



UJI PERFORMANSI PIROLISATOR DENGAN SISTEM KONDENSASI BERTINGKAT

PERFORMANCE TESTS OF PYROLISATORS WITH MULTIPLE CONDENSATION SYSTEMS

Mustopa Kamal dan Faizal Fachruddin

Program Studi Permesinan Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan
Jl. Aup Bar., RT.1/RW.9, Jati Padang, Ps. Minggu, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

*Korespondensi: mustopakamal1030@gmail.com (M Kamal)

Diterima 25 Mei 2023 – Disetujui 28 September 2023

ABSTRAK. Telah dilakukan pengujian performansi pirolisator terhadap hasil asap cair yang dihasilkan oleh pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat dengan bahan pengasap tempurung kelapa. Parameter yang diuji pada pengujian performansi pirolisator adalah waktu, temperatur, laju pemanasan, volume asap cair dan sisa pembakaran berupa arang. Hasil pengujian menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry* (GC-MS) menunjukkan bahwa pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat menghasilkan asap cair dengan kualitas food grade sehingga aman untuk digunakan sebagai bahan pengawet alami produk perikanan. Jumlah asap cair yang dihasilkan oleh pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat sebesar 24% dan arang sebesar 46%, dari proses pirolisis 10kg tempurung kelapa selama 5 jam. Dapat disimpulkan bahwa pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat memiliki keunggulan dari segi produktivitas jika dibandingkan dengan pirolisator konvensional, sehingga sangat cocok untuk digunakan pada industri asap cair.

KATA KUNCI: AOAC 2012, Asap cair, GC-MS, Pirolisator, SNI 2725.1-2009

ABSTRACT. *Pyrolysator performance testing has been carried out on the results of liquid smoke produced by pyrolysators with a multilevel condensation system using coconut shell fumes. The parameters tested in the pyrolysator performance test were time, temperature, heating rate, volume of liquid smoke and residual combustion in the form of charcoal. Test results using Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry (GC-MS) show that pyrolysators with multilevel condensation systems produce liquid smoke with food grade quality so it is safe to use as a natural preservative for fishery products. The amount of liquid smoke produced by the pyrolysator with a multilevel condensation system is 24% and charcoal is 46%, from the pyrolysis process of 10kg of coconut shells for 5 hours. It can be concluded that pyrolysators with multilevel condensation systems have advantages in terms of productivity when compared to conventional pyrolysators, so they are very suitable for use in the liquid smoke industry.*

KEYWORDS: AOAC 2012, Liquid smoke, GC-MS, Pyrolysator, SNI 2725.1-2009.

1. Pendahuluan

Salah satu sumber protein hewani yang sangat cepat mengalami pembusukan adalah ikan. Untuk mencegah proses pembusukan tersebut, maka diperlukan tindakan penanganan yang baik. Salah satunya yaitu dengan proses pengawetan dengan menggunakan asap cair. Selain aman untuk dikonsumsi, asap cair juga dapat memberikan aroma dan warna pada produk pangan serta rasa yang khas (Jayanudin et al., 2012). Penggunaan asap cair dilakukan dengan beberapa cara, antara lain: perendaman, penyuntikan, perebusan dan penyemprotan.

Kualitas asap cair ditentukan dari kandungan kimia yang ada didalamnya. Berdasarkan (Nasional, 2009), tentang persyaratan mutu dan keamanan pangan produk asap serta kandungan zat pengawet yang diperbolehkan untuk produk makanan dan minuman yang dijual belikan, maka asap cair sebagai bahan pengawet yang dapat digunakan pada produk pangan harus memberikan karakteristik sensori berupa aroma dan warna pada produk serta memberikan rasa yang khas.

Menurut (Rasi & Seda, 2014) persyaratan utama yang penggunaan asap cair sebagai bahan pengawet adalah tidak boleh mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) lebih besar

dari $0,05 \mu\text{g/kg}$. Dalam melakukan pengujian, sebagai indikator tingkat keamanan sering digunakan *PAH benzo(a)pirene* karena sifat karsinogenik paling tinggi. Nilai pH rendah. Asap cair dengan kualitas tinggi dapat diketahui dari nilai pH yang rendah. Secara keseluruhan, nilai pH yang rendah dapat memberikan pengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap maupun sifat organoleptiknya. Standarisasi nilai pH sesuai yang ditetapkan adalah 1,50 - 3,70 dan Memiliki *flavor* sebagai bahan pengawet, asap cair yang digunakan harus bebas dari senyawa berbahaya (BPOM, 2013).

