

# **KAJIAN PEMBUATAN ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA DENGAN PROSES PIROLISIS DAN DESTILASI DI SULAWESI UTARA**

*Study of Making Liquid Smoke from Coconut Shell with Pyrolysis Process and  
Distillation in North Sulawesi*

**Chikita M. Balikan<sup>1)</sup>, Dedie Tooy<sup>2)</sup>, Frans Wenur<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian

<sup>2)</sup>Dosen Program Studi Teknik Pertanian

*Jurusan Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian*

*Universitas Sam Ratulangi*

*Jl. Kampus UNSRAT, Manado 95115.*

**\*e-mail: [cmbalikan@gmail.com](mailto:cmbalikan@gmail.com)**

## **ABSTRACT**

*This research is aimed to study the pyrolysis and distillation processes of making liquid smoke from coconut shell related to the influence of time and number of raw materials to improve the efficiency of pyrolysis and distillation equipment. This study used an experimental method where the temperature in tube was set at 90° C and after 45 minutes it was maintained at 90° C and then lowered to 75° C. The observation period of the pyrolysis process was carried out every 30 minutes for 8 hours with 3 repetitions, while the distillation process was carried out every 45 minutes with 4 repetitions. The results of the pyrolysis process showed that the steam temperature and pyrolysis time had a relationship to the volume, yield, density and color of the liquid smoke. The average of temperature is 109.58°C gives average result of 6315 ml in volume, yield 21.60%, density 1.027 g/ml and the color is thick black. In the process of distillation, the temperature of steam in distillation affects the result. The temperature of 90°C of liquid smoke comes out quickly and a lot with a total volume of distillation 770 ml and a yellow-brown color. The temperature of 75°C of liquid smoke comes out slowly and the liquid smoke results slightly with a total volume of distillation 293 ml and a yellowish clear color. The color of liquid smoke using laboratory-scale distillation equipment is different from using a distillation tube tool, so it must be re-distilled to get a clearer color.*

**Keywords:** *Coconut shell, distillation, liquid smoke, pyrolysis.*

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pirolisis dan destilasi pembuatan asap cair dari tempurung kelapa dari pengaruh waktu dan jumlah bahan baku untuk meningkatkan efisiensi penggunaan alat pirolisis dan destilasi.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu mempelajari proses pirolisis dan destilasi asap cair yang dihasilkan dari hasil pirolisis. Pada proses destilasi suhu dalam tabung diatur pada 90°C dan setelah 45 menit dipertahankan pada 90°C kemudian diturunkan menjadi 75°C. Periode pengamatan proses pirolisis dilakukan setiap 30 menit selama 8 jam dengan 3 ulangan, sedangkan proses destilasi dilakukan setiap 45 menit dengan 4 ulangan. Hasil proses pirolisis menunjukkan bahwa temperatur steam dan waktu pirolisis memiliki hubungan dengan volume, rendemen, densitas dan warna yang dihasilkan. Hasil pengamatan pada suhu rata-rata 109,58°C diperoleh volume 6315 ml, rendemen 21,60%, densitas 1,027 g/ml dan warna yang diperoleh hitam pekat. Dalam proses destilasi, temperatur uap dalam destilasi mempengaruhi hasil. Temperatur yang tinggi maka hasil asap cair yang didapat juga banyak. Suhu 90°C asap cair keluar dengan cepat dan banyak dengan volume total destilasi 770 ml dan warna kuning kecoklatan. Suhu 75°C asap cair keluar perlahan dan hasil asap cair sedikit dengan total volume destilasi 293 ml dan warna bening kekuningan. Warna asap cair yang menggunakan alat destilasi skala laboratorium berbeda dengan yang menggunakan alat tabung destilasi, sehingga harus dilakukan destilasi ulang untuk mendapatkan warna yang lebih jernih.

**Kata kunci:** Tempurung kelapa, destilasi, asap cair, pirolisis.

## **PENDAHULUAN**

Tempurung kelapa sebagai salah satu limbah kelapa memiliki potensi yang baik untuk digunakan. Sulawesi Utara sebagai salah satu daerah penghasil kelapa tertinggi di Indonesia, mempunyai potensi yang sangat besar dalam memaksimalkan pembuatan asap cair dari tempurung kelapa. Menurut Yaman (2004), pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat dengan oksigen terbatas sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras, dan destilasi adalah suatu cara pemisahan larutan dengan menggunakan panas sebagai pemisah, kualitas asap cair juga dipengaruhi oleh suhu dan waktu dari proses pirolisis sehingga proses destilasi.

