

Analisis Kinerja Unit Pirolisator Kondensor Ganda Guna Konversi Limbah Biomassa Menjadi Asap Cair

Mega Persada Putri^{*1}, Sahrul Effendy², Ida Febriana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
Email: ¹megapersadaputri@email.com, ²sahrul_e@polsri.ac.id, ³i.febriana@yahoo.com

Abstrak

Keberadaan kelapa dan kayu keras yang Melimpah di Indonesia dapat dimanfaatkan limbahnya sebagai bahan baku untuk energi terbarukan. Keterbatasan pengolahan limbah yang berkelanjutan mengharuskan pencarian energi alternatif baru untuk mengelola menjadi upaya zero pollutant dan bahan alternatif energi yang dapat dikomersialkan. Upaya yang telah dilakukan hingga saat ini untuk menanggulangi limbah yang ada yaitu dengan cara dibakar menjadi arang hingga menyebabkan polusi dan pemanasan global. Akan tetapi Limbah kayu dan tempurung yang jumlahnya semakin menumpuk ini dapat juga dimanfaatkan untuk menghasilkan energi alternatif dengan produk bernilai tinggi yang berguna bagi orang banyak melalui proses pirolisis yang menghasilkan 3 bentuk zat, diantaranya zat padat berupa *bio-char*, *Smoke liquid*, dan *syngas*. Maka Terdapat suatu metode yang sangat efektif untuk mengolah Limbah organik menjadi bernilai ekonomis yaitu dengan metode pirolisis untuk menghasilkan asap cair atau *smoke liquid*. proses konversi asap cair yang dihasilkan dari sampah Organik padat dengan membuat *prototype* pirolisator dengan *double condenser* serta menganalisis produk asap cair. Penelitian ini menggunakan Kinerja Alat Pirolisis Double Kondensor Dalam Kondisi Optimal, dimana Sampel Yang Terbaik pada Tempurung Kelapa 1-3 cm lama waktu optimal 3 Jam 40 menit memiliki asap cair 0,7952 L dengan Total Produk char, gas dan cairan mencapai 98% Mengonsumsi Energi 5,68 kWh/L Memerlukan daya Paling Sedikit dengan Tarif Produksi Total Sebesar Rp.28474,43. Serta Menggunakan Unit Double Kondensor Bermanfaat Untuk Menambah Volume asap cair Yang dihasilkan.

Kata kunci: *Asap Cair, Limbah Organik, Pirolisis.*

Performance Analysis of Double Condenser Pyrolysis Unit for Conversion of Biomass Waste into Liquid Smoke

Abstract

The abundance of coconut and hardwood in Indonesia can be utilized as raw material for renewable energy. The limitations of sustainable waste treatment require the search for new alternative energy to manage it into zero pollutant efforts and alternative energy materials that can be commercialized. Efforts have been made to date to overcome the existing waste by burning it into charcoal to cause pollution and global warming. However, this increasing number of wood and shell waste can also be used to produce alternative energy with high value products that are useful for many people through the pyrolysis process which produces 3 forms of substances, including solids in the form of bio-char, smoke liquid, and syngas. So there is a very effective method to process organic waste into economic value, namely the pyrolysis method to produce liquid smoke or liquid smoke. the conversion process of liquid smoke produced from solid organic waste by making a pyrolysis prototype with a double condenser and analyzing liquid smoke products. This research uses Double Condenser Pyrolysis Equipment Performance Under Optimal Conditions where the Best Sample is 1-3 cm Coconut Shell, with Passed Liquid Smoke Test Standard and has the highest yield with A Set Of Reactor Equipment Having a Double Condenser is useful for increasing the volume of liquid smoke produced with an optimal time of 3 hours 40 minutes and has a liquid smoke of 0.7952 L with a total product of char, gas and liquid reaching 98% Consuming energy 5.68 kWh/L Requires the Least Power with a Total Production Rate of Rp.28474.43.

Keywords: *Liquid Smoke, Organic Waste, Pyrolysis.*

1. PENDAHULUAN

Limbah organik merupakan salah satu dari sekian banyak jenis Limbah yang ramah lingkungan karena dapat diolah kembali menjadi suatu yang bermanfaat bila dikelola dengan tepat, Terdapat suatu metode yang

sangat efektif untuk mengolah sampah organik menjadi bernilai ekonomis yaitu dengan metoda pirolisis untuk menghasilkan asap cair. Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan dan sedikit oksigen. Proses ini sebenarnya merupakan bagian dari proses karbonisasi, yaitu proses untuk memperoleh karbon atau arang. Reaksi pirolisis umumnya dilakukan pada suhu antara 150 – 500°C dengan produk utama berupa arang dan produk lain berupa gas dan tar [1].