Kondisi pada saat melakukan proses pirolisis, dapat memberikan pengaruh terhadap besarnya komposisi kandungan kimia pada asap cair. Menurut (Udyani *et al.*, 2018), faktor-faktor seperti suhu pada proses pirolisis dan kondensasi, waktu pembakaran biomassa, ukuran biomassa, banyaknya biomassa dan kadar air pada biomassa merupakan faktor pendukung yang harus diperhatikan guna menghasilkan asap cair yang baik. Hal ini karena akan memberikan pengaruh juga terhadap aroma pada produk pangan (Ketut Budaraga *et al.*, 2016).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian performansi pirolisator terhadap produk asap cair yang dihasilkan oleh pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat. Pengujian ini, merupakan parameter untuk mengetahui kinerja pirolisator terhadap rendemen asap cair dan arang yang dihasilkan pirolisator. Pengujian performansi pirolisator pada penelitian ini dilakukan dalam tiga perlakuan. Yang menjadi pembeda pada setiap perlakuannya adalah volume bahan baku berupa tempurung kelapa pada setiap perlakuan. Perlakuan pertama (A), menggunakan tempurung kelapa sebanyak 2,5 kg, perlakuan kedua (B) sebanyak 5 kg dan perlakuan ketiga (C) sebanyak 10 kg tempurung kelapa dan masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

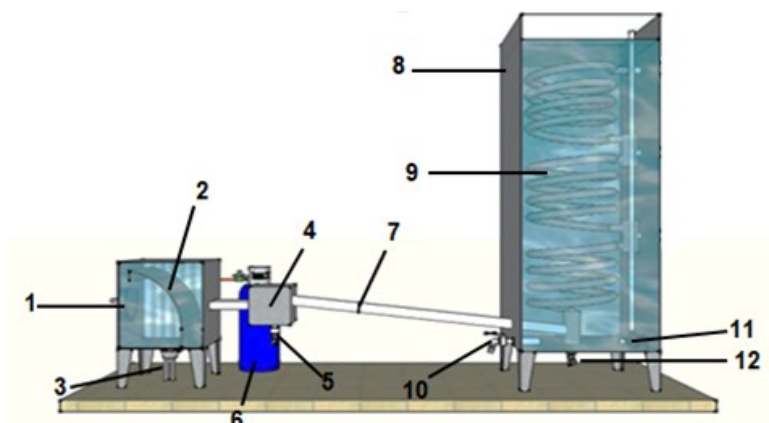
Pada pengujian pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat, peralatan yang digunakan antara lain Thermometer, Gelas ukur, Kompor dan Timbangan. Sedangkan untuk Bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian pirolisator dan produk asap cair antara lain Gas LPG, Tempurung Kelapa dan botol sampling.

2.2. Perancangan Desain Pirolisator

Secara fungsional Pirolisator pada penelitian ini memiliki tiga komponen utama yang memiliki fungsi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Untuk menjelaskan fungsi dari komponen-komponen yang terdapat pada pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat, diuraikan sebagai berikut:

- Reaktor pirolisis berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pirolisis atau penguraian senyawa-senyawa kimia dari tempurung kelapa melalui proses pemanasan, sehingga menyebabkan terjadinya proses dekomposisi yaitu pecahnya ikatan kimia secara thermal dan penguraian senyawa-senyawa organik tempurung kelapa yang terdiri atas gas, tar dan arang.
- Kondensor berfungsi untuk merubah wujud gas hasil pembakaran menjadi wujud cair yang disebut asap cair. Proses perubahan wujud dari gas menjadi cair terjadi karena adanya proses kondensasi atau perpindahan kalor pada pipa destilasi berbentuk spiral yang didinginkan oleh air pendingin.
- Pipa penghubung berfungsi untuk mengalirkan gas atau asap hasil pembakaran tempurung kelapa pada reaktor pirolisis menuju ruangan yang memiliki temperatur lebih rendah (kondensor).

Desain pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat pada penelitian ini, dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Pirolisator Dengan Sistem Kondensasi Bertingkat.

