

ANALISIS KONSUMSI ENERGI SPESIFIK PIROLISATOR DOUBLE KONDENSOR PADA KONVERSI LIMBAH BIOMASSA MENJADI ASAP CAIR

Ida Febriana^{1*)}, Ajeng Mawarni Putri¹⁾, Idha Silviyati²⁾

^{1,3}Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding email: ida.febriana@polsri.ac.id

Abstrak

Jumlah sampah yang tertimbun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, salah satunya limbah kayu. Limbah kayu dapat dikelola menjadi asap cair dengan pirolisis karena apabila ditumpuk terus menerus, limbah ini akan menghasilkan gas metana. Penelitian ini menggunakan variabel tetap dan kendali. Variabel tetap berupa bahan baku yaitu tempurung kelapa dan serbuk jati dengan ukuran sampel 20 dan 60 mesh. Serta variabel kendali berupa suhu proses yang dijaga pada suhu 325°C. Dibutuhkan suatu metode yang tepat dalam mengelola limbah kayu menjadi asap cair melalui proses pirolisis. Dari hasil penelitian yang dilakukan, nilai konsumsi energi spesifik terefisien diperoleh dari tempurung kelapa 60 mesh dengan nilai 5,65 kWh/l dengan konsumsi daya 4,49 kWh dan produk yang dihasilkan 0,795 liter. Serta rendemen terbanyak diperoleh dari serbuk kayu ajti 60 mesh pada fasa 1 dengan nilai sebesar 16,1%.

Kata Kunci: biomassa kayu, pirolisis, pirolisator *double* kondenser, asap cair

PENDAHULUAN

Di Indonesia saat ini, sampah merupakan urgensi utama untuk kota besar. Pada beberapa kota, kepadatan penduduk adalah penyebab penumpukan jumlah sampah yang tidak kecil. Berdasarkan data Ditjen PPKL-KEMENLHK, jumlah timbunan sampah Indonesia pada tahun 2021 mencapai 25 juta ton/tahun. Salah satu limbah yang banyak tertimbun adalah limbah kayu. Limbah kayu merupakan sampah sisa hasil pengolahan kehutanan ataupun pertanian pada umumnya belum tertangani dengan baik. Proses dekomposisi anaerob akan terjadi dikarenakan penimbunan limbah kayu di permukaan ataupun dalam tanah akan menghasilkan gas metana, dimana secara kualitatif memiliki dampak lebih kuat terhadap pemanasan global dibandingkan emisi gas CO₂ (Rahmat, 2021). Namun, limbah kayu merupakan salah satu dari jenis sampah yang dapat diolah kembali menjadi suatu yang bermanfaat bila dikelola dengan tepat. Metode yang cukup efektif untuk mengolah limbah kayu agar memiliki nilai ekonomis yaitu dengan metode pirolisis untuk menghasilkan asap cair.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi tidak teratur dari bahan - bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Pada proses pirolisis terdapat beberapa faktor atau kondisi yang mempengaruhi keluaran hasil produk, antara lain waktu, suhu, ukuran partikel dan berat partikel (Muhrinsyah F, 2019). Reaksi pirolisis adalah proses dekomposisi termal terhadap bahan berkayu sehingga akan menghasilkan produk berupa padatan berupa arang, cairan berupa asap cair, dan gas berupa *syngas* (Rahmat, 2021). Dalam penelitian yang dilakukan Majid (2021), asap cair yang dihasilkan dengan pemanasan langsung kemudian *syngas* yang dihasilkan dikondensasikan. Proses kondensasi dilakukan oleh kondenser, yang biasanya terdapat dalam rangkaian alat pirolisis. Dalam penelitian yang dilakukan Ridhuan (2019), asap cair yang berasal dari berbagai jenis biomassa (kelapa muda, bambu, dan kulit durian) dengan sistem pirolisator *single* kondensor memiliki jumlah nilai rendemen sekitar 3-6% dari total masing-masing bahan baku yang digunakan. Oleh karena itu, peneliti bertujuan untuk inovasi pada rangkaian pirolisator dengan

melakukan dua kali proses kondensasi untuk memaksimalkan *syngas* yang dihasilkan sehingga akan diperoleh asap cair yang lebih banyak.

