

PERANCANGAN ALAT PIROLISIS *PORTABLE* UNTUK PEMBUATAN ASAP CAIR DARI LIMBAH PELEPAH KELAPA SAWIT

Design Of A Portable Pyrolysis Equipment For Making Liquid Smoke From Palm Oil Midrib-Leaf Waste

Mila Lukmana¹⁾, Baimy Alexander²⁾, Herry Iswahyudi³⁾

¹⁾ Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur

²⁾ Program Studi Teknik Otomotif, Politeknik Hasnur

³⁾ Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur

e-mail: milalukmana@gmail.com

Abstract

Solid waste from oil palm plantations and industries generally contains high organic matter so that it is environmentally possible. The pyrolysis technique is currently an effective technology in the handling of palm oil waste because in the process a biochar product is produced, immediately liquid which has high heat and can be used in agriculture. Generally, pyrolysis equipment has a large size with a large capacity. In addition, controlled pyrolysis is usually found in pilot-scale or relatively large dimensions for industrial-scale that have been assembled so that they are not easy to carry and move. The purpose of this study is to design a portable pyrolysis equipment that is easy to use and move to handle palm oil solid waste. The stages of the research carried out were the manufacture of a pyrolysis device and the testing stage of the tool. Testing the pyrolysis tool using raw material from *palm oil midrib-leaf waste*. Tool testing is carried out to determine whether the tool works well, to determine the yield (%) produced and the working capacity of the tool (Kg/Hour). The results of this study are the stages of the process of making a portable pyrolysis tool including making reactors, making condensers, installation processes and automation of tools with control panels, making tool tables, and assembling tools. The test results show the yield of the tool is 39,1% and the working capacity of the tool is 0,24 kg/hour.

Keywords : liquid smoke; palm oil midrib-leaf waste; portable pyrolysis equipment.

PENDAHULUAN

Limbah padat perkebunan dan industri kelapa sawit umumnya mengandung bahan organik tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dilakukan penanganan secara tepat. Menurut Haji (2013) limbah padat kelapa sawit terdiri atas hemiselulosa, selulosa, lignin, abu serta komponen lain. Berdasarkan komponen tersebut maka penanganan limbah dengan cara penumpukan dan pembakaran bukan metode yang tepat dan efektif.

Salah satu teknologi alternatif dalam pengolahan limbah padat kelapa sawit yaitu

melalui Teknik Pirolisis. Menurut Haji (2013), teknik ini dapat mengolah limbah padat kelapa sawit secara cepat. Melalui teknik pirolisis dari biomassa dapat menghasilkan arang dan asap (Fauziati & Haspiadi, 2016). Asap yang dikeluarkan terkondensasi menjadi kondensat yang disebut asap cair. Pirolisis bertujuan untuk melepaskan komponen *volatile matter* yang terkandung pada biomassa (Nuryati et al., 2016).

Ridhuan et al (2020) menyatakan bahwa teknik pirolisis dapat menjadi jawaban untuk isu energi dan lingkungan. Dalam proses pirolisis dihasilkan produk berupa

bioarang dan asap cair yang merupakan produk bahan bakar berkalor tinggi. Asap cair dapat dimanfaatkan sebagai pengawet bahan pangan dan pengendalian hama penyakit yang lebih ramah lingkungan dibandingkan pestisida kimia. Berkaitan dengan hal tersebut maka, teknik pirolisis menjadi cara yang paling efektif saat ini dalam mengatasi 3 permasalahan sekaligus. Sehingga perlu dilakukan upaya mempermudah penggunaan alat pirolisis.

Proses pirolisis melibatkan proses seperti dekomposisi, oksidasi, polimerisasi dan kondensasi. Selama peningkatan suhu terjadi beberapa proses yaitu pada suhu 120-150 °C terjadi proses penghilangan air pada kayu (biomassa), pada suhu 200-250 °C terjadi proses pirolisis hemiselulosa, pada suhu 280-320 °C terjadi proses pirolisis selulosa dan pada suhu 400 °C terjadi proses pirolisis lignin (Girard., 1992; Maga., 1988; Darmadji, 2002).

