

## RANCANG BANGUN UNIT PENGHASIL ASAP CAIR YANG TERINTEGRASI DENGAN PENERING KABINET

Hendri Syah, Sri Hartuti, Juanda

Program Studi Teknik Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Universitas Syiah Kuala, Nangroe Aceh Darussalam

### ABSTRACT

*Utilization of released heat energy from the condensation of liquid smoke has not been widely applied. Recently, the heat generated from the process was discharged and circulated into water as a cooling media. This research aimed to design and test a functional of liquid unit integrated with a dryer cabinet. The study consisted of three steps that include design (structural and functional design), manufacturing, and testing a functional of results designed. This research and development produced liquid smoke integrated with the dryer cabinet. This machine consisted of four main components including tube of pirolisator, heat exchanger, condenser and dryer cabinet. Based on the functional test, this machine had been able to produce liquid smoke ranged from 2300 to 3182 ml for 5 hours burning process of coconut shells. The first container was a container that received much more liquid smoke compared with the second container 2. This research revealed that condensation process occurs more frequently in the heat exchanger pipe.*

**Keywords :** pirolisator, liquid smoke, structural design, functional test

### PENDAHULUAN

Proses pembuatan asap cair banyak dilakukan oleh masyarakat sebagai usaha pemanfaatan limbah biomassa agar bermanfaat dan memiliki nilai komersial. Menurut Pszczola (1995), asap cair diperoleh dengan cara destilasi kering bahan baku asap minyaknya batok kelapa, sabut kelapa, atau kayu pada suhu 400°C selama 90 menit lalu diikuti dengan peristiwa kondensasi dalam kondensor berpendingin air. Asap cair memiliki kegunaannya pada industri pangan yaitu sebagai pengawet bahan pangan karena sifat antimikroba dan antioksidan (Zaman, 2007), sedangkan menurut Simon dkk. (2005), asap cair memiliki banyak kelebihan diantaranya adalah mudah diaplikasikan penggunaannya, flavor produk lebih seragam, dapat dipakai berulang-ulang, sangat efisien dalam pemakaiannya, dapat digunakan untuk bahan pangan, polusi lingkungan dapat diminimalkan dan yang paling penting senyawa karsinogen yang terbentuk dapat dihilangkan.

Proses pembuatan asap cair menggunakan proses pirolisis yaitu proses penguraian senyawa-senyawa pada bahan baku menggunakan panas yang kemudian diembunkan menjadi kondensat (asap cair). Menurut Abdullah., dkk (1991), penyediaan panas untuk proses pirolisis dapat dilakukan melalui beberapa alternatif diantaranya dari luar sistem dan dengan membakar sebagian umpan (bahan baku). Proses pirolisis dengan menggunakan panas dari luar dengan cara memasukkan bahan baku ke dalam tabung pirolisis kemudian dipanaskan dimana bahan tidak berhubungan dengan udara luar. Cara ini membutuhkan banyak bahan bakar seperti minyak tanah atau gas, sehingga untuk produksi asap cair skala kecil lebih banyak mengeluarkan biaya produksi. Sedangkan proses pirolisis dengan membakar sebagian bahan di dalam tabung lebih sedikit bahan bakar yang dibutuhkan.

Bagian penting dari proses pembuatan asap cair adalah proses perubahan fase asap menjadi cair dengan cara pelepasan panas asap yang dikenal dengan proses kondensasi. Selama ini, seluruh proses kondensasi menggunakan media air yang disirkulasi menggunakan pompa. Panas yang dibuang melalui proses kondensasi ini belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber panas untuk proses yang lain. Pada penelitian ini dilakukan desain unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan penering kabinet, dimana panas asap dimanfaatkan sumber panas untuk penering

melalui alat penukar panas. Proses penyatuan antara unit penghasil asap cair dengan pengering kabinet sebagai usaha pemanfaatan limbah panas dari proses kondensasi sehingga mengurangi energi untuk proses sirkulasi air menggunakan pompa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain dan menguji fungsional unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Waktu dan Tempat Penelitian

