

## Karakteristik proses destilasi asap cair grade 3

Kemas Ridhuan<sup>1\*</sup>, Tri Cahyo Wahyudi<sup>2</sup>, Danang Sulistiyo<sup>3</sup>, Bahtera Anggara<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro  
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung.  
\*Corresponding author: [kmsridhuan@yahoo.co.id](mailto:kmsridhuan@yahoo.co.id)

### Abstract

*Distillation of liquid smoke is a process of heating liquid smoke based on the difference in its boiling point and then cooled to get liquid smoke with better quality. This heating aims to separate unwanted components in liquid smoke such as tar and benzopyrene. The process is strongly influenced by several things such as temperature and distillator. From these two measurements, several characteristics such as heating rate, distillation flow rate of liquid smoke, production capacity, heating temperature, steam temperature and distillation time, as well as the characteristics of the resulting liquid smoke can be known. The purpose of this study is to determine the characteristics of the 3<sup>rd</sup> grade liquid smoke distillation process with electric heating and water cooling condenser which includes the production capacity of liquid smoke and to determine the quality and quantity of liquid smoke, heating rate, electricity consumption, flow rate and to determine the efficiency of 2<sup>nd</sup> grade liquid smoke production. This research was conducted at the Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, this study used a distillation apparatus made of Aluminium plate 1 mm thick, 180 mm in diameter, 250 mm high. Condenser with 0.5 inch diameter copper pipe 3,5 m long, 3 inch diameter PVC pipe, 3m long. The raw material for 3<sup>rd</sup> grade liquid smoke is 3 liters. The results obtained that the distillation apparatus has a capacity of 3 liters, the distillation temperature affects the rate of heating that occurs, namely the distillation temperature of 110°C, the heating rate is 707,42 J/second, the electricity consumption is 4,48kWh, the time is 45 minutes, and for a temperature of 120 °C the heating rate is 754,60 J/second, electricity consumption is 4,467 kWh in 65 minutes. The highest yield of liquid smoke is at a temperature of 110 °C, which is 2840 ml with a flow rate of 8,35 ml/minute and an efficiency of 94,6%, pH level of 2,15. And for a temperature of 120 °C it produces 2560 ml of liquid smoke, with a flow rate of 8,67 ml/minute and an efficiency of 85,3%, with a pH level of 2,10.*

**Keywords:** *Distillation, heating, liquid smoke, efficiency, condenser.*

### Abstrak

Destilasi asap cair merupakan suatu proses pemanasan pada asap cair berdasarkan perbedaan titik didihnya kemudian didinginkan untuk mendapatkan asap cair dengan kualitas yang lebih baik. Pemanasan ini bertujuan untuk memisahkan komponen yang tidak diharapkan pada asap cair seperti tar dan benzopiren. Proses tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti suhu dan destilator. Dari dua ukuran tersebut dapat diketahui beberapa karakteristik seperti laju pemanasan, laju aliran destilasi asap cair, kapasitas produksi, suhu pemanasan, suhu uap dan waktu destilasi, serta karakteristik asap cair yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik proses destilasi asap cair grade 3 dengan pemanas listrik dan kondensor pendingin air yang meliputi kapasitas produksi asap cair dan mengetahui kualitas dan kuantitas hasil asap cair, laju pemanasan, pemakaian daya listrik, debit aliran, serta mengetahui efisiensi hasil produksi asap cair grade 2. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, penelitian ini menggunakan alat destilasi berbahan pelat Aluminium tebal 1 mm, diameter 180 mm, tinggi

250 mm. Kondensor dengan pipa tembaga berdiameter 0,5 inchi dengan panjang 3,5 m, pipa pvc berdiameter 3 inch, panjang 3 m. Bahan baku asap cair grade 3 sebanyak 3 liter. Hasil penelitian yang didapatkan Alat destilasi memiliki kapasitas 3 liter. Suhu destilasi berpengaruh terhadap laju pemanasan yang terjadi yaitu suhu destilasi 110°C laju pemanasan 707,42 J/detik, pemakaian listrik 4,48 kWh, waktu 45 menit, dan untuk suhu 120 °C laju pemanasan 754,60 J/detik, pemakaian listrik 4,467 kWh waktu 65 menit. Hasil asap cair terbanyak yaitu pada suhu 110 °C yaitu 2840 ml dengan debit aliran 8,35 ml/menit dan efisiensi 94,6%, kadar pH 2,15. Dan untuk suhu 120 °C menghasilkan asap cair 2.560 ml, dengan debit aliran 8,67 ml/menit dan efisiensi 85,3 %, kadar pH 2,10.