Keterangan:

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1. Reaktor Pirolisis | 7. Pipa Penghubung |
| 2. Separator Jelaga | 8. Tabung kondensor |
| 3. Kompor GAS | 9. Pipa Kondensor |
| 4. Penampung Tar | 10. Saluran buang air pendingin |
| 5. Saluran Buang Tar | 11. Sauran destilasi asap cair |
| 6. Gas LPG | 12. Saluran Buang tar |

2.3. *Persiapan Bahan Baku*

Menurut (Anggraini & Yuniningsih, 2017), Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan baku yang dapat menghasilkan kualitas asap cair yang baik. Komposisi kimia yang terdapat pada tempurung kelapa dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Pada Tempurung Kelapa.

Unsur Kimia	Jumlah (%)
Air	8,00
Abu	0,60
Pentosan	27,0
Lignin	29,4
Sellulosa	26,6
Uronat anhidrat	3,50
Solvent Ekstratif	4,20
Nitrogen	0,11

Sumber: (Mentari, 2017)

Sebelum tempurung kelapa dimasukan kedalam reaktor pirolisis, ada beberapa prosedur penanganan bahan baku tempurung kelapa yang harus dilakukan antara lain (1) Tempurung kelapa dibersihkan dari kotoran dan sabut yang tertinggal (2) Dilakukan pengeringan dengan cara penjemuran selama 3 jam yang bertujuan untuk mengurangi kadar air (3) Proses pemecahan tempurung kelapa, sehingga diperoleh tempurung kelapa dengan ukuran 5-7 cm (4) Proses penimbangan tempurung kelapa untuk mengetahui jumlah tempurung kelapa yang akan diproses menjadi produk asap cair.

2.4. *Teknik Pengumpulan Data*

Data yang diperoleh didapat dari pengamatan dan pencatatan serta data hasil laboratorium. Pencatatan dilakukan ketika pengamatan temperatur dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui laju pemanasan pada reaktor pirolisis. Pengamatan temperatur dilakukan selama proses pirolisis berlangsung dengan

cara mengamati thermometer yang ada pada reaktor pirolisis dan mencatat besarnya temperatur pemanasan kedalam tabel pengamatan.

2.5. Analisis Data

2.5.1. *Analisa Laju Pemanasan.* Persamaan yang dipakai untuk menghitung laju pemanasan, yaitu:

$$\text{Laju Pemanasan (kg/jam)} = \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Waktu (Jam)}} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan kata lain, laju pemanasan diperoleh dari perbandingan massa tempurung kelapa yang dipanaskan dengan waktu pemanasan (Jayanudin *et al.*, 2012).

2.5.2. *Analisa Rendemen Asap Cair.* Untuk menghitung rendemen asap cair, digunakan persamaan:

$$\text{Rendemen Asap Cair (\%)} = \frac{\text{massa asap cair}}{\text{massa tempurung}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dengan kata lain, rendemen asap cair didapat dari parameter massa asap cair dibagi dengan massa tempurung kelapa yang dipanaskan (Jayanudin *et al.*, 2012).

2.5.3. *Analisa Rendemen Arang.* Persamaan yang dipakai untuk menghitung rendemen arang, yaitu:

$$\text{Rendemen Arang (\%)} = \frac{\text{massa arang (kg)}}{\text{massa tempurung (kg)}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Dengan kata lain, rendemen arang didapat dari parameter massa arang dibagi dengan massa tempurung kelapa yang dipanaskan (Jayanudin *et al.*, 2012).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Persiapan Pengujian Performansi Pirolisator

Pengujian performansi pirolisator pada penelitian ini dilakukan dalam tiga perlakuan. Yang menjadi pembeda pada setiap perlakuannya adalah volume bahan baku berupa tempurung kelapa pada setiap perlakuan. Perlakuan pertama (A), menggunakan tempurung kelapa sebanyak 2,5 kg, perlakuan kedua (B) sebanyak 5 kg dan perlakuan ketiga (C) sebanyak 10 kg tempurung kelapa dan masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Dalam melakukan pengujian performansi pirolisator, diperlukan peralatan sebagai pendukung dalam kegiatan penelitian ini. Pada pengujian performansi pirolisator, digunakan peralatan sebagai berikut :

a. Pirolisator Dengan Sistem Kondensasi Beritngkat.

