnya [1] terkait

rancang bangun alat pengolahan limbah plastik (pirolisis) menjadi bahan bakar alternatif menggunakan metode Dfma (Design For Manufacture And Assembly). Penelitian terdahulu

tersebut menghasilkan prototipe reaktor pirolisis yang mampu menghasilkan cairan yang identik dengan bahan bakar gasoline. Pada penelitian ini, dikembangkan reaktor hasil penelitian tersebut di desain ulang untuk pemanfaatan pirolisis limbah biomassa kelapa sawit.

Limbah kelapa sawit adalah bagian sisa dari tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil sampingan dari proses pengolahannya [2]. Limbah sawit seperti tandan kosong, serat, cangkang, dan POME imbah ini perlu dikelola dengan baik. Jika tidak, hal ini dapat menyebabkan pencemaran udara, tanah, dan air [3]. Oleh karena itu ,pengelolaan limbah sawit menjadi sebuah tantangan yang mendesak untuk diatasi. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penerapan teknologi pirolisis, yang dapat mengubah limbah biomassa kelapa sawit ini menjadi produk nilai tambah, sekaligus mengurangi volume limbah secara signifikan [4].

Pirolisis adalah proses pemecahan biomassa secara termal dengan oksigen yang sangat terbatas. Proses ini dikenal sebagai devolatilisasi, di mana biomassa mengalami dekomposisi termal tanpa adanya oksigen sama sekali [5]. Limbah biomassa kelapa sawit yang mengalami proses pirolisis akan terdekomposisi menjadi 3 jenis produk, yaitu bio-oil, gas, dan asap cair [6]. Asap yang dihasilkan dari proses pirolisis pada penelitian ini akan mengalami kondensasi, kemudian membentuk cairan yang disebut sebagai asap cair [7]. Asap cair merupakan produk sampingan dari proses karbonisasi atau pembakaran bahan berlignoselulosa dengan jumlah udara yang terbatas [8].

Prototipe unit reaktor pirolisis yang berhasil dikembangkan menunjukkan kemampuan yang signifikan dalam mengolah limbah biomassa kelapa sawit menjadi produk bernilai tinggi, seperti asap cair (*biochar*) [9]. Pengujian kinerja unit reaktor menunjukkan tingkat konversi yang tinggi, dengan kualitas produk yang memenuhi standar industri [10]. Proses pirolisis tidak hanya mengurangi volume limbah tetapi juga menghasilkan energi terbarukan yang dapat digunakan di berbagai sektor, termasuk energi dan pertanian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan unit reaktor pirolisis yang dapat mengolah limbah biomassa kelapa sawit.

II. MATERIAL DAN METODE

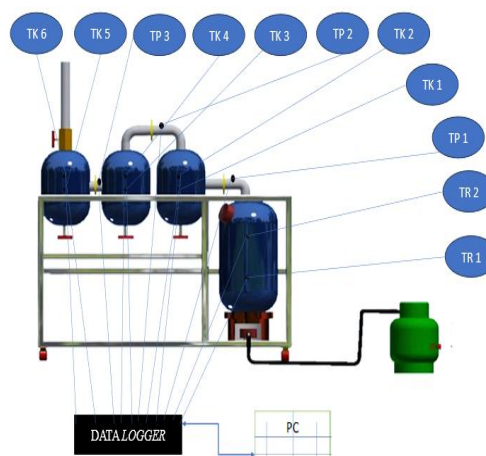
Pada penelitian ini peralatan yang digunakan diantaranya Travo las, Sensor *Thermocouple*, Data logger, Gelas Ukur, *Stopwatch*, Botol plastik, *Thermocouple* keramik, Gerinda tangan, Gerinda potong, Bor tangan, Meteran, Siku ukur, Palu, Kunci ring, *Spray gun*.