Asap cair merupakan suatu campuran larutan dari uap asap yang dihasilkan oleh air dalam kayu yang diperoleh dari hasil pirolisis kayu atau dari campuran senyawa murni (Oramahi, 2011). Senyawa yang dihasilkan dari proses pirolisis berasal dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada tanaman berkayu. Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi asap cair adalah jenis bahan baku biomassa, kondisi reaksi, konfigurasi reaktor, proses yang dilakukan dan variable lainnya (Rusyidi, 2019). Asap cair yang mengandung sejumlah senyawa kimia memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pengawet (Dewi dkk, 2018), koagulan lateks (Prasetyowati, 2014), dan pestisida organik (Tuhuteru dkk, 2019). Sehubungan dengan fakta bahwa masih banyak limbah kayu yang tidak diproses secara baik, dan adanya teknologi konversi biomassa berupa proses pirolisis yang mampu menghasilkan *bio-char*, asap cair, dan *syngas*. Untuk itu pada penelitian ini, peneliti ingin mengkaji jumlah rendemen yang dihasilkan, serta konsumsi energi spesifik pada proses pirolisis pirolisator dengan *double* kondensor.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian rancang bangun. Penelitian ini terdiri dari dengan pengujian pirolisator *double* kondensor untuk mengetahui jumlah rendemen dan konsumsi energi spesifik yang dibutuhkan.

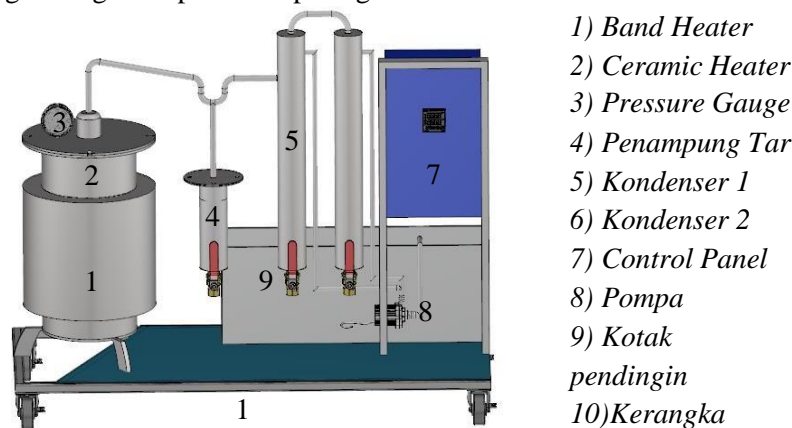
A. Pretreatment Bahan Baku

Limbah tempurung kelapa dan serbuk jati disiapkan dengan cara dibersihkan. Lalu, sampel dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari (9 jam). Sampel yang telah siap ditimbang dan dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran 20 dan 60 mesh (Pratama dkk, 2022). Selanjutnya, dilakukan analisa kadar air pada sampel (SNI 01-2891-1992).

B. Pembuatan Asap Cair

Sampel yang telah halus dimasukkan kedalam reaktor sambil dipadatkan. Setelah dimasukkan, reaktor ditutup lalu mengunci *flang* reaktor untuk memastikan reaktor telah tertutup rapat. *Setting point* suhu reaktor diatur dari suhu awal hingga 200°C. Termokopel dihidupkan untuk melihat suhu operasi awal saat pirolisis dimulai. Saat pirolisis berlangsung, valve pada setiap penampung dibuka setiap 30 menit sambil dicatat waktu, suhu, dan volume asap cair yang dihasilkan. Setelah pirolisis selesai, *setting point* suhu diatur menjadi 100°C. Apabila suhu sudah mendekati 100°C, pemanas dan control panel dapat dimatikan. Rangkaian peralatan pirolisis asap cair yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.