**Kata kunci:** Destilasi, pemanasan, asap cair, efisiensi, kondensor.

## Pendahuluan

Asap cair atau suka disebut juga cuka kayu merupakan cairan organik alami yang dihasilkan dari proses kondensasi asap pada proses pembakaran pirolisis. Produksi asap cair merupakan hasil pembakaran tidak sempurna yang mengakibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, kondensasi dan polimerisasi [1]. Pembakaran tersebut dengan jumlah oksigen terbatas yang melibatkan reaksi dekomposisi bahan polimer menjadi komponen organik dengan bobot yang lebih rendah. Asap cair/cuka kayu berwarna kuning kecoklatan sampai kehitaman dan berbau menyengat. Menurut Hambali (2007) asap cair merupakan salah satu bahan bakar cair berwarna kehitaman yang berasal dari biomassa seperti kayu, kulit kayu, dan limbah industri [2].

Asap cair adalah bahan yang multiguna, yaitu bisa dipakai sebagai bahan apa saja yaitu seperti pengawet makanan, bahan antiseptic, pupuk cair tanaman, bahan anti rayap pada kayu dan penggumpal lateks. Asap cair mengandung lebih dari 400 komponen dan memiliki fungsi sebagai penghambat perkembangan bakteri dan cukup aman sebagai pengawet alami [3].

Ukuran kualitas asap cair dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu Grade 1 merupakan kualitas terbaik dengan warna putih bening. Grade 2 kualitas sedang dengan warna kekuning-kuningan dan Grade 3 dengan warna kehitam-hitaman. Asap cair Grade 3 tersebut didapat dari proses pirolisat asap cair dengan bau yang

sangat menyengat dan masih banyak mengandung tar dan bahan berbahaya lainnya dan belum bisa dipakai sebagai bahan pengawet makanan. Maka asap cair Grade 3 tersebut harus difraksinasi dengan destilasi. Untuk mendapatkan asap cair Grade 2 atau 1 maka perlu dilakukan destilasi dari asap cair Grade 3 tersebut di dalam sebuah destilator.

Destilasi asap cair merupakan salah satu metoda pemisahan asap cair berdasarkan perbedaan titik didihnya. Menurut Yaman (2004) destilasi adalah suatu cara pemisahan larutan dengan menggunakan panas sebagai pemisah atau *separating agent*. Destilasi ini bertujuan untuk mendapatkan sifat fungsional dari asap cair, serta menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan seperti tar dan benzopiren. Destilasi ulang atau redestilasi merupakan cara untuk mendapatkan hasil kualitas asap cair yang lebih baik dari asap cair sebelumnya [4]. Proses destilasi asap cair juga dapat menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan yaitu senyawa tar dan hidrokarbon polisiklis aromatik [5].

Untuk proses destilasi ini diperlukan suatu rangkaian peralatan yaitu seperti reaktor atau tabung penampung asap cair yang juga sebagai tempat pemanasan beserta alat pemanasnya yang berfungsi untuk mengubah asap cair menjadi uap. Kemudian kondensor merupakan tempat pendinginan uap asap cair yang dipanaskan tadi sehingga menjadi cairan asap cair kualitas terbaik. Kondensor terdiri dari pipa tembaga sebagai saluran asap cair yang telah didinginkan. Lalu tabung atau silinder penampung air pendingin asap atau uap.