Pembuatan serta pemanfaatan tempurung kelapa menjadi asap cair menggunakan alat pirolisis dengan metode pembakaran langsung dan alat tabung destilasi dengan kompor sebagai sumber panas. Kurangnya jumlah bahan baku dan waktu pirolisis mempengaruhi penggunaan

alat pirolisis sehingga hasil asap cair yang diperoleh masih belum maksimal, sedangkan pada alat destilasi masih kurang efisien pada proses pengoperasiannya. Alat pirolisis dan destilasi memiliki bermacam-macam model, untuk para pembuat asap cair dengan skala besar maka harus menggunakan alat tabung destilasi yang besar.

Pada waktu melaksanakan magang di Balai Penelitian Tanaman Palma Manado pada tahun 2019, proses pirolisis menggunakan tempurung kelapa 15 kg dengan waktu pembakaran 3 jam mendapatkan rendemen 20% dan masih menyisakan bahan baku. Pada proses destilasi dilaksanakan menggunakan alat destilasi berskala laboratorium dengan pengaturan suhu yang dapat diatur. Penggunaan alat destilasi berskala laboratorium dapat diatur suhu untuk proses pemanasan menggunakan pemanas listrik, sedangkan pada alat tabung destilasi dengan skala besar menggunakan kompor sebagai sumber panas. sehingga kuantitas yang diperoleh semakin banyak.

Berdasarkan uraian di atas, masih banyak hal yang perlu dikaji dari pengaruh waktu dan jumlah bahan baku untuk meningkatkan efisiensi penggunaan alat pirolisis dan destilasi agar menyesuaikan dengan para pembuat asap cair. Sehingga perlu adanya penelitian untuk proses pirolisis dengan memanfaatkan tempurung kelapa sebagai bahan baku pembuatan asap cair dan dilakukan kajian proses pirolisis dan destilasi dengan karakterisasi meliputi volume, rendemen, densitas, suhu hingga berdasarkan tampilan warna terhadap hasil asap cair, dan menambah nilai tambah bagi petani kelapa.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret dan Juli 2020. Lokasi penelitian proses pirolisis dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Palma, Mapanget, Kecamatan Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara, Manado, Sulawesi Utara, dan proses destilasi dilaksanakan di Rumah Produksi Kelurahan Bengkol, Kecamatan Mapanget, Kabupaten Minahasa Utara, Manado, Sulawesi Utara.

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa sebanyak 90 kg dari Desa Talawaan. Bahan lain yang digunakan adalah sabut kelapa untuk memicu terjadinya api untuk pembakaran, batang pisang yang sudah busuk untuk perekat pada penutup tabung pirolisis, air pada kondensor untuk mendinginkan asap, minyak tanah untuk bahan bakar yang akan digunakan di kompor untuk destilasi.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu s.d.k.k. at pirolisis, satu s.d.k.k. at destilasi, *Blower* model Keong NRT-PRO 4 inch, timbangan digital, *Deep Fry Termometer*, kompor sumbu, wadah penampung, kunci ring pas, alat tulis menulis, terminal listrik, dan laptop.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode

experimental yaitu melakukan proses pirolisis dengan 3 ulangan. Produk yang dihasilkan dilakukan proses destilasi. Pada alat destilasi yang digunakan, yang diukur adalah suhu yang keluar dari proses destilasi. Dalam proses destilasi suhu di atas cerobong dipertahankan selama 45 menit adalah 90°C dan diturunkan menjadi 75°C, ini dilakukan untuk mempelajari bagaimana hasil asap cair yang akan diperoleh.

### **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan penyediaan tempurung kelapa sebanyak 90 kg lalu bahan baku dijemur. Tempurung kelapa yang sudah dijemur ditimbang sebanyak 30 kg dan dimasukkan ke dalam tabung pirolisis, tabung pirolisis memiliki kapasitas 45 kg. Tempurung tersebut dibakar selama 8 jam dengan mengamati asap cair yang dihasilkan setiap 30 menit. Setelah melewati proses pembakaran, asap melewati kondensor yang berupa koil dengan bentuk melingkar yang terpasang pada bak pendingin berisi air, dan menghasilkan asap cair. Setelah selesai, hasil asap cair ditimbang ditampung dalam wadah yang telah disediakan dan menghitung hasil yang didapat.