Penelitian pemurnian Asap Cair dengan redistilasi untuk menghilangkan tar, kondisi optimum yang didapat Pada Suhu 121-140°C didapat rendemen sebesar 8,8% [2]. Pada Penelitian Lain Dilakukan proses pirolisis dengan 1 kondensasi, sehingga Asap Cair yang didapat masih mengandung tar dan pengotor yang masih banyak [3]. Kualitas asap cair ditentukan dari komposisi fenol, asam dan besarnya komponen tersebut dipengaruhi oleh kondisi operasi proses pirolisis yaitu suhu dan waktu pirolisis serta suhu distilasi. Asap Cair merupakan dispersi uap asap dalam air, bahan baku yang dapat dijadikan asap cair adalah komponen yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selama proses pirolisis selulosa, hemiselulosa dan lignin akan terdekomposisi menjadi karbonil, fenol, furan, asam, lakton, alkohol, dan senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis lainnya [4].

Pada penelitian dengan Jenis Biomassa Serta Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan Terhadap Proses Pembakaran Pirolisis, Penelitian ini menggunakan 3 jenis biomassa dan massa yang berbeda-beda yaitu kulit kelapa muda dengan massa 3 kg, bambu dengan massa 3 kg, dan kulit durian dengan massa 1,2 kg. Alat pirolisis yang digunakan adalah pirolisator dengan sistem single unit kondenser. Jumlah asap cair yang dihasilkan adalah 100 ml untuk kulit kelapa muda, 120 ml untuk bambu, dan 74 ml untuk kulit durian. Apabila dihitung % yield asap cair maka persentase asap cair dari kulit kelapa muda 3,34%, bambu 4% dan kulit durian 6,16% [5]. Maka dari itu, hasil % asap cair dari biomassa yang dihasilkan dari sistem pirolisator dengan sistem single unit condensor memiliki rentang persentase 3-6%.

Berdasarkan hal-hal diatas, Pada penelitian ini dengan metode yang ditawarkan dapat memakan waktu operasi yang besar sehingga berdampak pada biaya operasi. Solusinya yaitu dilakukan Penambahan berupa alat penghasil asap cair Kondensor Ganda, Serta Tahapan dalam produksi asap cair yaitu dalam satu alat karena Proses Kondensasi dilakukan Berulang. Inovasi Pada penelitian ini menggunakan sumber energi biomassa dalam pembuatan asap cair, tidak hanya sistem alat yang Termodifikasi saja namun juga Terhadap Pemanfaatan limbah Biomassa. Pembuatan dan produksi asap cair sangat diperlukan Inovasi dan pengembangan. Untuk memperoleh asap cair dengan Kualitas tertentu sangat dipengaruhi oleh kinerja dari suatu alat.

Kuantitas Hasil asap cair yang didapatkan dapat memberikan Pengaruh Terhadap Kinerja Pengembangan alat dan dapat memberikan Jumlah Produksi yang lebih optimal. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan metode waktu operasi lebih singkat sehingga konsumsi energi lebih sedikit dengan Spesific Energy Consumption (SEC) dan biaya operasi dapat ditekan serta mengetahui kinerja alat penghasil asap cair yang Dimodifikasi untuk mengetahui seberapa besar asap cair yang dihasilkan dengan menggunakan Limbah Biomassa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 4 Bulan dimulai dari April sampai Juli 2022. Penelitian Dan Pengambilan Data dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Adapun Tahapan Penelitian Meliputi Proses pembuatan *prototype*, Pengujian alat beserta Proses Analisa Percobaan.

2.2. Alat Dan Bahan

Adapun Alat yang dipakai Pada Pembuatan alat dan Penelitian ini adalah Flange baja, Elemen Heater, Digital Thermosetting, Pompa air, ball valve, Pipa siku, Pressure gauge, Pipa Baja, Box Panel listrik, selang air, kaca, gelas ukur, gelas kimia, Erlenmayer, Pipet ukur, Ph meter, Digital Clamp Meter dan Sieve Shaker.

Bahan baku yang diperlukan dalam Pengoperasinya adalah Tempurung Kelapa, Serbuk Kayu Jati, Serbuk Kayu Racuk, dan Kertas Saring.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan berupa variabel tetap berupa jenis bahan baku dan ukuran sampel. Variabel kontrol yaitu Set Temperatur. Dan variable terikat atau yang diamati adalah waktu dan jumlah produk yang dihasilkan.