Pirolisator berbahan *stainless steel 304*, yang dilengkapi dengan reaktor pirolisis berkapasitas 10 kg tempurung kelapa dan sistem kondensasi yang prinsip kerjanya memanfaatkan sifat dari molekul asap yang cenderung mengalir atau bergerak dari bawah keatas, sehingga semakin keatas kualitas molekul asap semakin bagus karena tidak mengandung abu hasil pembakaran dan mencegah terciptanya senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrcarbon* (PAH). Untuk Pirolisator ini juga didesain menjadi bongkar pasang (*Knock down*) yang mana setiap bagiannya dilengkapi dengan *union joint*, sehingga memudahkan dalam proses perawatan dan perbaikan pirolisator. Pirolisator system kondensasi bertingkat dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Pirolisator Dengan Sistem Kondensasi Bertingkat.

b. Timbangan Digital

Timbangan digital yang digunakan memiliki skala digital sampai dengan 50 kg. Cara penggunaan alat ini diawali dengan pengaturan satuan yang akan kita gunakan (kg atau gram). Setelah menseting satuan yang akan kita gunakan langkah selanjutnya adalah menggantung wadah tempurung kelapa dan lakukan peng"nol"an berat objek dengan cara menekan tombol tare. Sehingga wadah akan dihitung sebagai angka nol atau beratnya 0 kg. Pada penelitian ini digunakan timbangan digital seperti pada **Gambar 3.**



Gambar 3. Timbangan Digital.

c. Thermometer

Thermometer merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur suhu atau temperature serta perubahan suhu benda padat, cairan, gas dan reaksi kimia sepeerti api. Thermometer pada umumnya memiliki 3 (tiga) satuan, yaitu: Celcius (C), Fahrenheit (F) serta Kelvin (K). Pada penelitian ini digunakan thermometer seperti pada **Gambar 4.**



Gambar 4. Thermometer.

d. Gelas Ukur

Secara umum gelas ukur biasanya digunakan untuk mengukur banyaknya atau volume cairan. Pada gelas ukur terdapat garis penanda dengan angka-angka untuk mewakili jumlah cairan yang diinginkan. Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini menggunakan bahan polipropilena dengan akurasi volume sebesar 100 ml. adapun gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Gelas Ukur.

e. Pengujian Pirolisator Sistem Bertingkat

Pengujian performansi pirolisator yang dilakukan berfokus pada temperatur, volume dan waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan asap cair dan arang. Ada beberapa parameter uji yang dilakukan antara lain pengamatan suhu, laju pemanasan, rendemen arang dan rendemen asap cair. Proses pengujian performansi pirolisator dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Proses Pengujian Pirolisator.

3.2. Pengamatan Suhu Pirolisis

Pengamatan dilakukan setiap 30 menit dengan cara melihat besarnya temperatur didalam reaktor pirolisis, dengan menggunakan thermometer. Hasil pengukuran suhu selama penelitian seperti terlihat pada tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Suhu Pemanasan 2,5 Kg Tempurung Kelapa.

Waktu	Suhu (°C)		
	I	II	III
00.00	32	32	32
00.30	170	170	150

Waktu	Suhu (°C)		
01.00	245	240	240
01.30	280	300	300
02.00	340	340	340

Catatan:

- Waktu pirolisis selama 2 jam.
- Temperatur yang dibutuhkan untuk menghasilkan asap cair dimulai pada temperatur 110°C,
- Temperatur 110°C dicapai dalam waktu 12 menit.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Suhu Pemanasan 5 Kg Tempurung Kelapa.

Waktu	Suhu (°C)		
	I	II	III
00.00	32	32	32
00.30	160	160	160
01.00	180	180	180
01.30	220	220	220
02.00	260	260	260
02.30	300	340	340
03.00	340	340	340

Catatan: Waktu pirolisis selama 3 jam

Tabel 41. Hasil Pengamatan Suhu Pemanasan 10 Kg Tempurung Kelapa.

Waktu	Suhu(°C)		
	I	II	III
00.00	32	32	32
00.30	110	110	110
01.00	150	150	150
01.30	170	175	175
02.00	200	200	200
02.30	240	240	240
03.00	270	270	270
03.30	300	300	300
04.00	300	300	300
04.30	340	340	340
05.00	340	340	340

Catatan: Waktu pirolisis selama 5 jam

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, diketahui temperatur yang dibutuhkan untuk menghasilkan asap cair dimulai pada temperatur 110°C, pada perlakuan I dan II dibutuhkan waktu 12 menit untuk mencapai temperatur 110°C, sedangkan pada perlakuan III membutuhkan waktu 20 menit. Untuk menghasilkan asap cair yang maksimal dilakukan pada temperatur 200-300°C. karena jika suhu dibawah 200°C, asap cair yang dihasilkan lebih sedikit. Fluktuasi suhu atau temperatur maksimal yang dicapai oleh pirolisator ini sebesar 340°C, pada temperatur ini tempurung kelapa kering sudah berubah menjadi arang. Ketika tempurung kelapa menjadi arang, maka proses pirolisis dihentikan, karena berpengaruh terhadap hasil asap cair.