Alat pirolisis (pirolisator) umumnya memiliki ukuran besar dengan kapasitas besar. Selain itu, alat pirolisis terkontrol biasanya ditemukan dalam skala pilot atau dimensi relatif besar untuk skala industri yang sudah terangkai sehingga tidak mudah dibawa dan dipindahkan. Hal tersebut menyebabkan pembuatan asap cair harus terjadi pada satu tempat saja (kurang fleksibel) dan kurang simple.

Penelitian ini merancang seperangkat alat pirolisator *portable* yang mudah digunakan dan dipindahkan. Pada alat ini ditambahkan komponen sensor suhu yang bertujuan untuk memudahkan dalam pengontrolan suhu proses pirolisis. Disamping itu pada unit kondensor dibuat dengan pompa air untuk membantu sirkulasi air agar menjaga temperatur air di dalam kondensor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di workshop dan laboratorium Politeknik Hasnur Jl. Brigjen. H. Hasan Basri, Handil Bakti Ray V Kecamatan Alalak, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Kegiatan

penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai Juni 2021. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung 12 kg, pipa kuningan, ember seng, *Ignition Igniter Controller*, *Set RKC Out Relay*, pompa air, kompor/tungku besar, dan besi plat. Bahan yang digunakan yaitu limbah pelepah kelapa sawit yang diambil perkebunan inti rakyat Desa Jelapat Baru, Kecamatan Tamban, Barito Kuala.

Tahapan penelitian yang dilaksanakan meliputi pembuatan alat pirolisis (pirolisator) dan tahap pengujian alat. Tahap pengujian alat pirolisator menggunakan bahan baku limbah pelepah kelapa sawit. Limbah pelepah kelapa sawit dipotong hingga berukuran kecil dan dikeringkan terlebih dahulu di bawah sinar matahari selama 4-5 hari. Pengujian alat pirolisator dilakukan untuk mengetahui apakah alat berfungsi dengan baik, mengetahui rendemen (%) yang dihasilkan dan kapasitas kerja alat (Kg/Jam). Kapasitas kerja alat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas kerja alat} = \frac{\text{Asap cair yang dihasilkan (kg)}}{\text{Waktu pirolisis (jam)}}$$

Sedangkan rendemen yang dihasilkan dalam proses pirolisis dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Jumlah asap cair yang dihasilkan (kg)}}{\text{jumlah bahan baku pirolisis (kg)}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan alat pirolisator

Pirolisator pada penelitian ini dirancang berupa seperangkat alat untuk memproduksi asap cair dengan prinsip kerja fase gas asap yang dihasilkan pada pembakaran biomassa diubah menjadi fase cair. Seperangkat alat ini dijadikan satu rangkaian dalam sebuah meja berukuran 122 cm x 61 cm x 40 cm yang dilengkapi dengan 4 roda. Desain seperti ini memudahkan dalam pengangkutan perangkat alat. Alat pirolisis *portable* yang

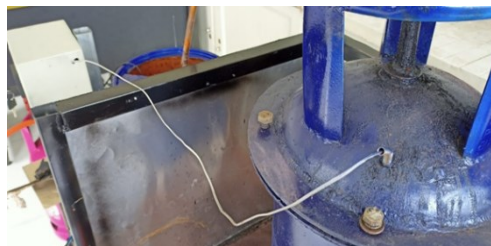
dirancang pada penelitian ini memiliki 5 komponen utama, yaitu reaktor, pipa distribusi, kondensor, *control panel* dan tungku/kompor. Set alat pirolisator *portable* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Set pirolisator *portable*
Sumber: Dokumentasi Pribadi Tahun 2021

Reaktor merupakan wadah material atau bahan baku yang akan digunakan dalam proses pirolisis. Reaktor harus terbuat dari bahan tahan panas karena proses pirolisis terjadi dengan penggunaan panas. Komponen reaktor dirancang yang terdiri atas bagian tungku dan tutup. Reaktor didesain dengan bahan baja tahan panas. Tutup dan tungku reaktor dirangkai menggunakan baut ukuran 19 sebanyak 6 buah. Diameter reaktor sebesar 30 cm dan tinggi 60 cm dengan ketebalan dinding 2,5 mm sampai dengan 3,5 mm.