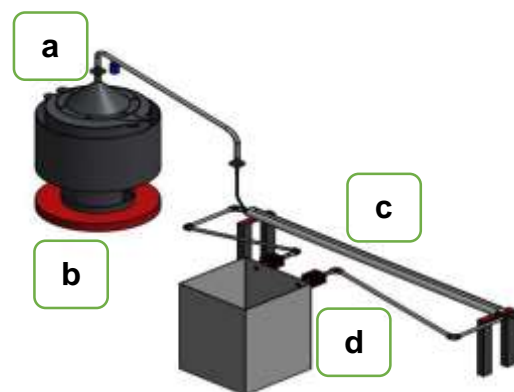
Hasil dari destilasi ini sangat tergantung pada beberapa hal diantaranya suhu pemanasan asap cair. Destilasi asap cair dapat dilakukan pada suhu 100°C hingga 150°C menurut [5]. Semakin besar suhu pemanasan maka semakin banyak asap cair yang diuapkan sehingga akan semakin banyak pula hasil asap cair yang didapatkan dengan laju aliran asap cair yang tinggi. Kemudian itu pula waktu destilasi yang terjadi akan lebih cepat, karena produksi uap akan meningkat. Menurut Ridhuan (2020) bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu maka semakin banyak asap cair yang dihasilkan, dan efisiensi asap cair tertinggi pada jenis kayu rengas yaitu 0,65% dan efisiensi terendah pada kayu jati putih yaitu 0,27 %. Namun peningkatan produksi uap asap cair yang juga harus diimbangi oleh kinerja kondensasi pada kondensornya, sehingga seluruh uap asap akan terkondensasi menjadi cairan semua. Jika ada sebagian asap cair yang tidak terkondensasi dengan baik maka akan ada kehilangan sebagian uap asap cair ke udara luar. Sehingga hal ini akan menurunkan efisiensi produksi destilasi dan destilasi ulang (redestilasi) asap cair [6].

Kualitas dan kuantitas asap cair sangat tergantung juga pada proses destilasi di kondensor, seperti kejernihannya. Suhu air pendingin kondensor akan menentukan banyaknya asap cair yang didapat. Maka air pendinginnya dibuat mengalir dengan debit tertentu. Selain itu, beberapa senyawa toksik, terutama Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) yang dihasilkan dari proses pembakaran lebih mudah dikontrol. Selain itu pula bahwa suhu pemanasan asap cair tersebut juga akan mempengaruhi kualitas hasil asap cair yang didapat. Ada beberapa komponen atau kandungan dari asap cair yang terurai. Menurut Darmadji, (2002) bahwa optimasi redestilasi adalah pada kondisi suhu redestilasi 122,5°C, waktu redestilasi antara 69 menit dan suhu kondensasi antara 24°C. Pada kondisi optimum tersebut kadar tar tidak tertera, sedangkan kadar fenol, karbonil dan asam

berturut-turut : 2,24 %, 5,60 % dan 15,7 % serta rendemennya 42,2 % [5]. Kemudian Yulistiani (2008) mengatakan bahwa redestilasi asap cair dilakukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dan berbahaya seperti poliaromatik hidrokarbon (PAH) dan tar, dengan cara pengaturan suhu dididih sehingga diharapkan didapat asap cair yang jernih, bebas tar dan benzopiren [7].

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu perancangan, pembuatan dan pengujian alat destilasi dan kondensornya skala lab. Dengan pemanas listrik berdaya 800 Watt. Silinder atau reaktor destilator berdiameter 20 cm, tinggi 25 cm berbahan aluminium dengan tebal 1 mm. Menggunakan kondensor pipa lurus berpendingin air yang mengalir debit 5 liter/menit, dengan diameter pipa luar PVC 3 inch dan diameter pipa dalam tembaga 12 mm, panjang 3 meter. Memvariasikan suhu destilasi pada 110°C, 115°C dan 120°C. Menggunakan asap cair Grade 3 dari proses pirolisis sebanyak 3 liter.



Gambar 1. Rangkaian Alat Destilasi dan Pendinginnya.