3.3. Laju Pemanasan

Perhitungan laju pemanasan adalah proses perhitungan dengan cara membandingkan bobot/massa bahan baku tempurung kelapa dengan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pirolisis. Pengukuran massa bahan baku tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan timbangan digital, sedangkan lamanya waktu dihitung menggunakan *stopwatch*.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat, berat massa tempurung kelapa yang digunakan untuk proses pembuatan asap cair berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan. Semakin besar massa bahan baku tempurung kelapa menyebabkan waktu pembakaran semakin meningkat.

Perlakuan A

Massa tempurung kelapa yang digunakan sebanyak 2,5 kg, sedangkan waktu yang diperlukan dalam proses pembakaran adalah 2 jam. maka laju pemanasan pirolisator pada perlakuan I adalah :

$$Bbt_1 = \frac{2,5 \text{ kg}}{2 \text{ jam}} = 1,25 \text{ kg/jam}$$

Perlakuan B

Massa tempurung kelapa yang digunakan sebanyak 5 kg, sedangkan waktu yang diperlukan dalam proses pembakaran adalah 3 jam. maka laju pemanasan pirolisator pada perlakuan II adalah;

$$Bbt_2 = \frac{5 \text{ kg}}{3 \text{ jam}} = 1,7 \text{ kg/jam}$$

Perlakuan C

Massa tempurung kelapa yang digunakan sebanyak 10 kg, sedangkan waktu yang diperlukan dalam proses pembakaran adalah 5 jam. maka laju pemanasan pirolisator pada perlakuan III adalah;

$$Bbt_3 = \frac{10 \text{ kg}}{5 \text{ jam}} = 2 \text{ kg/jam}$$

Dari hasil perhitungan laju pemanasan, diperoleh nilai laju pemanasan terbesar yaitu dengan menggunakan 10 kg.

3.4. Rendemen Asap Cair

Untuk mendapatkan rendemen asap cair maka variabel yang diukur adalah membandingkan volume asap cair yang dihasilkan dengan massa tempurung kelapa yang digunakan. Selanjutnya dengan menggunakan gelas ukur, dilakukan pengukuran pada banyaknya asap cair yang dihasilkan. Dengan skala 100 ml. Sedangkan untuk mengukur berat tempurung kelapa menggunakan timbangan digital. Hasil rendemen asap cair dari setiap perlakuan seperti terlihat pada **Tabel 5**.

Tabel 52. Rendemen Asap Cair.

Perlakuan	Ulangan	Massa asap cair (liter)	Rendemen (%)
A	I	0,6	24
	II	0,5	20
	III	0,6	24
	Rerata	0,57	22,7
B	I	1,2	24
	II	1,1	22

Perlakuan	Ulangan	Massa asap cair (liter)	Rendemen (%)
C	III	1,1	22
	Rerata	1,13	22,7
	I	2,4	24
	II	2,3	23
	III	2,4	24
	Rerata	2,37	23,7

Dari hasil pengujian yang dilakukan, menjelaskan bahwa nilai rendemen asap cair terbesar diperoleh dari perlakuan dengan menggunakan bahan baku tempurung kelapa sebanyak 10 kg, yang artinya rendemen asap cair dipengaruhi oleh temperatur pirolisis. Seperti yang diketahui sebelumnya Temperatur untuk menghasilkan asap cair maksimal pada pirolisator ini adalah antara 200-300°C, jadi semakin lama proses pirolisis pada temperatur 200-300°C menyebabkan penguraian senyawa kimia pada tempurung kelapa lebih sempurna. Dengan demikian maka asap cair yang dihasilkan lebih banyak.

Selain temperatur pada reaktor pirolisis, sistem kondensasi juga mempengaruhi besarnya rendemen asap cair. apabila sistem kondensasi tidak sempurna dalam menyerap kalor dari asap hasil pembakaran, maka akan menyebabkan asap tidak terkondensasi menjadi cairan melainkan ikut keluar melalui keran destilasi.