Keterangan rangkaian peralatan pada gambar 1 :



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Pirolisis Asap Cair

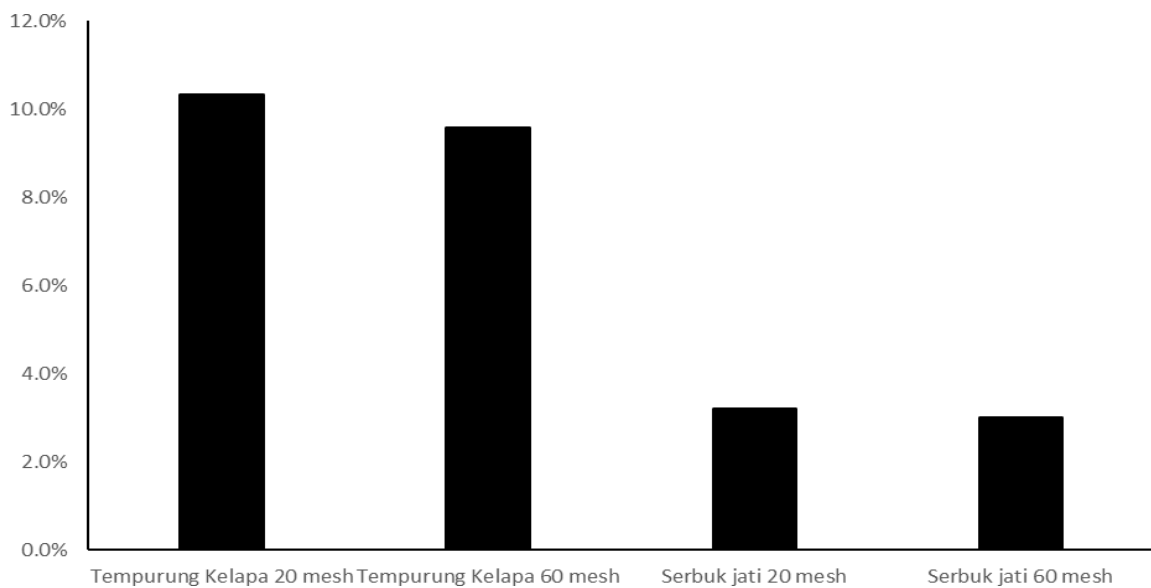
C. Pengukuran Konsumsi Energi Spesifik

Digital clamp meter disiapkan untuk mengukur tegangan dan arus listrik dari setiap peralatan yang mengonsumsi listrik pada pirolisator *double* kondensor. Sebelum pengukuran, tuas diputar sesuai dengan besaran yang akan diukur (tegangan atau arus listrik). Lalu, kabel dari peralatan yang akan diukur dimasukkan ke dalam *clamp*. Setelah hasil didapat, data digunakan untuk menghitung konsumsi daya yang dibutuhkan dan konsumsi energi spesifik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Jenis Bahan Baku terhadap Kandungan Kadar Air Setelah *Pretreatment*

Proses preparasi dilakukan dengan tujuan untuk mempersiapkan bahan baku yang akan digunakan. Bahan baku berupa biomassa membutuhkan preparasi sebelum diproses yang bertujuan untuk merestorasi merubah struktur lignoselulosa sehingga lebih mudah terurai (Rusyidi, 2019). Hubungan bahan baku terhadap kadar air dapat disajikan pada gambar 2.