Keterangan Gambar :

- a. Alat Destilasi
- b. Pemanas Listrik
- c. Kondensor
- d. Penampung Air Pendingin

Alat destilasi merupakan alat yang berfungsi untuk pemisahan suatu bahan

(cairan) berdasarkan perbedaan kecepatan ataupun kemudahan menguap (volatilitas). Asap cair Grade 3 yang merupakan hasil proses pirolisis dimasukan ke dalam reaktor destilasi. Alat destilasi diletakkan di atas pemanas listrik. Pemanas listrik dihidupkan. Data pengujian dicatat seperti suhu di berbagai titik, waktu, dan hasil asap cair yang telah terdestilasi.

Setelah beberapa menit, maka suhu destilasi asap cair akan tercapai yaitu 110°C, 115°C, dan 120°C. Asap cair yang menguap (berbentuk uap) akan keluar dari reaktor dan memasuki kondensor. Di kondensor uap asap cair tersebut didinginkan sehingga menjadi cairan lagi (asap cair Grade 2) yang menetes di pipa tembaga keluar kondensor. Hasil asap cair ini warnanya lebih bening (putih kekuningan).

Dalam pendinginan di kondensor tersebut, air pendingin harus mengalir, karena pemanasan tersebut suhunya sangat tinggi. Alat destilasi tersebut harus memiliki beberapa keunggulan seperti bahannya memiliki penghantar panas yang baik, kokoh, dan kuat. Pemanasnya harus memiliki daya yang cukup tinggi minimal 800 Watt. Kapasitas reaktor dan diameter pipa tembaga kondensor harus memiliki ukuran yang sebanding agar didapat hasil asap cair dengan efisiensi yang tinggi.

## Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian dengan memvariasikan suhu destilasi asap cair yaitu 110°C, 115°C dan 120°C, maka didapat beberapa hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik asap cair

No	Asap cair	pH	Banyak asap cair (ml)	Waktu (menit)
1	Bahan baku Grade 3	2,46	3000	
2	Destilasi (110°C)	2,15	2840	380
3	Destilasi (115°C)	2,16	2740	365
4	Destilasi (120°C)	2,10	2560	355

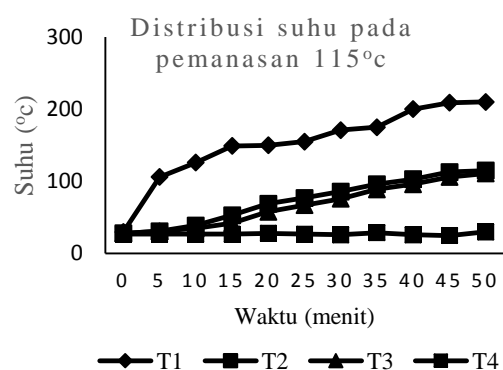
Tabel 2. Data Pemanasan

No	Suhu	Teg	Arus	Daya
----	------	-----	------	------

	Destilasi (°C)	(Volt)	(Amp)	(Watt)
1	115	217	3,26	707,42
2	120	219	3,42	748,98
3	125	220	3,43	754,60

Beberapa data yang didapat dari hasil pengujian eksperimental dan data dari hasil pengolahan (perhitungan) ini tidak dapat ditampilkan lebih banyak mengingat ruangnya terbatas dan hanya ditampilkan data pokoknya saja.

Berikut beberapa gambar grafik yang telah dibuat dari beberapa data yang didapat dan data pengolahan.



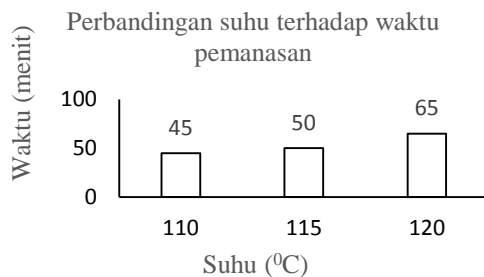
Gambar 2. Pengujian tiap titik pada suhu destilasi 115°C.