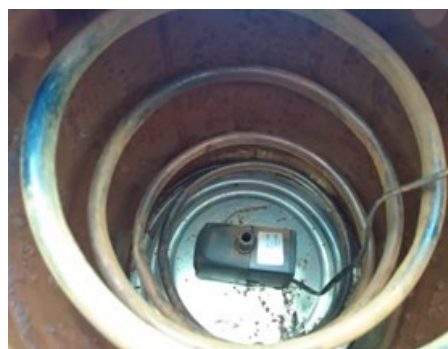
Bagian tutup reaktor tersambung dengan pipa distribusi dari bahan kuningan berdiameter 2 cm. Sambungan tersebut diperkuat dengan baut ukuran 12 sebanyak 2 buah. Pipa distribusi merupakan jalur keluar asap dari dalam reaktor yang disalurkan ke dalam kondensor. Pipa distribusi memiliki panjang 5 m yang terhubung hingga ke dalam kondensor berbentuk kumparan (spiral) (Gambar 3) dengan bagian ujung ke arah luar kondensor sebagai jalur keluar asap cair. Menurut Abdullah et al., (2018) dengan adanya suhu uap yang tinggi akan mengalirkan uap sampai ke kondensor kemudian dicairkan dalam air pendingin yang ada di dalam kondensor.



Gambar 2. Sensor suhu pada tutup reaktor
Sumber: Dokumentasi Pribadi Tahun 2021

Gambar 2 menunjukkan sensor suhu yang terpasang pada bagian tutup reaktor. Sensor ini berfungsi mendeteksi suhu dalam reaktor saat proses pirolisis berlangsung dan terkoneksi dengan *control panel*.

Kondensor terbuat dari bahan seng dengan diameter 29 cm dan tinggi 37 cm. Kondensor berisi air yang berfungsi sebagai wadah pendingin sehingga asap dalam pipa distribusi berubah menjadi fasa cair dengan prinsip kondensasi. Suhu dalam kondensor harus dingin selama proses pirolisis, sehingga ditambahkan pompa air pada unit kondensor (Gambar 3) untuk memberikan sirkulasi agar temperatur dalam kondensor terjaga.



Gambar 3. Tampak dalam Kondensor
Sumber: Dokumentasi Pribadi Tahun 2021

Sumber panas pirolisator pada penelitian ini menggunakan tungku/kompor gas dengan bahan bakar gas LPG yang terangkai dengan *control panel*. Api tungku dapat diatur sesuai kebutuhan selama proses pirolisis. Tungku/kompor gas dirangkai dengan regulator 2 cabang, dimana 1 cabang untuk mengalirkan gas ke tungku

dan 1 cabang terhubung dengan control panel. *Control panel* dirancang dengan 3 tombol yaitu tombol *power* untuk menghidupkan arus listrik, tombol *burner* untuk menghidupkan kompor dan tombol *water pump* untuk menghidupkan pompa air sebagai sirkulasi air pada kondensor. Pada *control panel* dapat ditetapkan batas suhu maksimal yang diinginkan dalam proses pirolisis. Apabila proses pirolisis telah mencapai suhu yang ditetapkan maka api tungku otomatis mati untuk mempertahankan suhu yang telah di-*setting*.