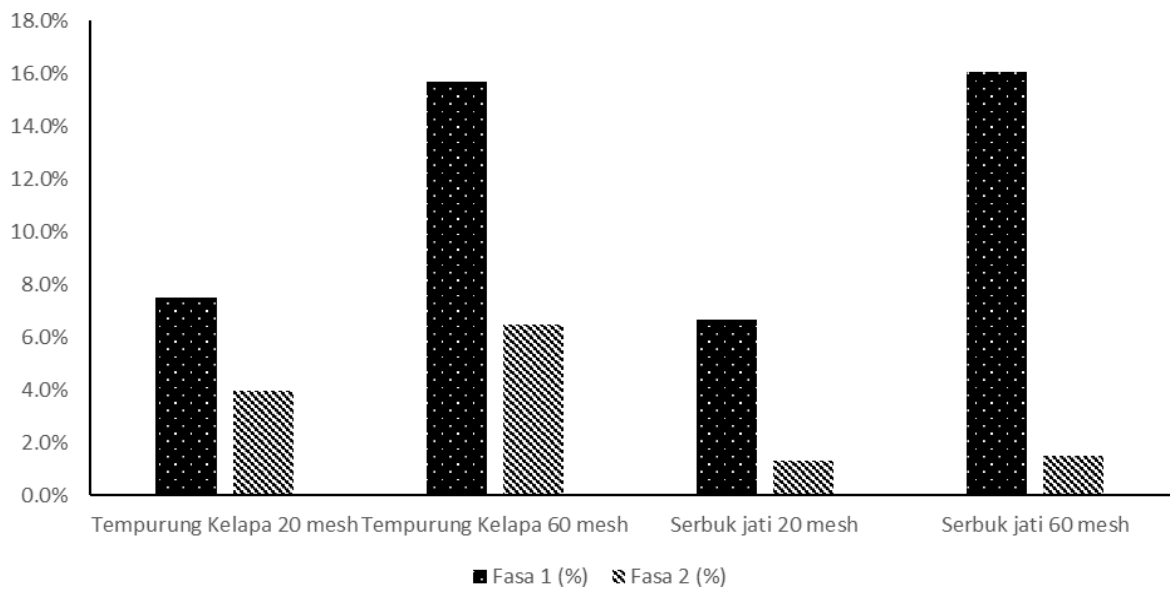


Gambar 2. Grafik Hubungan Bahan Baku terhadap Kadar Air

Pada gambar 2 dapat dilihat hasil pengukuran kadar air tempurung kelapa 20 dan 60 mesh menunjukkan nilai 10,34% dan 9,57%. Sedangkan, kadar air dari serbuk kayu jati 20 dan 60 mesh menunjukkan nilai 3,21% dan 3%. Menurut Bridgwater (2012), spesifikasi bahan baku memiliki nilai maksimum kelembaban yaitu 10% dari berat kering. Kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi kualitas asap cair yang diproduksi karena tercampurnya hasil kondensasi uap air sehingga akan memperlambat proses pemanasan yang akan menurunkan kadar fenol (Sahrum, 2021).

Analisis Jenis Bahan Baku dan Ukurannya terhadap Rendemen Asap Cair yang dihasilkan

Menurut Kan dkk (2015), salah satu parameter yang memengaruhi proses pirolisis biomassa adalah bahan baku (jenis biomassa yang digunakan, ukuran partikel, dan *pretreatment* bahan baku). Hubungan bahan baku terhadap rendemen asap cair yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.