Pada gambar 2 ditampilkan grafik perbandingan suhu terhadap waktu pada suhu destilasi 115°C, sebagai contoh untuk menunjukkan kondisi suhu di tiap titik pengujian. Terlihat bahwa suhu pada kompor pemanas (T<sub>1</sub>) selalu mengalami kenaikan pada saat awal dihidupkan karena digunakan untuk memanaskan asap cair hingga mencapai suhu 115°C. Pada grafik ini terlihat perbedaan antara (T<sub>1</sub>) dan (T<sub>2</sub>) dimana dibutuhkan suhu 210°C pada kompor untuk memanaskan asap cair didalam reaktor hingga mencapai suhu 115°C. Kemudian untuk suhu (T<sub>3</sub>) pada saat suhu sudah konstan yaitu 111°C. Suhu (T<sub>4</sub>) sendiri dari awal proses destilasi sampai akhir yaitu antara 27°C - 35°C. Pada grafik ini untuk suhu untuk (T<sub>4</sub>) dan (T<sub>3</sub>) selalu mengalami kenaikan dari awal hingga waktu 50 menit.

Pada gambar 3, pengaruh variasi suhu destilasi terhadap laju perubahan suhu dapat diketahui bahwa laju perubahan suhu yang paling cepat adalah pada suhu 110 °C yaitu dimulai dari suhu awal 28 °C untuk mencapai suhu 110 °C hanya memerlukan waktu 45 menit (gambar 3) dan laju perubahannya 1,82 °C/menit dan laju pemanasannya 707,42 J/detik Selanjutnya pada suhu 115 °C sama-sama dimulai dari suhu 28 °C untuk mencapai suhu 115 °C memerlukan waktu 50 menit dan laju perubahannya 1,74 °C/menit dan laju pemanasannya 748,98 J/detik Dan pada suhu 120 °C dimulai dari suhu 28 °C sampai ke suhu 120 °C memerlukan waktu yang lebih lama yaitu 65 menit dengan laju perubahan suhu 1,41 °C/menit dan laju pemanasannya 754,60 J/detik.



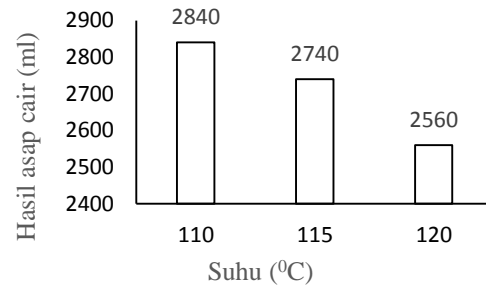
Gambar 3. Perbandingan suhu destilasi



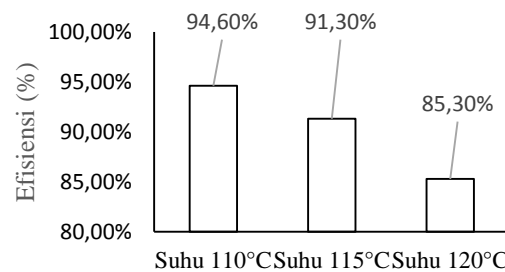
Gambar 4. Grafik perbandingan suhu terhadap waktu pemanasan

Pada gambar 4, dapat dilihat perbedaan laju perubahan suhu bahwa semakin kecil suhu (110°C) yang akan dicapai maka semakin besar laju perubahan suhu yang terjadi (1,82°C/menit). Dan sebaliknya semakin besar suhu (120°C) maka semakin kecil laju perubahan suhunya (1,41°C). Hal ini terjadi karena apabila suhu yang akan dicapai kecil maka

akan membutuhkan waktu yang cepat dan laju pemberian panas yang sama besar, karena waktu sangat berpengaruh sebagai pembagi terhadap laju pemanasan yang terjadi.

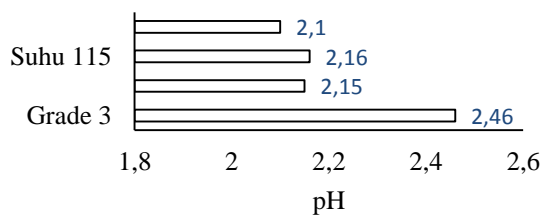


Gambar 5. Grafik perbandingan suhu terhadap hasil asap cair



Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi hasil asap cair

Hasil asap cair sangat berhubungan dengan suhu destilasinya, seperti pada gambar 5. terlihat bahwa suhu destilasi kecil (110°C) menghasilkan asap cair yang banyak yaitu 2840 ml atau dengan efisiensi 94,6% (gambar 5.10), Kemudian pada suhu 115 °C didapatkan asap cair sebanyak 2740 ml atau efisiensi 91,3%. Sebaliknya suhu destilasi tinggi (120°C) akan menghasilkan asap cair yang sedikit yaitu 2560 ml atau efisiensi 85,3% (gambar 5.10). hal ini dikarenakan bahwa semakin rendah suhu destilasi maka akan semakin sedikit uap asap cair yang dihasilkan dan laju penguapan juga kecil sehingga akan semakin sedikit uap asap cair yang terbang keluar akibat dari tidak dapat terkondensasi dengan baik oleh kondensor. Sebaliknya dengan suhu destilasi yang tinggi dan laju penguapan (produksi uap) juga tinggi maka akan semakin banyak uap asap cair yang tidak dapat terkondensasi menjadi cairan akibat terbang keluar pipa kondensor sehingga efisiensinya juga kecil.



Gambar 6. Grafik perbandingan pH

Pada penelitian ini diketahui bahwa semakin besar suhu yang digunakan akan menghasilkan kualitas asap cair yang lebih baik namun berbanding terbalik dengan banyaknya asap cair yang dihasilkan semakin besar suhu maka asap cair yang dihasilkan semakin sedikit. Pada proses destilasi senyawa yang memiliki titik didih yang lebih tinggi, namun lebih larut dalam air akan menguap terlebih dahulu bila dibandingkan dengan senyawa yang titik didihnya rendah tetapi kelarutannya dalam air rendah [7-20].

Kandungan pH asap cair hasil destilasi pada variasi waktu juga meningkat dengan bertambahnya waktu destilasi. Artinya kadar asam yang terdapat pada asap cair hasil destilasi menurun dengan meningkatnya waktu destilasi. Hal tersebut dimungkinkan masih adanya air yang terikut pada pemisahan asam asetat dengan destilasi tersebut, sehingga menyebabkan nilai derajat keasaman juga meningkat. Dibandingkan dengan nilai pH dari asap cair sebelum didestilasi, pH asap cair hasil destilasi lebih kecil dari yang sebelum didestilasi.

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dari pengujian, pengambilan data dan analisa data dapat disimpulkan bahwa suhu destilasi berpengaruh terhadap laju pemanasan yang terjadi yaitu suhu destilasi 110°C laju pemanasan 707,42 J/detik, pemakaian listrik 4,48kWh, waktu 45 menit, dan untuk suhu 120 °C laju pemanasan 754,60 J/detik, pemakaian listrik 4,467 kWh waktu 65 menit. Hasil asap cair terbanyak yaitu pada suhu 110 °C

yaitu 2840 ml dengan debit aliran 8,35 ml/menit dan efisiensi 94,6%, kadar pH 2,15. Dan untuk suhu 120 °C menghasilkan asap cair 2560 ml, dengan debit aliran 8,67 ml/menit dan efisiensi 85,3 %, kadar pH 2,10.

### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kepada Rektor Universitas Muhammadiyah Metro yang telah memberikan bantuan dana penelitian ini, dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Metro, serta rekan-rekan di jajaran Program studi Teknik Mesin UM Metro yang telah mambantu, dan tidak lupa Mahasiswa Teknik Mesin yang terlibat dalam penelitian ini. Terima kasih semuanya.

### Referensi

- [1] Harinen, S. , 2004, Analysis of The Top Phase Fraction of Wood Pyrolysis Liquids, Master Thesis, Laboratory of Applied Chemistry, Department of Chemistri, University of Jyvaskyla.
- [2] Hambali E., Mujdalifah S., Tambunan AH, Pattiwiri AW, Hendroko R., (2007), Teknologi Bioenergi”, Agro Media Pustaka, Jakarta.
- [3] Fachraniah, Fona, Z., dan Rahmi, Z., (2009), “Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Destilasi”, Jurnal Reaksi, Vol. 7(14), pp. 1-11.
- [4] Yaman, S., 2004, “Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical Feedstocks”, Energy Conversion and Management, 45, 651–671.
- [5] Darmadji P., (2002), ”Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metode Redestilasi”, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. XIII (3), hal 267-271

- [6] Ridhuan, Kemas., Mafrudin, Alrasyd, Alfi., 2020, Optimasi Pembakaran Menyeluruh Pada Reaktor Pirolisis Dalam Menghasilkan Bioarang Dan Asap Cair, *Jurnal Teknik Mesin Turbo*, Vol 9, No 1 Juni 2020, Halaman 69 - 78, ISSN 2301-6663, ISSN e : 2477-259X
- [7] Yulistiani, R., (2008), Monograf Asap Cair Sebagai Bahan Pengawet Alami Pada Produk Daging dan Ikan, UPN Veteran, Jawa Timur, Surabaya, hal 50-53.
- [8] Ridhuan, Kemas. Arya, Sepit. 2015. Karakteristik Pembakaran berbagai Jenis Bahan Limbah Biomassa dengan Menggunakan Proses Nonkarbonisasi. *Jurnal Teknik Mesin "Turbo"*. Volume 4 Nomor 1. ISSN: 2301 6663
- [9] Anonim. 2010. Asap cair. [https://id.wikipedia.org/wiki/Asap\\_cair](https://id.wikipedia.org/wiki/Asap_cair) (4 Juli 2011).
- [10] Demirbas, A., 2005., *Pyrolysis Of Ground Beech Wood In Irregular Heating Rate Conditions*. *Journal Of Analytical Applied And Pyrolysis* 73:39-43.
- [11] Devison. (2015). Rekayasa Pirolisator Berkinerja Tinggi Untuk Peningkatan Rendemen Asap Cair. Thesis Program Studi Teknologi Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- [12] Fatimah, Is. 2004, Pengaruh Laju Pemanasan Terhadap Komposisi Biofuel Hasil Pirolisis Serbuk Kayu, *Jurnal Logika*, Vol.1 No.1 Issn:1410-2315 - Hlm.46-50.
- [13] Jamilatun, Siti. Maryudi. Setyawan, Martomo, 2013, Kinerja Kombinasi Dari Alat Pirolisis Dengan Destilasi Secara Sinambung Dalam Memproduksi Asap Cair Tempurung Kelapa, *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, Vol.3, Isbn 978-602-14272-0-0. Hlm. 40-46.
- [14] Mappiratu, 2009, Kajian Teknologi Produksi Asap Cair Dari Sabut Kelapa, *Media Litbang Sulteng* 2 (2), Issn.1979-5971. Hlm. 104–109
- [15] Mulyadi, Edi, 2010, Kinetika Reaksi Pembentukan Bio-Oil Pada Dekomposisi Gambut Dalam Reaktor Batan, *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir III*, Pusat Pengembangan Energi Nuklir Badan Tenaga Nuklir Nasional, 407 Issn 1979-1208. Hlm. 407-412.
- [16] Pszcola DE. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke House Base Flavors. *J Food Tech* 49: 70-74.
- [17] Soldera S, Sebastianutto N, Bortolomeazzi R. 2008. Composition of Phenolic Compounds And Antioxidant Activity Of Commercial Aqueous Smoke Flavorings. *J Agric Food Chem* 56: 2727-2734
- [18] Wibowo, Santiyo. 2013, Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon Menggunakan Proses Pirolisis Lambat *Paraserianthes Falcatari*, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 31 No. 4, Issn: 0216-4329 - Hlm.258-270.
- [19] Wijayanti, Widya. Nur, Mega Sasongko. Dkk., 2013, Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.4, No.2, ISSN 0216-468X, Hlm. 85-92
- [20] Wulandari, Puri Rahayu, 2012, Produksi Minyak Bio Pirolitik Dari Reaksi *Fast Pyrolysis* Biomassa Sekam Padi (*Oryza Sativa L.*) Menggunakan Reaktor *Bubbling Fluidized Bed* Sebagai Bahan Bakar Alternatif *Green Diesel*, Skripsi tidak dipublikasikan, Jakarta, Prodi Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.