Sedangkan bahan yang digunakan diantaranya Tabung gas LPG 5,5 kg sebagai reaktor, tabung Freon 3 kg sebagai kondensor, besi hollow 40 mm x 20 mm x 1,5 mm sebagai rangka alat uji, kompor tungku semawar sebagai ruang pembakaran, pipa galvanis 1 inci x 1,2 mm, besi siku, selang pipa, cat penta, cat diton, dempul, tiner, limbah biomassa kelapa sawit tandan kosong, serat, cangkang, POME. Dengan adanya pengembangan alat pirolisis limbah biomassa kelapa sawit diharapkan dapat menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pengolahan limbah biomassa kelapa sawit secara berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan metode desain dan pengembangan untuk merancang dan menciptakan alat pirolisis yang efisien untuk limbah biomassa kelapa sawit. Pengembangan alat uji pirolisis melibatkan pembuatan perangkat yang mampu melakukan pirolisis secara efisien dan akurat, serta mengukur karakteristik produk yang dihasilkan. Alat ini umumnya terdiri dari beberapa komponen kunci : Reaktor Pirolisis, Kondensor, Pipa *Filler*, Sistem Pengumpulan Produk, *Flange* Pipa, Sensor *Thermocouple*, Kontruksi alat pirolisis lebih kecil dan ringan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan



Gambar 1. Hasil Perancangan

Keterangan gambar :

1. TR (*Thermocouple Reaktor*)
2. TK (*Thermocouple Kondensor*)
3. TP (*Thermocouple Pipa*)
4. PC (*Personal Computer*)
5. Data *Logger* (*Alat Pencatat Data*)

3.2 Langkah Perakitan

Tahapan perakitannya adalah sebagai berikut :

- Merakit bagian rangka
- Meletakkan tungku pada ruang pembakaran
- Tabung reaktor dihubungkan pertama kali dengan pipa *filler*,
- Kemudian meletakkan kondensor 3 dan mengencangkan baut *flange pipa* agar pipa *filler* dari tabung kondensor 2 terhubung dengan kondensor 3,
- Langkah terakhir dari perakitan alat ini adalah memasang selang pada kran saluran cairan limbah biomassa pada bagian bawah kondensor.

3.3 Pengujian Alat Pirolisis

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap hasil penyulingan metode pirolisis dengan menggunakan bahan baku limbah biomassa kelapa sawit seperti pada Tabel 1. Diperoleh sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat Pirolisis Limbah Biomassa Kelapa Sawit

3.4 Hasil Asap Cair Limbah Biomassa Kelapa Sawit

Berdasarkan Tabel 1. pada pengujian pertama menggunakan bahan baku tandan kosong 250 gram dengan waktu 120 menit pada temperatur 502 °C, menghasilkan asap cair sebanyak 130,5 mL. Pengujian kedua menggunakan serat 250 gram dengan waktu 120 menit dan temperatur 505 °C menghasilkan 49 mL asap. Pengujian ketiga menggunakan cangkang 250 gram selama 180 menit pada 514 °C menghasilkan 108 mL. Sementara itu, pengujian keempat menggunakan POME 250 gram dengan waktu 15 menit pada temperatur 504 °C menghasilkan 115 mL asap cair.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian berbagai jenis limbah

Bahan Baku	Berat (gram)	Temp-eratur (° C)	Waktu (menit)			Asap Cair (mL)	
			K1	K2	K3		
Tandan Kosong	250	502	120	100	30,5	0	130,5
Serat	250	505	120	49	0	0	49
Cangkang	250	514	180	83,5	24,5	0	108
POME	250	504	15	68,5	46,5	0	115