Asap cair hasil pirolisis diteruskan pada proses destilasi. Pemasukan asap cair hasil pirolisis sebanyak 20 l ke dalam tabung destilasi. Tabung destilasi memiliki tinggi 40 cm dan diameter 30 cm dengan kapasitas 30 l. Penambahan minyak tanah sebanyak 2 l ke dalam kompor, dinyalakan dan dimulailah proses destilasi. Selama proses destilasi, asap dialirkan menuju kondensor dengan kapasitas air 30 l. Asap cair yang keluar kemudian ditampung dalam wadah dan diamati.

### **Parameter Penelitian**

#### **1. Proses Pirolisis Volume**

Volume asap cair hasil pirolisis yang sudah tertampung kemudian diukur dengan menggunakan gelas ukur setiap 30 menit selama 8 jam.

#### **Rendemen**

Menurut Ratnawati *dkk.* (2010),

semakin tinggi suhu uap pirolisis maka semakin banyak bahan baku yang terdekomposisi sehingga semakin besar volume asap cair nya dan rendemen arang (residu) semakin kecil. Rendemen asap cair dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$R = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad \rightarrow \quad (1)$$

### Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis atau densitas adalah nilai yang menunjukkan besarnya perbandingan antara massa benda dengan volume benda (Halliday, 1991). Alat yang biasa digunakan untuk mengukur densitas adalah *Piknometer*, *Hydrometer*, *Coriolis flow meter*, *Density meter*. Dengan persamaan 2.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

dimana:

$\rho$  = massa jenis (g/ml)  $m$  = massa benda (g)

$v$  = volume benda (ml)

### Warna

Pengamatan warna dilakukan setelah selesai proses pembakaran selama 8 jam dengan melihat warna akhir hasil pirolisis secara visual menggunakan indera penglihatan.

### Suhu

Data suhu pada ulangan pirolisis dicatat setiap 30 menit dengan cara pengecekan suhu lewat termometer yang terdapat pada tabung pirolisis.

## 2. Proses Destilasi Volume

Volume asap cair hasil destilasi yang sudah tertampung kemudian diukur dengan menggunakan gelas ukur setiap 45 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Proses Pirolisis

#### Volume Asap Cair Hasil Pirolisis

Volume asap cair diukur setiap 30 menit

selama 8 jam, dihitung dari dimulainya proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 1. Suhu menjadi tinggi dikarenakan ada banyak oksigen yang masuk ke dalam tabung memicu tingginya suhu. Dengan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan memperoleh rata-rata volume 6315 ml. Semakin banyak waktu pirolisis maka volume yang dihasilkan semakin banyak, ini disebabkan semakin lama waktu pembakaran semakin banyak tempurung kelapa yang terdekomposisi karena panas yang berkontak dengan bahan baku semakin lama.

Proses pirolisis ini termasuk dalam kategori *slow pyrolysis* dikarenakan pemanasan yang dilakukan pada bahan baku lambat sehingga cairan asap cair yang diperoleh sedikit sedangkan gas banyak terbuang dan arang yang dihasilkan lebih



banyak. Dan suhu air dalam kondensor selama proses kondensasi mempengaruhi laju cairan yang keluar.

**Gambar 1.** Laju Kondensasi Asap Cair Hasil Pirolisis Setiap 30 menit.

### Rendemen Asap Cair Hasil Pirolisis

Rendemen asap cair tempurung kelapa yang dibuat dengan teknik pirolisis adalah berbeda-beda tergantung pada suhu pirolisis, rendemen akan naik sampai pada suhu tertentu dan kemudian turun kembali (Fatimah, 2005). Gambar 2 ulangan kedua memiliki rendemen lebih tinggi karena suhu mencapai 130°C terjadi selama 1 jam, sedangkan ulangan

pertama dan ketiga hanya terjadi slema 30 menit. Proses pirolisis selama 8 jam memperoleh hasil rendemen dengan rata-rata 21,60%. Suhu pada tabung kondensor juga mencapai 39,5°C sehingga air menjadi panas adalah salah satu faktor hasil volume yang diperoleh sedikit sehingga mempengaruhi hasil rendemen. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pembakaran, suhu tabung dan suhu tabung kondensor dapat mempengaruhi rendemen yang dihasilkan.