2.4. Prosedur Kerja

Membersihkan limbah tempurung kelapa, serbuk kayu jati, dan serbuk kayu Racuk. Mengeringkan sampel dibawah sinar matahari selama 9 jam. Menimbang sampel untuk sampel yang akan digunakan. Menghaluskan semua sampel yang telah disiapkan menjadi ukuran 20 dan 60 mesh untuk serbuk kayu, 1-3 dan 4-5 cm untuk tempurung kelapa. Limbah biomassa Setiap Sampel dimasukan dengan Massa 1,5 kg dimulai dari Tempurung Kelapa dimasukkan kedalam Reaktor Kemudian dilanjutkan dengan Proses Pirolisis dengan Pembakaran menggunakan oksigen Terbatas Menghasilkan reaksi Penguraian senyawa kayu keras menjadi beberapa senyawa organik. Reaksi ini Terjadi di dalam reaktor pirolisator yang bekerja pada Temperatur 325°C. Asap Cair Pembakaran dikondensasi 2 kali dengan Kondensor Ganda yang dialirkan melalui pipa kecil dalam kondensor.

Serta sebuah pompa air Digunakan Untuk Mengalirkan Air pendingin kedalam Kondensor. Parameter yang diukur adalah kapasitas Rendemen pirolisis asap cair. Hasil asap cair ditampung dalam sebuah Wadah Kaca yang dapat diketahui rendemennya serta dilakukan Pengecekan Daya Listrik Menggunakan Digital Clamp Meter pada Kabel didalam Kotak Panel Monitor. Hal yang sama dilakukan pada Biomassa serbuk kayu jati dan serbuk kayu racuk.

Kinerja alat ditentukan Pada Persamaan 1 Rendemen Asap cair Serta Persamaan 2 Specific Energy Consumption (SEC) merupakan parameter yang dapat menilai efisiensi energi dari suatu alat. SEC yaitu jumlah konsumsi energi per hasil produk. Maka dapat dihitung dan dapat dihitung dengan rumus Parameter Kinerja Alat dengan rendemen[6] dan Specific Energy Consumption[7].

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{m \text{ asap cair}}{m \text{ bahan baku}} \quad (1)$$

Dimana:

% Rendemen = Perbandingan kuantitas asap cair yang dihasilkan (%)

m asap cair = massa asap cair (g)

m bahan baku = massa bahan baku biomassa untuk pirolisis (g)

$$SEC = \frac{\text{Energy Used}}{\text{Product Amount}} \quad (2)$$

Dimana:

SEC = Specific Energy Consumption (Kwh/L)

Energy Used = Jumlah konsumsi energi (Kwh)

Product Amount = asap cair yang dihasilkan (L).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Penelitian ini, proses pirolisis biomassa dengan pirolisator kondensor ganda yang akan dibahas yaitu mengenai analisa asap cair. Analisa asap cair dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kinerja alat pirolisator *double* kondensor untuk menghasilkan asap cair yang memiliki rendemen Terbanyak dan konsumsi energi yang digunakan. Berikut sistem penamaan untuk sampel yang dipakai pada penelitian ini Pada Tabel 1.

Tabel 1. Sistem Penamaan Sampel

Sampel	Ukuran Sampel	Kode
Tempurung Kelapa	1-3 cm	a
	4-5 cm	b
Kayu Jati	20 mesh	c
	60 mesh	d
Kayu Racuk	20 mesh	e
	60 mesh	f

3.1. Analisa Kuantitatif Produk

Hasil Analisa Rendemen Asap cair dapat diketahui pada tabel 2 Berdasarkan Massa Awal Setiap Sampel dan Hasil Rendemen Produk.

Didapatkan Hasil a (Tempurung Kelapa 1-3 cm) memiliki rendemen Terbanyak yaitu 98%. hasil penelitian [8] yang menggunakan variasi waktu dan ukuran mempengaruhi hasil kondensat asap cair dari ukuran Bahan Terhadap perlakuan jumlah asap cair yang dihasilkan semakin banyak. Maka dari Hasil ini dapat disimpulkan bahwa ukuran bahan sangat berpengaruh pada Proses Kinerja Pirolisis dan Kualitas Asap cair. hal ini berkaitan dengan desain Unit yang digunakan. Banyaknya bahan baku yang tidak terkonversi menjadi produk (kondensat

asap) Merupakan Kehilangan bobot (loss) yang tidak tertangkap pada Unit alat. Gas yang tidak terkondensasi dan langsung manguap setelah melewati kondesor seperti gas CO, CH₄, CO₂ dan H₂ Merupakan Bobot Yang hilang[9]. kerak yang tertinggal pada alat pembakaran ataupun pada kondensor Menyebabkan kehilangan bobot pada proses pirolisis.