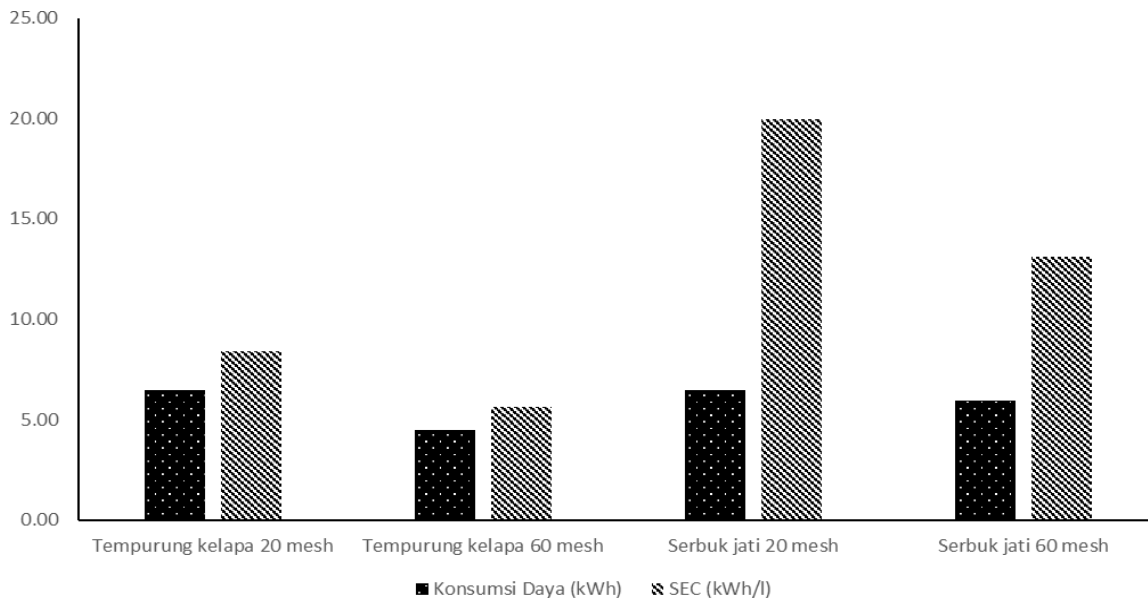


Gambar 3. Grafik Hubungan Bahan Baku terhadap Rendemen

Berdasarkan pada gambar 3 dapat diketahui bahwa rendemen yang dihasilkan oleh tempurung kelapa 20 mesh dari fasa 1 yaitu 7,5%, sedangkan dari fasa 2 yaitu 4%. Lalu, tempurung kelapa 60 mesh dari fasa 1 yaitu 15,7%, sedangkan dari fasa 2 yaitu 6,5%. Rendemen yang dihasilkan oleh serbuk kayu jati 20 mesh kondensat yang dihasilkan dari fasa 1 yaitu 6,7%, sedangkan untuk fasa 2 yaitu 1,3%. Serbuk kayu jati 60 mesh kondensat yang dihasilkan dari fasa 1 yaitu 16,1%, sedangkan untuk fasa 2 yaitu 1,5%. Menurut penelitian Gupta dkk (2019), rendemen asap cair akan meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran sampel. Peningkatan produk asap cair ini dikarenakan semakin kecil ukuran bahan baku, luas permukaan bahan per satuan massa maka akan mempercepat perambatan panas keseluruhan umpan yang akan menghasilkan tingginya rendemen produk cair (Arumsari dkk, 2021). Menurut penelitian Gupta dkk (2019), rendemen asap cair akan meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran sampel. Peningkatan produk asap cair ini dikarenakan semakin kecil ukuran bahan baku, luas permukaan bahan per satuan massa maka akan mempercepat perambatan panas keseluruhan umpan yang akan menghasilkan tingginya rendemen produk cair (Arumsari dkk, 2021). Dan juga semakin lama waktu pirolisis, semakin banyak bahan baku yang terdekomposisi akibat lamanya waktu kontak panas dengan bahan baku (Komarayanti dkk, 2018).

Analisis Konsumsi Energi Spesifik terhadap Konsumsi Daya yang Dibutuhkan

Konsumsi energi spesifik adalah perbandingan jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk (Pranolo dkk, 2018). Hubungan konsumsi energi spesifik terhadap konsumsi daya dapat disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Konsumsi Energi Spesifik terhadap Konsumsi Daya

Berdasarkan pada gambar 4 dapat diamati bahwa proses pirolisis menggunakan bahan baku tempurung kelapa 20 dan 60 mesh mengkonsumsi daya sebesar 6,47 kWh dan 4,49 kWh dengan nilai konsumsi energi spesifik 8,42 kWh/l dan 5,65 kWh/l. Sedangkan, untuk bahan baku serbuk kayu jati 20 dan 60 mesh mengkonsumsi daya sebesar 6,51 kWh dan 6 kWh dengan nilai konsumsi energi spesifik yang didapatkan sebesar 20,07 kWh/l dan 13,21 kWh/l. Konsumsi energi dari suatu alat tidak dipengaruhi oleh kandungan bahan baku maupun ukurannya. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan energi yang optimal berada pada proses pirolisis menggunakan bahan baku tempurung kelapa 60 mesh dengan konsumsi daya 4,49 kWh dengan energi spesifik 5,65 kWh/l. Proses yang hemat energi adalah proses dengan energi spesifik yang rendah, sebaliknya proses yang boros adalah proses dengan energi spesifik yang tinggi (Pranolo dkk, 2018). Hal ini dikarenakan semakin besar daya yang digunakan, maka suhu operasi akan semakin meningkat yang mengakibatkan laju pemanasan yang semakin besar (Yuliana, 2020). Dalam rumus menghitung SEC sendiri, konsumsi daya yang digunakan berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan, semakin besar konsumsi daya maka akan semakin besar energi yang dihasilkan namun semakin kecil produk yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan tingginya produk dari tempurung kelapa 60 mesh yaitu 0,795 liter dengan energi yang kecil yaitu 5,65 kWh/l.