3.5. Rendemen Arang

Sama halnya dengan pengujian rendemen asap cair, pengujian rendemen arang bertujuan untuk mengetahui kinerja pirolisator pada penelitian dalam menghasilkan arang. Rendemen arang didapat dari perbandingan massa arang dengan massa tempurung kelapa. Alat untuk mengukur massa bahan baku tempurung kelapa dan massa arang yang dihasilkan menggunakan timbangan digital. Hasil rendemen arang seperti terlihat pada **Tabel 8**.

Tabel 83. Rendemen Arang.

Perlakuan	Ulangan	Massa Arang (kg)	Rendemen (%)
A	I	0,9	36
	II	0,7	28
	III	1	40
	Rerata	0,87	35
B	I	1,8	36
	II	1,8	36
	III	2,2	44
	Rerata	1,9	38
C	I	4,3	43
	II	4,8	48
	III	4,6	46
	Rerata	4,6	46

Pembakaran yang tidak sempurna pada tempurung kelapa akan menghasilkan arang tempurung. Proses pembakaran akan menjadi karbon dioksida karena tidak teroksidasinya karbon kompleks. (Tumbel et al., 2019). Hasil pengujian yang dilakukan, menunjukkan hasil rendemen arang yang bervariasi sesuai dengan banyaknya tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan baku, karena nilai rendemen arang akan semakin tinggi jika tempurung kelapa yang digunakan semakin banyak.

Dari hasil pengujian performansi yang dilakukan, terlihat perbandingan waktu, laju pemanasan, rendemen asap cair dan rendemen arang yang cukup besar antara pembakaran bahan baku tempurung kelapa 2,5 kg, 5 kg dan 10 kg. hal ini tentu dipengaruhi oleh suhu pemanasan yang sama untuk tiap jumlah bahan baku sementara lama proses pirolisis dilakukan berbeda-beda.

Nilai terbesar pengujian performansi pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat pada penelitian ini adalah yang dilakukan dengan menggunakan bahan baku tempurung kelapa sebanyak 10 kg, dengan hasil laju pemanasan sebesar 2 kg/jam, rendemen asap cair sebesar 23,7%, dan rendemen arang sebesar 46%, sehingga menjelaskan bahwa pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat sangat tepat untuk digunakan pada industri asap cair.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat dan pengujian asap cair dari bahan baku tempurung kelapa, dapat disimpulkan bahwa, Pirolisator dengan sistem kondensasi bertingkat sangat tepat untuk digunakan pada industri asap cair, karena dapat menghasilkan rendemen asap cair sebesar 23,7% atau 2,3 liter dalam waktu 5 jam dari bahan baku tempurung kelapa sebanyak 10 kg.

Daftar Pustaka

- Anggraini, S. P. A., & Yuniningsih, S. (2017). Optimalisasi penggunaan asap cair dari tempurung kelapa sebagai pengawet alami pada ikan segar. *Jurnal Reka Buana*, 2(1), 11–18.
- BPOM. (2013). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2013 Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pengawet*.
- Jayanudin, Suhendi, E., Uyun, J., & Supriatna, A. H. (2012). Pengaruh Suhu Pirolisis Dan Ukuran Tempurung Kelapa Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Asap Cair Sebagai Pengawet Alami. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(1), 46–55.
- Ketut Budaraga, I., Arnim, Marlida, Y., & Bulanin, U. (2016). Analysis of liquid smoke chemical components with GC MS from different raw materials variation production and pyrolysis temperature level. *International Journal of ChemTech Research*, 9(6), 694–708.
- Mentari, E. P. (2017). *Pembuatan dan Pengujian Asap Cair dari Tempurung Kelapa dan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pengawet Ikan*.
- Nasional, B. S. (2009). *SNI 2725.1:2009*.
- Rasi, A. J. L., & Seda, Y. P. (2014). Potensi Teknologi Asap Cair Tempurung Kelapa terhadap Keamanan Pangan. *Publikasi Universitas Tribhuwana Tungadewi*, 3(2), 1–10.
- Tumbel, N., Makalalag, A. K., & Manurung, S. (2019). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi. *Penelitian Teknologi Industri*, 11(2), 83–92.
- Udyani, K., Ningsih, E., & Arif, M. (2018). Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VI*, 2013, 389–394.