Spesifikasi alat juga mempengaruhi hasil proses pirolisis. Penelitian ini menggunakan alat pirolisis dengan metode pembakaran langsung memakai waktu pembakaran 8 jam dengan tinggi tabung pirolisis 102 cm dan tinggi tabung kondensor 188 cm. Kelemahan dari alat pirolisis ini terletak pada tabung kondensor dimana kondisi air dalam kondensor tidak bersirkulasi yang menyebabkan air dalam kondensor menjadi panas sehingga kinerja alat menjadi tidak maksimal. Tabung kondensor juga berpengaruh terhadap hasil asap cair yang dihasilkan, seperti pada alat yang digunakan selama penelitian dibandingkan dengan yang digunakan oleh Adhiyanto dkk. (2019) didapati semakin tinggi tabung kondensor maka kapasitas air semakin banyak yang mempengaruhi hasil rendemen asap cair.

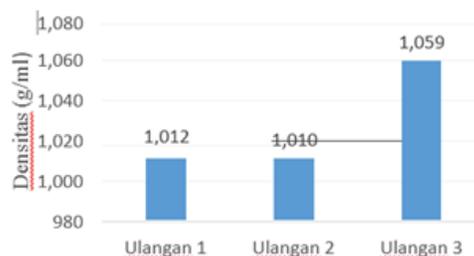


**Gambar 2.** Grafik Rendemen Hasil Pirolisis dalam 3 ulangan.

### Densitas Asap Cair Hasil Pirolisis

Densitas hasil asap cair menunjukkan kualitas dari asap cair. Pada pirolisis mengalami kenaikan dan penurunan dimana ulangan ketiga memiliki densitas lebih tinggi

dibandingkan ulangan pertama dan kedua (Gambar 3). Hasil penelitian ini memperoleh densitas rata-rata 1,027 g/ml. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Khalimatus dkk. (2017) dengan nilai 1,276- 1,6 g/ml. Maka hampir semua densitas yang didapatkan pada masing-masing adalah sama, ini dikarenakan kualitas asap cair yang dihasilkan hampir sama.



**Gambar 3.** Grafik Densitas Hasil Pirolisis dalam 3 ulangan.

### Warna Asap Cair Hasil Pirolisis

Pada Gambar 4 dapat dilihat asap cair yang diperoleh berwarna hitam pekat. Ini menunjukkan bahwa ar dalam asap cair masih besar. Maka pernyataan ini sesuai dengan Yuliwati dkk. (2011) bahwa asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa perlu proses lanjutan karena mengandung kadar benzopiriena yang mengandung racun lebih tinggi sehingga asap cair dari tempurung kelapa belum layak digunakan.

## 2. Hasil Proses Destilasi

### Perbedaan Suhu Cerobong Tabung Destilasi dan Hasilnya

Dengan bahan baku 20 l, volume asap cair diukur setiap 45 menit dengan suhu 90°C selama 90 menit, kemudian suhu 75°C selama 90 menit. Dari dimulainya proses destilasi membutuhkan waktu 30 menit untuk mencapai suhu 90°C dan keluar tetesan pertama. Berdasarkan Gambar 5 dengan total volume 1063 ml, diketahui bahwa pada suhu 90°C cairan asap cair yang keluar sangat cepat dan banyak, sedangkan pada suhu 75°C asap cair yang keluar tidak cepat dan hanya sedikit. Hal

ini disebabkan pada suhu 90°C asap cair mencapai titik didih yang mendorong uap naik sangat cepat dan pada proses kondensasi pada suhu yang masih stabil tetap mendorong uap naik yang mendapatkan hasil lebih banyak, dibandingkan pada suhu 75°C uap yang naik secara perlahan sampai pada proses kondensasi suhu yang masih stabil mendorong secara perlahan menyebabkan hasil destilasi yang keluar sangat lambat dan cairan lebih sedikit.

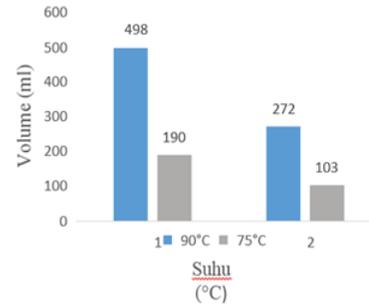


Gambar 4. Asap Cair Hasil Pirolisis.