KESIMPULAN

Dari hasil pirolisator double kondensor dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Rendemen terbanyak dihasilkan oleh serbuk kayu jati 60 mesh pada fasa 1 dengan nilai sebesar 16,1% dengan rentang hasil sebesar 1,3-16,1%. Serta, konsumsi energi spesifik terefisien didapatkan dari tempurung kelapa 60 mesh dengan nilai 5,65 kWh/l yang mengkonsumsi daya paling sedikit yaitu 4,94 kWh namun menghasilkan produk terbanyak sebesar 0,795 liter.

DAFTAR PUSTAKA

- Arumsari, A., Sa'diyah, K. (2021). Pengaruh Jenis Kayu Terhadap Kualitas Asap Cair. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 104–111.
- Bridgwater, A. v. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68–94.
- Dewi, Julia., Gani, Abdul., Nazar, Muhammad. (2018). Analisis Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu sebagai Bahan Pengawet Alami pada Tahu. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA 02(02)*, 106-112.
- Gupta, G. K., Gupta, P. K., & Mondal, M. K. (2019). Experimental process parameters optimization and in-depth product characterizations for teak sawdust pyrolysis. *Waste Management*, 87, 499–511
- Kan, T., Strezov, V. and Evans, T.J. (2015). Lignocellulosic Biomass Pyrolysis: A Review and Effects of Pyrolysis Parameters. *Renewable and Sustainable Review*, 57: 1126-1140
- 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, M. N., Ismail, N. R., Swandono, P. (2021). Pengaruh ukuran serbuk kayu jati dan suhu pemanasan terhadap volume dan nilai kalor tar pada proses pirolisis. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 16(2), 75- 80.
- Muhrinsyah, F., Rully, M., Rensi, S., Resi, Y. (2019). Pengolahan Limbah Plastik Jenis Kantong Kresek dan Gelas Minuman Menggunakan Proses Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Redoks*. 4(2), 41-48.
- Oramahi, H. A., Diba, F., & Wahdina. (2011). Antifungal Activity of Liquid Smoke from (*Acacia mangium* WILLD) and (*Vitex pubescens* VAHL) Wood Wastes. *Bionatura-Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati Dan Fisik*, 13(1), 79–84.
- Pranolo, S. H., Muzayanha, S. U., Yudha, C. S., Hasanah, L. M., Shohih, E. N. (2018). *Kajian Konsumsi Energi Spesifik Sektor Industri Kimia Di Indonesia Sebagai Acuan Efisiensi Energi*.
- Pratama, A. S. C., Sa'diyah, K. (2022). Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Karakteristik Asap Cair Melalui Metode Pirolisis. *Distilat*, 8(1), 36–44.
- Prasetyowati, Hermanto, M., & Farizy, S. (2014). Pembuatan asap cair dari cangkang buah karet sebagai koagulan lateks. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(1), 14–21.
- Rahmat, B. (2021). Konversi Limbah Pertanian Menjadi Produk Bermanfaat Dalam Menunjang Pertanian Berkelanjutan. Universitas Siliwangi
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), 69–78.
- Rusydi, S. M. (2019). *Pyrotechnologi 4 in 1: Prinsip Dasar Terknologi Pirolisis Biomassa*. Unimal Press.
- Sahrum, R. P., Syaiful, A. Z., Teknik, P., Universitas, K., & Makassar, B. (2021). Uji kualitas asap cair tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu metode pirolisis. *SAINTIS*, 2(2), 73–78. SNI 01-2891. (1992). Cara Uji Makanan dan Minuman. Standar Nasional Indonesia.
- Tuhuteru, Sumiyati., Mahanani, Anti U., Rumbiak, Rein E. Y. (2019). Pembuatan Pestisida Nabati untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit pada Tanaman Sayuran di Distrik Siepkosi Kabupaten Jayawijaya. *Jurnal Pengabdian Masyarakat* 23(3).
- Yuliana, Dwi Astri. (2020). Analisis *Specific Energy Consumption* (SEC) pada Proses Pengambilan Minyak Atsiri dari Tanaman Nilam dengan Metode *Microwave Hydrodistillation*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya