

# Analisa Kinerja Reaktor *Pirolisis* Menggunakan Bahan Baku Kayu Karet dalam Menghasilkan Bio-Arang Dan Asap Cair

Kemas Ridhuan<sup>1\*</sup>, Nurlaila Rajabiah<sup>2</sup>, Nugroho Adi Saputra<sup>3</sup>, Mafrudin<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro  
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

\*Corresponding author: [kmsridhuan@gmail.com](mailto:kmsridhuan@gmail.com)

## Abstract

*The pyrolysis combustion process requires fuel as a heat source. To save on this process, the pyrolysis process can be carried out with the addition of an air pipe so that the process is more economical and efficient. This research aims to determine the amount of charcoal and liquid smoke, the length of pyrolysis time. The test method uses pyrolysis combustion in a reactor with the addition of an air pipe using rubber wood as raw material. The research technique that uses rubber wood as a raw material and pyrolysis combustion in a reactor devoid of fuel or heat source. According to study findings, the yield of charcoal products was 33.0%, while that of liquid smoke was 7.3%. The pyrolysis combustion process lasted for 270 minutes, during which time the reactor's maximum raw material flame combustion temperature reached 447°C. The results of the pyrolysis of charcoal have the following characteristics: 9.19% water content, 4.52% ash content, and 7475.87 cal/gr heat content. Burning pyrolysis without fuel can save three times as much biomass as burning pyrolysis with fuel.*

**Keywords:** *Pyrolysis, Combustion, Biomass, Charcoal, Liquid smoke.*

## Abstrak

Proses pembakaran pirolisis memerlukan bahan bakar untuk sumber panasnya. Untuk menghemat proses tersebut maka dapat dilakukan proses pirolisis dengan penambahan pipa udara agar proses tersebut lebih hemat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah arang dan asap cair, lama waktu pirolisis. Metode pengujian dengan pembakaran pirolisis didalam reaktor dengan penambahan pipa udara menggunakan bahan baku kayu karet. Dari hasil penelitian Hasil produk arang sebesar 33,0% dan asap cair sebesar 7,3%, proses pembakaran pirolisis selama 270 menit, suhu pembakaran api bahan baku tertinggi yang terjadi di dalam reaktor sebesar 447°C. Karakteristik hasil arang pirolisis yang diperoleh Kadar Air 9,19%, Kadar Abunya diperoleh sebesar 4,52%, dan kadar kalor sebesar 7475,87 cal/gr. Pembakaran pirolisis tanpa menggunakan bahan bakar ini dapat menghemat bahan biomassa setara tiga kali lebih sedikit dibandingkan dengan pembakaran pirolisis menggunakan bahan bakar.

**Kata kunci:** Pirolisis, Pembakaran, Biomassa, Arang, Asap cair.

## 1. Pendahuluan

Semakin menipisnya cadangan sumber energi fosil, seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam, maka biaya untuk penambangannya akan semakin bertambah yang berdampak pula pada meningkatnya harga jual masyarakat [1], [2].

Sementara itu, kebutuhan akan sumber energi menjadi permasalahan yang cukup penting di Indonesia. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan sumber energi meliputi masalah keseterediaan, keterjangkauan secara ekonomis, kehandalan secara teknis dan pengaruh yang muncul terhadap lingkungan [3]. Akibat adanya

permasalahan sampah plastik yang mulai mencemari lingkungan ini, maka dari itu diseluruh dunia dan khususnya Indonesia mulai serius dalam menangani permasalahan ini. Pemerintah telah berkomitmen untuk mengurangi sampah dengan program 3R (Reduce, Re-use, Recycle) hingga 30% sampai 2025, dan khusus untuk sampah plastik, pemerintah menetapkan target penurunan hingga 70% pada 2025 [4][5].

Pirolisis menghasilkan Arang, Asap cair dan syngas [6], [7], arang merupakan padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon, yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon [8], [9]. Asap cair merupakan cairan yang

mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain berdasarkan [10], [11] Asap cair merupakan bahan multiguna seperti pengawet makanan alami, pupuk cair, antiseptik, pengawet kayu dan lainnya. *Syngas* merupakan gas campuran yang komponen utamanya adalah gas karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H<sub>2</sub>) [12], [13].

Reaktor pirolisis merupakan alat pembakaran biomassa dari padatan menjadi volatile dengan sedikit atau tanpa oksigen [14]. Efisiensi kinerja reaktor sangat dipengaruhi oleh suhu reaksi, untuk menghasilkan bahan bakar secara optimal memerlukan suhu 300 °C, agar dapat menghasilkan arang [15], untuk menghasilkan asap cair dengan kandungan fenol yang cukup tinggi memerlukan suhu 350 °C [16]. Reaktor pirolisis telah banyak dikembangkan, penggunaan pipa udara sebagai inputan udara dengan jumlah lubang yang diatur agar membatasi jumlah udara yang masuk ke dalam reaktor agar tidak terjadi pembakaran sempurna pada bahan baku [17]. Dengan metode ini pembakaran dihasilkan dari bahan baku yang terbakar sehingga tidak menggunakan sumber panas dari luar.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui laju pembakaran dan produksi arang dan asap cair menggunakan reaktor pirolisis dengan bahan baku kayu karet.

## 2. Metode Penelitian

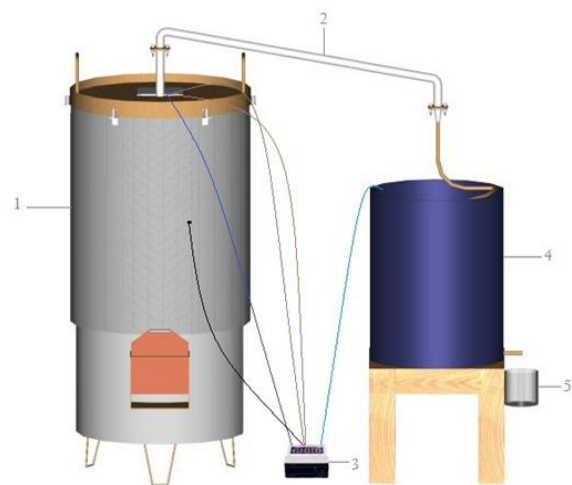
Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu adalah metode eksperimen dengan perancangan bentuk reaktor pirolisis dengan kondensornya. Reaktor pirolisis memiliki lubang udara di dalam reaktor agar bisa terjadi pembakaran dengan udara masuk yang dibatasi, sehingga tidak terjadi pembakaran sempurna didalam reaktor.

Proses pirolisis dilakukan dengan memasukkan bahan bakar kedalam reaktor kemudian dibakar, setelah api menyala reaktor di tutup dengan rapat. Dengan adanya lubang udara didalam reaktor bahan baku kulit karet akan tetap menyala dan

menghasilkan gas yang keluar melalui lubang atas reaktor dan melewati kondensor sehingga gas yang panas mencair karena penurunan temperature didalam kondensor.

Pengujian ini untuk mendapatkan arang dan asap cair. Arang yang dihasilkan akan di uji proximate untuk melihat karakteristiknya yaitu kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Pada proses pirolisis akan melihat suhu pembakaran dan waktu proses pembakaran.

Data yang didapat dianalisa untuk diketahui laju pembakaran dan produksi hasil pirolisis kayu karet.



Gambar 1. Rangkaian Sistem Reaktor Pirolisis dan Kondensor

## 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian reaktor pirolisis tersebut didapat data-data kemudian diolah dan ditampilkan sebagai berikut.

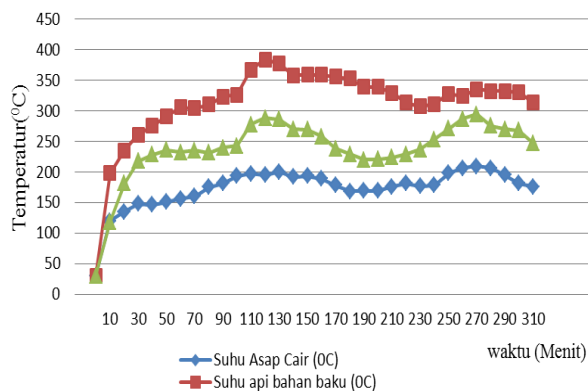


Gambar 2. Hasil arang pirolisis



Gambar 3. Hasil asap cair

Hubungan temperatur dan waktu pembakaran api di reaktor pirolisis.



Gambar 4. Laju pembakaran pirolisis

Pada gambar 4 terlihat bahwa suhu api pembakaran bahan baku lebih tinggi dibanding suhu yang lainnya, seperti suhu gas pembakaran dan suhu asap cair yang paling rendah. Suhu api bahan baku merupakan sumber awal pemanasan dari pembakaran tersebut, selanjutnya diteruskan menjadi suhu gas asap pembakaran. Kemudian gas asap pembakaran didinginkan di kondensor dan mencair menjadi asap cair, dan suhunya yang paling rendah.

Suhu api pembakaran dari bahan baku merupakan keadaan nyala api/bara dari bahan baku. Suhu api tertinggi tercatat sebesar 384°C terjadi pada menit ke 120. Sempat suhunya naik turun dan akhirnya berhenti pada suhu 330°C dan pada menit ke 310, karena pada waktu ini asap cair tidak menetes lagi walaupun suhunya masih

cukup tinggi. Hal ini terjadi karena semua bahan baku biomassa sudah terbakar semua dan sudah teroksidasi menjadi karbon/arang.

Suhu gas/asap pembakaran merupakan perpindahan dari suhu api dan masih berada di dalam reaktor sebelum mengalir ke kondensor. Namun suhu gas/asap menurun dari suhu api karena berpindah. Suhu gas/asap tertinggi mencapai pada 288°C di menit ke 120. Sempat turun dan naik kembali pada menit ke 270 kemudian turun kembali.

Selanjutnya gas/asap mengalir ke kondensor dan didinginkan dengan air sehingga menjadi asap cair dan suhunya menurun dan lebih kecil dibanding yang lain. Suhu asap cair tercatat tertinggi pada 200°C pada menit ke 130. Kemudian suhunya turun dan naik lagi sempat mencapai suhu 198°C, kemudian turun lagi dan terakhir pada suhunya 187°C, lalu dihentikan karena asap cair tidak lagi menetes.

Dengan proses pirolisis menggunakan pipa udara ini tentunya akan lebih hemat dalam produksinya. Karena bahan bakar yang akan digunakan dapat dipakai sebagai bahan baku untuk proses pirolisis berikutnya dalam produksi arang dan asap cair. Suhu pembakaran api bahan baku tertinggi terjadi sebesar 384°C, dengan persentase hasil arang yang didapat sebesar 27,66% dan asap cair sebesar 0,39% serta waktu produksi selama 310 menit hal ini sesuai dengan penelitian [11]. Kemudian jika dibandingkan dengan hasil penelitian [14] pembakaran pirolisis dengan menggunakan bahan bakar biomassa kayu, dan bahan bakunya kulit kelapa muda. Dengan suhu pembakaran api bahan baku tertinggi sebesar 447°C.

Tabel 1. Hasil dan persentase arang dan asap cair yang diperoleh

Hasil Arang (kg)	Hasil Asap cair (ml)	Persentase hasil arang (%)	Persentase hasil Asap Cair (%)
8,3	148	27,66	0,39

Tabel 2. Karakteristik arang pirolisis yang diperoleh

Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kalori (cal/g)
9,19	4,52	7475,87

Persentase hasil arang yang didapat sebesar 33,0% dan asap cair sebesar 7,3% serta waktu produksi 220 menit. Ini menunjukkan bahwa pembakaran pirolisis dengan menggunakan bahan bakar akan menghasilkan suhu pembakaran pirolisis yang lebih tinggi dan akan menghasilkan arang dan asap cair yang lebih baik terutama pada asap cair. Namun untuk hasil arang tidak terlalu jauh berbeda.

Untuk waktu produksi tentunya dengan menggunakan bahan bakar akan mempercepat proses pembakaran karena ada sumber panasnya. Dan selisih waktu produksi lebih lama yaitu 80 menit. Dalam satu kali proses pembakaran pirolisis ini akan menghabiskan bahan bakar biomassa kayu karet sebanyak 13 kg dengan bahan baku kulit kelapa muda sebanyak 4,2 kg. Artinya penggunaan bahan bakar akan menghabiskan bahan biomassa kayu sebanyak 3 kali lebih banyak dari bahan bakunya. Maka pembakaran pirolisis dengan penambahan pipa udara tentunya akan lebih hemat dan menghasilkan arang dan asap cair tiga kali lebih banyak dibandingkan dengan pembakaran pirolisis dengan menggunakan bahan bakar.

Dan beberapa karakteristik ukuran hasil arang pirolisis yang diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu Kadar Air 9,19%, hal ini masih dibawah standar mutu 2 yaitu 10% SNI arang kayu [18]. Dan untuk Kadar Abunya diperoleh persentase sebesar 4,52%, nilai ini sedikit lebih tinggi dari standar mutu 2 SNI arang kayu, yaitu 4%. Kemudian untuk hasil kadar kalor yang diperoleh dari arang kayu penelitian ini yaitu sebesar 7475,87 cal/gr. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kalornya jauh lebih baik dari standar mutu 1 yaitu sebesar 6500 cal/gr, SNI arang kayu.

#### 4. Kesimpulan

Proses eksperimen, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil produk dari proses pembakaran pirolisis ini yaitu didapat arang sebesar 33,0% dan asap cair sebesar 7,3%. Dalam proses pembakaran tersebut memakan waktu produksi selama 270 menit, dan suhu pembakaran api bahan baku tertinggi yang terjadi di dalam reaktor sebesar 447°C. Karakteristik hasil arang pirolisis yang diperoleh yaitu Kadar Air 9,19%, Kadar Abunya diperoleh sebesar 4,52%, dan hasil kadar kalor sebesar 7475,87 cal/gr. Pembakaran pirolisis tanpa menggunakan bahan bakar ini akan menghemat penggunaan bahan biomassa setara tiga kali lebih sedikit dibandingkan dengan pembakaran pirolisis menggunakan bahan bakar.

#### Referensi

- [1] K. Ridhuan, D. Irawan, and Y. Zanaria, "Kajian Tekno-Ekonomi Produksi Reaktor Pirolisis dalam Menghasilkan Bioarang dan Asap Cair," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 219–225, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1079.
- [2] T. Windarti and A. Suseno, "Preparasi Katalis Zeolit Alam Asam sebagai Katalis dalam Proses Pirolisis Katalitik Polietilena," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 7, no. 3, pp. 72–77, 2004, doi: 10.14710/jksa.7.3.72-77.
- [3] B. Yuniarto, "Pengembangan dan Evaluasi Kinerja Mesin Pirolisis Berbahan Baku Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak," *Rotasi*, vol. 23, no. 4, pp. 74–82, 2021.
- [4] Hendrawati, A. R. Liandi, M. Solehah, M. H. Setyono, I. Aziz, and Y. D. I. Siregar, "Pyrolysis of PP and HDPE from plastic packaging waste into liquid hydrocarbons using natural zeolite Lampung as a catalyst," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 7, no. December 2022, p.

- 100290, 2023, doi: 10.1016/j.cscee.2022.100290.
- [5] N. Hendiarti, "Combating Marine Plastic Debris in Indonesia," *Sci. to Enable Empower Asia Pacific SDGs*, pp. 1–18, 2018.
- [6] S. Sania and L. Rubianto, "Studi Literatur Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Jenis Katalis Terhadap Produksi Minyak Pirolisis Sampah Plastik," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 171–175, 2023, doi: 10.33795/distilat.v6i2.72.
- [7] N. Caturwati, E. Suhendi, and E. Prasetyo, "Alat Pirolisis Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Briket Biomassa," *J. Tek. Mesin Untirta*, vol. I, no. April, pp. 38–45, 2015.
- [8] Y. Ristianingsih, A. Ulfa, and R. Syafitri, "Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan," *J. Konversi*, vol. 4, no. 2, pp. 16–21, 2015.
- [9] R. P. Dewi, T. J. Saputra, and S. J. Purnomo, "Analisis karakteristik briket arang serbuk gergaji dan tempurung kelapa," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [10] K. Ridhuan, D. Irawan, Y. Zanaria, and F. Firmansyah, "Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 18–27, 2019, doi: 10.23917/mesin.v20i1.7976.
- [11] Ratnawati and S. Hartanto, "TERHADAP KUANTITAS DAN KUALITAS ASAP CAIR Pembuatan dan Karakterisasi Asap Cair," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 7–11, 2010.
- [12] E. I. Wiloso *et al.*, "Production of sorghum pellets for electricity generation in Indonesia: A life cycle assessment," *Biofuel Res. J.*, vol. 7, no. 3, pp. 1178–1194, Jun. 2020, doi: 10.18331/BRJ2020.7.3.2.
- [13] A. Kumar, D. D. Jones, and M. A. Hanna, "Thermochemical biomass gasification: A review of the current status of the technology," *Energies*, vol. 2, no. 3, pp. 556–581, 2009, doi: 10.3390/en20300556.
- [14] K. Ridhuan, M. Mafruddin, and A. Al Rasyid, "Optimasi pembakaran menyeluruh pada reaktor pirolisis dalam menghasilkan bioarang dan asap cair," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i1.1220.
- [15] W. Wijayanti, M. N. Sasongko, C. Meidiana, and L. Yuliati, "Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 85–92, 2013.
- [16] K. Ridhuan and S. A. Putra, "Karakteristik Pembakaran Berbagai Jenis Bahan Limbah Biomassa Dengan Menggunakan Proses Nonkarbonisasi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2015, doi: 10.24127/trb.v4i1.5.
- [17] F. Khusaini, R. Ridwan, K. Ridhuan, and D. Irawan, "Pengaruh jumlah pipa udara pada reaktor pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair," *ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur*, vol. 2, no. 2, pp. 106–114, 2021, doi: 10.24127/armatur.v2i2.1450.
- [18] Suprpti and S. Ramlah, "Pemanfaatan kulit buah kakao untuk briket arang," *J. Biopropal Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 65–72, 2013.