Hasil pada suhu 90°C sebanyak 770 ml dari 20 l, hasil ini hampir sama dengan penelitian Dimas *dkk.* (2011) dengan hasil 31,7 ml dari 2 l. Pernyataan ini sesuai dengan Buckingham (1982), asap cair yang dihasilkan pada kisaran suhu 90°C menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa mengandung komponen senyawa dengan titik didih dibawah 100°C dan pernyataan Guenther (1987) semakin tinggi suhu destilasi semakin cepat proses tersebut berlangsung sehingga distilat yang diperoleh semakin banyak.

Rendemen hasil destilasi mendapatkan 5,315% hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Erliza *dkk.* (2010) sebesar 1,8%-2,1% dan dengan Dimas *dkk.* (2011) sebesar 1,58%. Maga (1988) mengatakan bahwa kadar air yang terdapat dalam asap cair mencapai 92%. Rusli (1997) menyebutkan

bahwa semakin lama suatu bahan menerima panas, maka proses difusi akan semakin meningkat sehingga proses destilasi menjadi optimal.

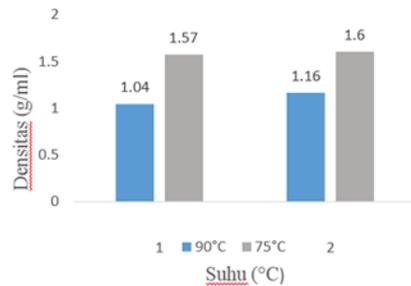


Gambar 5. Grafik Volume Asap Cair dengan Perlakuan Perubahan Suhu.

#### Perubahan Suhu Cerobong Tabung Terhadap Densitas Asap Cair

Densitas dihitung dengan berat hasil asap cair dibagi dengan volume asap cair. Suhu rendah maka mendapatkan densitas lebih besar dibandingkan pada suhu tinggi, hal ini disebabkan suhu semakin tinggi maka energi dalam menjadi lebih besar. Tar-tar dalam tabung akan bergerak saling mendekati sehingga porositas semakin berkurang dan densitas yang didapat semakin tinggi. Densitas pada destilasi dengan suhu yang berbeda mengalami kenaikan dan penurunan (Gambar 6). Besarnya densitas asap cair sebelum destilasi dipengaruhi oleh adanya senyawa tar dalam asap cair yang tidak larut dan juga adanya senyawa-senyawa lain yang lebih berat.

Menggunakan 1 kali memasukkan bahan baku untuk 2 varian suhu menyebabkan densitas yang diperoleh lebih rendah dimana nilai densitas pada penelitian ini jauh dengan nilai densitas yang beredar dipasaran dengan bahan baku tempurung kelapa yaitu sebesar 1,026 g/ml (Fachraniah *dkk.*, 2009).



**Gambar 6.** Grafik Densitas Asap Cair dengan Perlakuan Perubahan Suhu.

### Perubahan Suhu Cerobong Tabung Terhadap Warna Asap Cair

Hasil dari pengamatan pada asap cair selama destilasi mengalami perbedaan. Perbedaan warna asap cair dipengaruhi oleh adanya tar. Pada suhu 90°C asap cair yang diuapkan mengalami tekanan yang lebih cepat sehingga asap cair yang keluar lebih cepat dan lebih banyak, sehingga memiliki warna kuning kecokelatan yang berarti masih ada tar yang terikut. Sedangkan pada suhu 75°C asap cair yang keluar perlahan dan hasilnya lebih sedikit tapi warna yang diperoleh lebih jernih dengan warna bening kekuningan yang berarti tar sudah terurai.

Seperti proses pirolisis, spesifikasi alat destilasi juga mempengaruhi hasil dari cairan asap cair. Pada penelitian ini menggunakan tabung destilasi dengan tinggi 65 cm dan diameter 30 cm dengan sumber panas kompor sumbu, alat destilasi yang digunakan selama penelitian memiliki kendala seperti pipa kondensor yang bocor sehingga terjadinya *losing* (kehilangan) menyebabkan hasil yang diperoleh tidak optimal sehingga volume asap cair sedikit dan warna yang belum jernih. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fauzan dkk. (2017) alat destilasi memiliki tinggi 60 cm dan diameter 40 cm dengan menggunakan bahan bakar gas LPG pada suhu 101°C - 125°C menghasilkan warna jernih kekuningan dengan aroma asap yang ringan, dan dengan yang didapatkan oleh

Elvira (2004) pada suhu 100°C kuning muda dan pada suhu 125°C kuning keputihan.

### KESIMPULAN

1. Proses pirolisis tempurung kelapa berpengaruh pada hasil cairan asap cair yang diperoleh dengan tergantung pada: input bahan baku yaitu kadar air, ukuran bahan baku, serta proses yaitu suhu pembakaran, suhu pirolisis, suhu kondensasi, dan suhu corong pengeluaran.
2. Pada proses destilasi, suhu uap dalam destilasi mempengaruhi hasil. Suhu tinggi maka hasil asap cair yang diperoleh juga banyak. Suhu uap 90°C hasil asap cair keluar dengan cepat dan banyak, dengan total volume hasil destilasi 770 ml serta memperoleh warna kuning kecokelatan. Suhu uap 75°C asap cair keluar secara perlahan dan hasil asap cair sedikit dengan total volume 293 ml serta memperoleh warna bening kekuningan. Warna dari asap cair menggunakan alat destilasi berskala laboratorium berbeda dengan yang menggunakan alat tabung destilasi, sehingga harus dilakukan redistilasi untuk mendapat warna yang lebih jernih.
3. Hasil penelitian pada proses pirolisis tempurung kelapa menunjukkan bahwa suhu uap dan waktu pirolisis mempunyai hubungan terhadap volume, rendemen, densitas dan warna yang dihasilkan. Dengan 3 kali ulangan, suhu rata-rata 109.58°C diperoleh volume rata-rata 6315 ml, rendemen rata-rata 21.60 %, densitas rata-rata 1.027 g/ml, dan warna yang diperoleh hitam pekat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adhiyanto, D. S., D. Tooy., dan F. Pangkrego. 2019. *Uji Kinerja Alat Pembuat Asap Cair Tempurung Kelapa Tipe Pirolisis*. Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Manado.

- Buckingham, J. 1982. *Dictionary of Organic Compound*. Chapman dan Hal. New York.
- Dimas, R. A., Darmadji., Purnama., Pranoto dan Yudi. 2011. *Pengaruh Suhu Distilasi dan Tingkat Kondensor Terhadap Sifat Sensoris Distilat Asap Cair*. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian. Vol. 4, No. 2.
- Elvira. 2004. *Peningkatan Mutu Asap Cair Tempurung Kelapa Dengan Metode Distilasi Dengan Varian Temperatur*. Skripsi S-1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UGM Yogyakarta. Yogyakarta.
- Erliza, N., L. Candra., dan P. Gustan. 2010. *Isolasi dan Pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung kelapa dan sabut kelapa secara pirolisis dan distilasi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fachraniah., Z. Fona dan Z. Rahmi. 2009. *Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Distilasi*. Jurnal Reaksi, Vol. 7(14): 1-11.
- Fatimah, I., dan J. Nugraha. 2005. *Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan Principal Component Analysis*. Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 6 (1): 41-47.
- Guenther, E. 1987. *The Essential Oils*. Penerjemah S. Ketaren. Minyak Atsiri (Jilid I). UI-Press, Jakarta.
- Halliday dan Resnick. 1991. Fisika 1,2 (Terjemahan). Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Khalimatus, S., H. S. Profiyanti., H. Nanik., N. Ivan., dan F. Nur Ahmad. 2017. *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa dengan Metode Pirolisis*. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Malang.
- Maga, J. A. 1988. *Smoke in Food Processing*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida: 1-3, 131-138.
- Ratnawati., dan S. Hartanto. 2010. *Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kualitas dan Kuantitas Asap Cair*. Institut Teknologi Indonesia. Tangerang.
- Rusli, S. 1997. *Konstruksi Unit Penyulingan Sereh Wangi, Sereh Dapur Dan Cengkeh*. Lembaga Penelitian Tanaman Industri. Bogor.
- Yaman, S. 2004. "Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks", Energy Conversion and Management, Vol. 45: 651-671.
- Yuliwati, E., dan B. Santoso. 2011. *Studi Pendahuluan dan Pemilihan Bahan Alat Pembuat Asap Cair dari Bahan Baku Tempurung Kelapa*. Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma. Palembang.