Pengujian alat pirolisator

Pirolisis merupakan proses dekomposisi material dalam reaktor dengan menggunakan panas tanpa melibatkan oksigen dalam prosesnya (Bridgwater, 2012). Melalui dekomposisi material dalam proses pirolisis akan dihasilkan cairan (Roy & Dias, 2017). Prinsip proses pirolisis yaitu biomassa dalam reaktor dipanaskan dengan sedikit atau tanpa oksigen yang menyebabkan pemecahan struktur kimia biomassa menjadi fase gas. Pada fase gas tersebut terjadi pemisahan berdasarkan perbedaan kecepatan menguap. Kemudian gas dialirkan ke kondensor yang berisi air sehingga dihasilkan asap cair (Ridhuan et al., 2020). Pengujian alat pirolisator dilakukan untuk mengetahui alat yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dengan indikator proses pirolisis berlangsung dan menghasilkan cairan (asap cair).

Alat pirolisator *portable* diuji coba dengan menggunakan bahan baku limbah pelepah kelapa sawit sebanyak 2.5 kg. Asap cair pelepah kelapa sawit yang dihasilkan berwarna coklat tua dengan pH 2 (Gambar 4). Haji et al (2007) menyatakan bahwa nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas asap cair yang dihasilkan. Menurut Ridhuan et al., (2019) jenis dan ukuran biomassa mempengaruhi hasil pirolisis. Komarayati et al., (2018) menyatakan bahwa sifat asap cair dipengaruhi oleh komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin yang proporsinya

bervariasi tergantung pada jenis bahan yang akan di pirolisis.



Gambar 4. Asap cair pelepah kelapa sawit
Sumber: Dokumentasi Pribadi Tahun 2021

Asap cair pelepah kelapa sawit mulai menetes pada suhu pirolisis mencapai 90 – 98 °C. Seiring bertambahnya suhu pirolisis, tetesan asap cair yang mengalir semakin banyak. Berdasarkan Table 1 diketahui suhu maksimal yang dicapai saat pengujian berkisar 170 - 200 °C. Suhu pirolisis yang dihasilkan pada pengujian ke-1 dan ke-2 hanya mencapai 170 °C dan 177 °C. Berdasarkan pengamatan hal ini disebabkan sumber bahan bakar yang digunakan yaitu gas LPG 3 kg. Bahan bakar LPG 3 Kg tidak mencukupi selama proses pirolisis sehingga perlu diganti dengan yang baru. Hal tersebut menyebabkan suhu pirolisis menjadi tidak stabil. Namun setelah bahan bakar menggunakan LPG 5.5 kg suhu pirolisis dapat ditingkatkan dan relatif stabil. Selain itu, capaian suhu pirolisis yang dihasilkan mungkin dipengaruhi oleh jenis biomassa yang digunakan. Melalui penelitian yang dilakukan Ridhuan et al., (2019) diketahui bahwa jenis biomassa berbeda menghasilkan capaian suhu pirolisis yang berbeda, seperti pada kayu jengkol mencapai suhu 570 °C, kayu rengas 526 °C dan kayu jati putih 478 °C. Pengamatan selama uji coba, pada saat proses pirolisis mencapai suhu maksimal dan asap cair tidak lagi menetes kemudian suhu berangsur turun, maka proses pirolisis dihentikan dengan waktu proses pirolisis berkisar antara 4-5 jam. Majid et al., (2019)

melaporkan penelitian terdahulu yang dilakukan diketahui bahwa pirolisis pelepah kelapa sawit berlangsung selama 5 jam dan diakhiri apabila asap cair tidak menetes lagi. Proses pirolisis dengan bahan baku pelepah kelapa sawit relatif singkat dibandingkan pada bahan baku kayu galm dan kayu karet disebabkan struktur pelepah kelapa sawit bukan kayu pokok, dengan sifat rapuh dan dan ringan. Hasil pengujian alat pirolisator *portable* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian alat pirolisator *portable*

Pengujian Alat	Suhu Pirolisis yang di Capai (°C)	Asap Cair yang Dihasilkan (Kg)	Kapasitas Kerja Alat (Kg/Jam)	Rendemen (%)
I	170	0,79	0,16	31,6
II	177	0,9	0,26	36
III	198	1,05	0,26	42
IV	199	1,05	0,26	42
V	198	1	0,25	40
VI	197	1	0,25	40
VII	200	1,05	0,26	42
Rata-rata		0,98	0,24	39,1

Sumber : Pengujian di Laboratorium Budidaya Tanaman Politeknik Hasnur Tahun 2021

Tabel 1 menunjukkan kapasitas kerja alat dan rendemen yang dihasilkan pada saat pengujian alat pirolisator *portable*. Kinerja alat dapat diketahui berdasarkan kapasitas kerja alat dan rendemen yang dihasilkan. Kapasitas kerja alat pirolisis diketahui dengan banyaknya bahan baku yang dibakar dalam proses pirolisis persatuan waktu. Alat pirolisis *portable* pada penelitian ini memiliki rata-rata kapasitas kerja alat sebesar 0,24 kg/jam. Sedangkan rendemen merupakan perbandingan jumlah asap cair yang dihasilkan dibagi berat bahan baku dikalikan 100%. Rata-rata rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 39,1%. Hasil rendemen tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan penelitian pirolisis pelepah kelapa sawit sebelumnya.

Penelitian Majid dkk (2019) memperoleh rendemen asap cair pelepah kelapa sawit sebesar 2.5% dengan 10 kg bahan pada suhu rata-rata 400 °C selama 5 jam. Maulina & Putri, (2017) melaporkan pirolisis serbuk pelepah kelapa sawit menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 20. 69% dengan 500 g sample pada suhu pirolisis 250 °C selama 30 menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa tahapan proses pembuatan alat pirolisator *portable* meliputi pembuatan reaktor, pembuatan kondensor, proses instalasi dan otomatisasi alat dengan *control panel* serta pembuatan meja perangkat alat. Hasil pengujian alat menunjukkan nilai rata-rata rendemen yang dihasilkan sebesar 39,1% dan nilai rata-rata kapasitas kerja alat sebesar 0,24 kg/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. A., Novitaningrum, R., Hakim, I. I., Putra, N., & Koestoer, R. A. (2018). Investigasi proses pirolisis pada non-sweep gas fixed-bed reactor untuk memproduksi asap cair dengan bahan baku biomassa. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18, 1, 9-16
- Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68-94
- Darmadji, P. (2002). Optimasi pemurnian asap cair dengan metoda redistilasi. *Jurnal.Teknol. Dan Industri Pangan*, 13,3, 267–271.
- Fauziati, F., & Haspiadi, H. (2016). Asap cair dari cangkang sawit sebagai bahan baku industri. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 9, 2, 177-186
- Haji, A. G. (2013). Komponen kimia asap cair hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9, 3, 109-116

- Haji, A. G., Mas'ud, Z. A., Lay, B. W., Sutjahyo H., S., & Pari, G. (2007). Characterization of liquid smoke pyrolyzed. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16, 3, 111-118
- Komarayati, S., Gusmailina, G., & Efiyanti, L. (2018). Karakteristik dan potensi pemanfaatan asap cair kayu trema, nani, merbau, matoa, dan kayu malas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36, 3, 219-238
- Majid, I. M., Hakim, A., Nugroho, A., (2019). Perbandingan kinerja asap cair dari kayu galam , kayu karet , dan pelepah kelapa sawit sebagai penggumpal lateks pada aspek mutu bahan olah karet. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 11,1, 23–30.
- Nuryati, N., Jaya, J. D., & Meldayanoor, M. (2016). Perancangan dan aplikasi alat pirolisis untuk pembuatan asap cair. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 2,1, 15-23
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Zanaria, Y. (2020). Kajian Tekno-Ekonomi Produksi Reaktor Pirolisis dalam Menghasilkan Bioarang dan Asap Cair. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8,2, 219-225
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh jenis biomassa pada pembakaran pirolisis terhadap karakteristik dan efisiensibioarang - asap cair yang dihasilkan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 20, 1, 18-27
- Roy, P., & Dias, G. (2017). Prospects for pyrolysis technologies in the bioenergy sector: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 77, 59-69
- Seri Maulina, & Feni Sari Putri. (2017). Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air bahan baku terhadap pirolisis serbuk pelepah kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6,2, 35-40