Tabel 2. Rendemen Produk

Kode Sampel	Massa Awal (gr)	Massa (gr)				%Rendemen			
		Char	Tar	Fasa 1	Fasa 2	Char	Tar	Fasa 1	Fasa 2
a	1500	610	565,6	235,83	96,958	38	38	16	6
b	1500	550	508,03	113,20	59,798	36,67	34	8	4
c	1500	680	243,43	99,90	19,95	45,33	16	7	1
d	1500	860	249,24	240,96	22,35	57,33	17	16	1
e	1500	660	213,22	159,73	39,03	44,00	14	11	3
f	1500	620	252,99	198,65	38,54	41,33	17	13	3

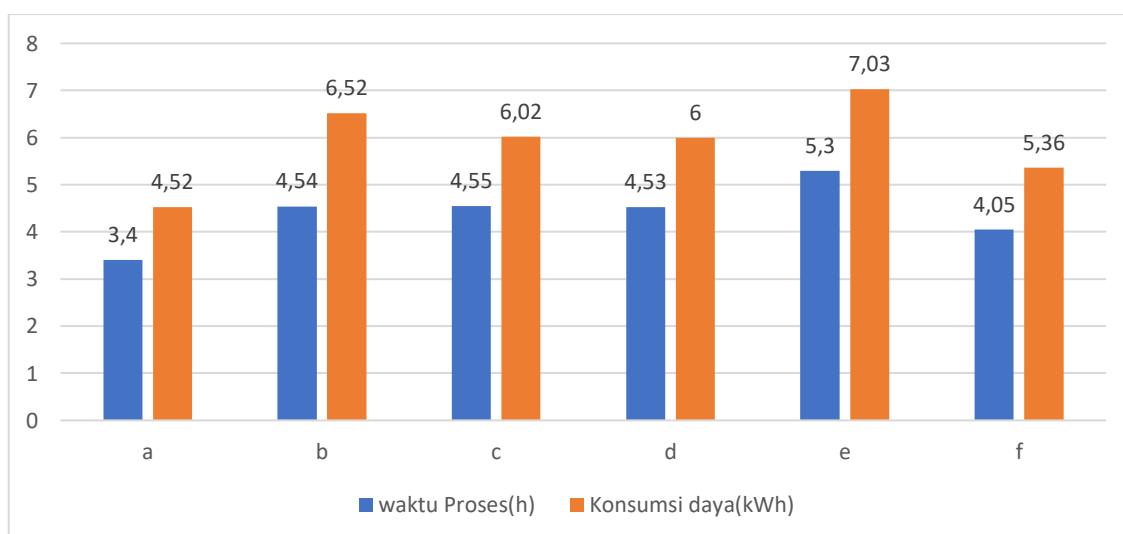
3.2. Analisa Konsumsi Energi

Pada proses pemesinan, SEC didefinisikan sebagai sejumlah energi yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit volume material [10]. Analisa Konsumsi Energi dibutuhkan Untuk Mengetahui Banyaknya energi yang digunakan dengan Hasil Yang diharapkan.

Tabel 3. *Specific Energy Consumption*

Kode Sampel	Total Produk (L)	Waktu Proses (h)	Daya (watt)			Konsumsi Daya (kWh)	SEC (kWh/L)
			Ceramic Heater	Band Heater	Pompa		
a	0,7952	3,40	504	803	22	4,52	5,68
b	0,7685	4,9	504	804	22	6,52	8,48
c	0,3245	4,55	500	802	22	6,02	18,56
d	0,4545	4,53	500	803	22	6,00	13,21
e	0,3686	5,30	502	802	22	7,03	19,12
f	0,4362	4,05	500	802	22	5,36	12,29

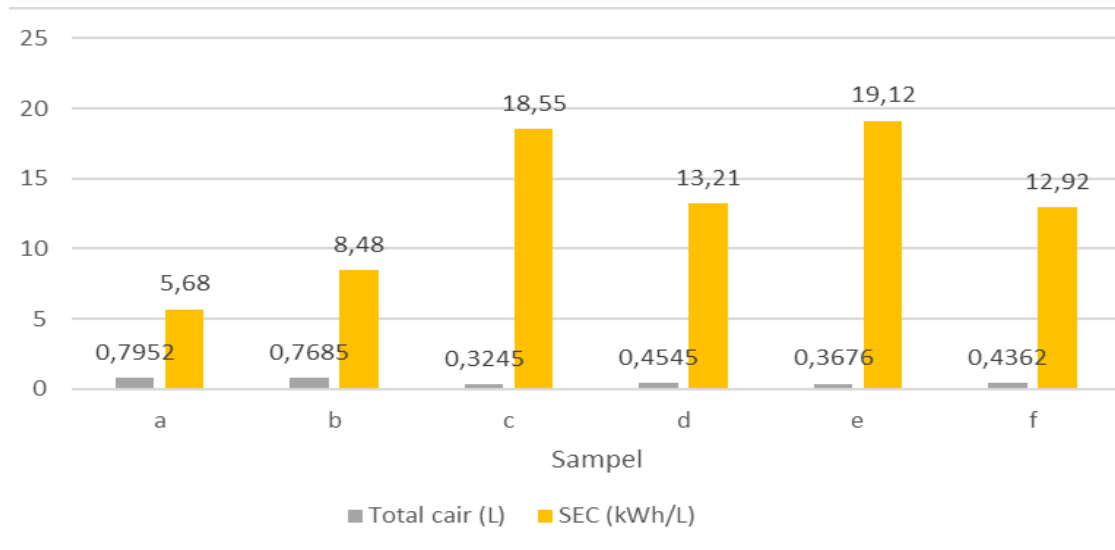
Berdasarkan gambar 1 yang dialurkan pada Keterangan Tabel 3 Semakin Tinggi Daya yang digunakan maka lama waktu yang digunakan akan semakin meningkat yang mengakibatkan pemanasan yang semakin besar. Konsumsi daya yang Terendah Pada a (Tempurung Kelapa 1-3 cm) 4,52 Kwh/h dengan waktu Operasi selama 3,4 h.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Waktu Proses Terhadap Konsumsi Daya

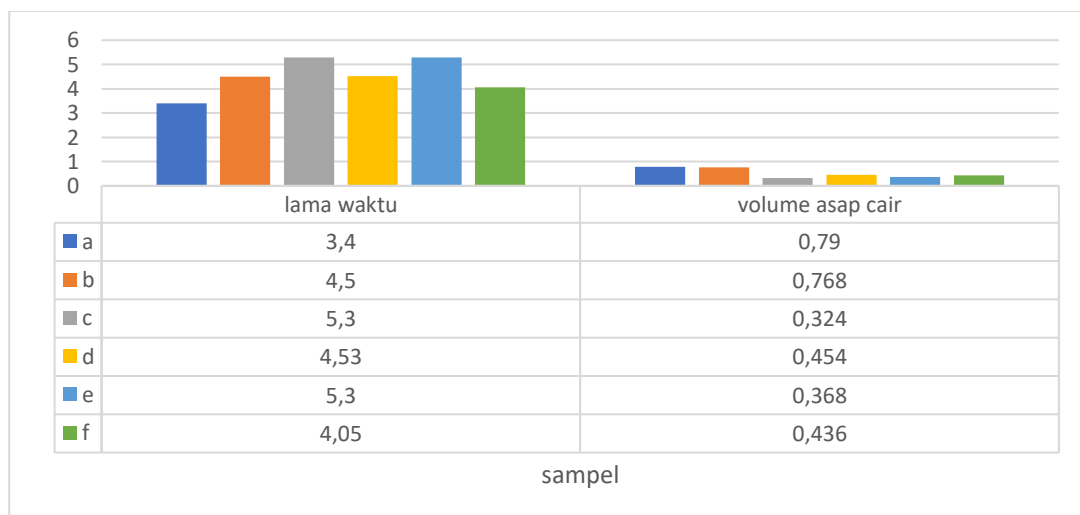
Berdasarkan Gambar 2 yang dialurkan Pada Keterangan Tabel 2 dan Tabel 3 Hubungan Volume Asap Cair Terhadap SEC yang optimal yaitu semakin Tinggi Produk Yang dihasilkan Semakin rendah SEC yang digunakan. Dengan Proses yang optimal dan memiliki kualitas yang efisien memiliki nilai SEC yang terkecil

pada a (Tempurung Kelapa 1-3 cm) dengan Asap cair 0,7952 L Menghabiskan SEC 5,68 Kwh/L. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil kualitas Aspek asap cair memiliki kualitas Lulus uji standar dan Kondisi Kinerja alat yang Optimum pada Tempurung Kelapa 1-3 cm Kondensor 1 dengan hasil asap cair yang tertinggi 0,796 Liter dan memerlukan konsumsi energi (SEC) Terkecil 5,68 kWh/L.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Asap Cair Terhadap SEC