biomassa kelapa sawit, limbah tandan kosong menunjukkan efisiensi terbaik dalam menghasilkan asap cair, dengan berat 250 gram, waktu 120 menit, dan temperatur 502 °C yang menghasilkan 130,5 mL. Sebaliknya, limbah serat hanya menghasilkan 49 mL asap cair, menunjukkan efisiensi yang rendah. Pengujian dengan cangkang menghasilkan 108 mL asap cair setelah 180 menit pada temperatur 514 °C, sedangkan limbah cair POME menghasilkan 115 mL dalam 15 menit pada temperatur 504 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini, Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian, Bapak Firmansyah, S.T Selaku Teknisi Labor Teknik Mesin, Kepada rekan-rekan seperjuangan yang telah membantu dan memberikan arahan serta saran sehingga tersusunlah artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Ardiyansyah, S. Anwar, and Y. Rizal, "Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Plastik (Pirolisis) Menjadi Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Metode Dfma (Design For Manufacture And Assembly)," vol. 1, no. 1, pp. 19–23, 2021.
<http://journal.upp.ac.id/index.php/Enotek/article/view/1001>
- [2] I. Nuhardin *et al.*, "Perancangan Alat Pirolisis Untuk Pengolahan Limbah Padat Cangkang Kelapa Sawit Menjadi Liquid Smoke Program Studi Teknik Kimia Mineral (Politeknik Industri Logam Morowali) Designing A Pyrolysis Device for The Processing of Palm Shell Solid Waste Into Li," vol. 3, no. 4, pp. 137–140, 2023.

- <http://jpti.journals.id/index.php/jpti/article/view/269>
- [3] W. Ziaulhaq, S. Tinggi, A. Islam, and A. Tamiang, "Keberadaan Industri Kelapa Sawit terhadap Lingkungan Masyarakat Wahyu," *Indones. J. Agric. Environ. Anal.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2022.
<https://journal.formosapublisher.org/index.php/ijaea/article/view/724>
- [4] A. S. C. Pratama and K. Sa'diyah, "Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Karakteristik Asap Cair Melalui Metode Pirolisis," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 1, pp. 36–44, 2023, doi: 10.33795/distilat.v8i1.260.
<http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat/article/view/2304>
- [5] K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, "Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i1.924.
<https://core.ac.uk/download/pdf/228735994.pdf>
- [6] N. Rusli, "Skripsi karakteristik produk pirolisis limbah cangkang kelapa sawit," 2022.
<https://repository.unilak.ac.id/3903/>
- [7] W. K. D. Zainal Abidin, Rahmat Hudaya, "Fraksinasi Asap Cair dari Proses Pirolisis Berbahan Cangkang Sawit sebagai Bahan Aktif Antibakteri untuk Hand sanitizer," *Math. Gaz.*, vol. 55, no. 393, pp. 298–305, 2020, doi: 10.2307/3615019.
<https://www.researchgate.net/profile/Zainal-Abidin-23/publication/354162899>
- [8] M. Sarwendah, F. Feriadi, T. Wahyuni, and T. N. Arisanti, "Pemanfaatan Limbah Komoditas Perkebunan Untuk Pembuatan Asap Cair / Utilization of Plantation Commodities Waste for Liquid Smoke," *J. Penelit. Tanam. Ind.*, vol. 25, no. 1, p. 22, 2019, doi: 10.21082/litri.v25n1.2019.22-30.
<https://www.academia.edu/download/102055687/8470.pdf>
- [9] P. Widodo, D. A. Nasution, and A. Asari, "Modifikasi Pengumpan Pada Reaktor Gasifier Tipe Updraft Kontinyu Berbahan Baku Limbah Tandan Sawit Modifications Feeder on Gasifier Reactor type Updraft Continuous Made From Bunches Waste Oil," no. April, pp. 408–414, 2021.
<https://jurnal.polinela.ac.id/PROSIDING/article/view/559>
- [10] A. Asari and D. N. Alharis dan Elita R, "Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Tandan Kosong Sawit (TKS) Tipe Updraft Skala Kecil Gasification Reactor Performance Test Palm Empty Fruit Bunch (Type Updrafts Small Scale)," *Pros. Semin. Nas. Swasembada Pangan*, no. April, pp. 508–519, 2020, [Online]. Available:
<https://jurnal.polinela.ac.id/PROSIDING/article/view/572>
- [11] S. M. G. Risto, A. Sunarso, and B. P. Lapanporo, "Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Kendali Suhu Pada Model Alat Pirolisis Plastik," *Prism. Fis.*, vol. 6, no. 1, p. 49, 2018, doi: 10.26418/pf.v6i1.23595.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/viewFile/23595/pdf>