Berdasarkan Gambar 3 yang dialurkan Pada Keterangan Tabel 2 dan Tabel 3 Hubungan Lama Waktu Terhadap Volume Asap Cair yang digunakan untuk mengetahui Jumlah Produk Yang dihasilkan dalam proses Pirolisis dengan waktu pemanasan 325°C. Kondisi Operasi Pada a (Tempurung Kelapa 1-3 cm) memiliki volume asap cair paling tinggi yakni 0,79 L Dengan lama waktu 3,4 h Hasil diperkuat dimana dengan hasil penelitian [8] menggunakan variasi waktu dan ukuran menghasilkan Rendeman, Semakin kecil Ukuran Bahan Maka Perlakuan jumlah Asap cair yang dihasilkan semakin banyak. Sehingga massa yang dihasilkan berbanding lurus dengan waktu yang dilakukan selama perlakuan yang dihasilkan seiring berjalannya waktu, karena sudah terjadi dekomposisi lignin yang sempurna.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Lama Waktu Terhadap Volume Asap Cair

4. KESIMPULAN

Kinerja Alat Pirolisis Double Kondensor Dalam Kondisi Optimal dimana pada Tempurung Kelapa 1-3 cm Total Rendemen yang didapat sebesar 98% dengan Konsumsi Energi yang Mempunyai Kinerja Paling Baik yang ditinjau dengan Spesific Energy Consumption (SEC), Mengonsumsi Energi 5,68 kWh/L Memerlukan daya Paling Sedikit dengan Tarif Produksi Rp.28474,43 dan Menghasilkan Produk yang Optimal sehingga semua

Produk Yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik serta Pada Seperangkat Alat Reaktor Mempunyai Double Kondensor Bermanfaat Untuk Menambah Rendemen asap cair yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gobel, A. Paramita, and A T. Arief. "Pengaruh Karbonisasi Terhadap Karakteristik Tempurung Kelapa Berdasarkan Uji Proksimat Dan Nilai Kalor." *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, vol. 5, no. 1, p. 48, 2022.
- [2] Junaidi, A. Budi, H. Apriyani, and U. T. Santoso, "Teijsm & Binn." "Sebagai Pelarut Kitosan." vol. 8, pp. 53–64, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.24111/jrihh.v11i2.486>.
- [3] S. Maulina, Nurtahara, Fakhradila, "Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit untuk Menghasilkan Fenol pada Asap Cair," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 7, no.2, 2018.
- [4] N. Iskandar, S. Nugroho, M. F. Feliyana, "Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar *Mutu Sni*," vol. 15, no. 2, 2019. DOI:10.36499/jim.v15i2.3073.
- [5] K. Ridhuan, D. Irawan, R. Inthifawzi, "Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa Dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan," *Turbo JProgramStudiTeknikMesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69-78, 2019. Doi:10.24127/Trb.V8i1.924.
- [6] R. Indah, "Pembuatan Dan Pengujian Reaktor Pirolisis Untuk Menghasilkan Asap Cair Dengan Bahan Baku Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung," Skripsi Politeknik Negeri Bandung, 2018.
- [7] A. Lawrence, P. Thollander, M. Andrei, and M. Karlsson, "Specific energy consumption/use (SEC) in energy management for improving energy efficiency in industry: Meaning, usage and differences," *Energies*, vol. 12, no. 2, 2019.
- [8] E. Noor, C. Luditama, and G. Pari, "Isolasi dan pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung dan sabut kelapa secara pirolisis dan distilasi," *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa VIII*, pp. 93–10, 2015.
- [9] Ratnawati, S. Hartanto, "Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas dan Kualitas Asap Cair," *Jurnal Akreditasi LIPI*, vol. 12, no. 1, pp. 7-11, 2010.
- [10] Harja, H. Budi, M. Fauzi, and A. Fathan, "Evaluasi Kinerja Efisiensi Energi Mesin Bubut Melalui Penilaian Indikasi Specific Energy Consumption." *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, p. 389, 2021. DOI: 10.26760/elkomika.v9i2.389.