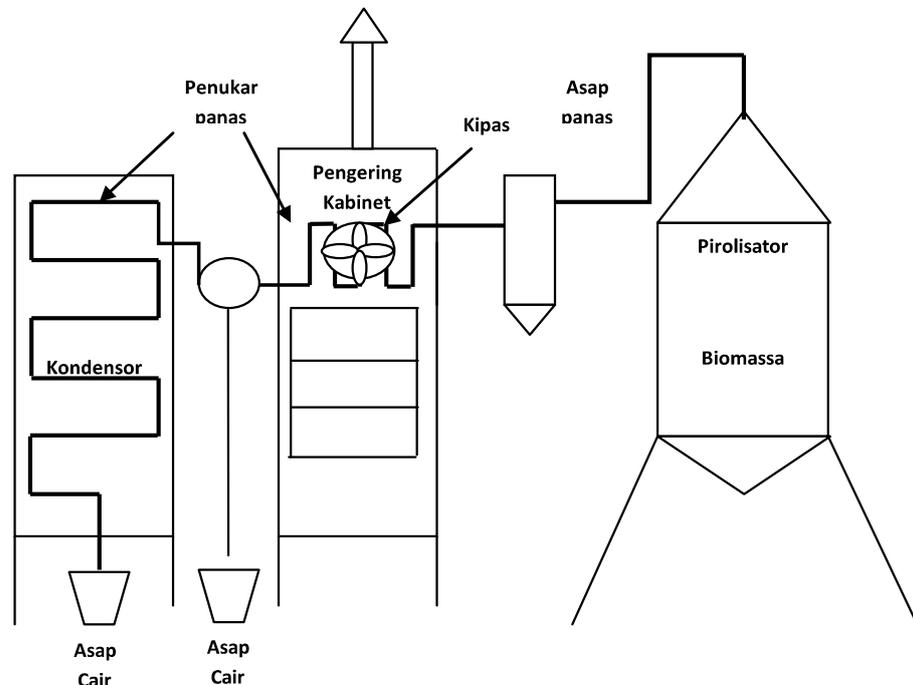
Penelitian ini dilakukan dari Bulan Mei hingga Bulan Oktober 2013 dengan lokasi penelitian di Laboratorium Perbengkelan Pertanian, Laboratorium Teknik Pasca Panen Jurusan Teknik Pertanian Unsyiah dan CV. Oryza Lampineung Banda Aceh.

#### Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang digunakan untuk pembuatan unit penghasil asap cair adalah besi siku, besi segi empat, plat *stainless steel*, pipa *stainless steel*, plat besi, drum bekas, asbes gulung, cat, blower, kipas aksial, plat *stainless steel* berlubang, sambungan pipa *stainless steel*, pipa besi, dan plat alumenium. Bahan yang digunakan untuk rancang bangun pengering kabinet adalah besi siku, plat alumenium, balok kayu, triplek, kawat kasa alumenium, cat, pegangan pintu, plat besi, dan besi *hollow*. Bahan umum yang digunakan adalah bahan-bahan pertukangan (paku, baut, rivet, mata bor, tabung gas argon, dan elektroda (bahan las). Peralatan yang digunakan dalam rancang bangun ini adalah peralatan las listrik dan argon, peralatan bengkel (palu, gergaji, tang, obeng, pemotong plat), sedangkan bahan dan peralatan yang digunakan untuk pengujian fungsional adalah temperung kelapa gelas ukur, timbangan (skala: 10 kg), dan *stopwatch*.

#### Desain dan Pembuatan

Penentuan kriteria desain berdasarkan prinsip kerja unit penghasil asap cair yang ingin dibuat sebagai dasar perancangan. Skema alat dibuat dahulu agar dapat mengetahui diagram alir dan prinsip kerja alat. Skema yang diusulkan adalah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema sistem unit penghasil asap cair dan pengering kabinet yang dirancang

### Perancangan (Desain)

Perancangan meliputi rancangan fungsional untuk menentukan fungsi dari komponen utama dari alat serta rancangan struktural untuk menentukan bentuk, bahan serta tata letak alat yang didesain. Unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet yang dirancang terdiri dari empat bagian yaitu tabung pirolisator, pipa penukar panas, pengering kabinet, dan kondensor.

#### - Rancangan Fungsional

Fungsi dari komponen-komponen alat (unit penghasil asap cair dan pengering kabinet) yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan fungsional unit penghasil asap cair dan pengering kabinet

Bagian Alat	Fungsi
Rangka	Memperkokoh tabung pirolisator dan kondensor
Saringan	Untuk menyaring asap hasil pembakaran dari pirolisator
Pipa penghubung	Menyalurkan asap cair dari ruang pirolisis
Kipas sentrifugal	Mensuplai udara ke ruang pirolisis
Tabung pirolisator	Sebagai tempat ekstraksi asap cair dari biomassa (tempurung kelapa)
Lubang outlet	Tempat keluarnya arang hasil pembakaran
Lubang inlet	Tempat memasukkan bahan ke dalam ruang pirolisis
Insulasi	Mencegah kehilangan panas pada ruang pirolisis dan ruang pengering
Penukar panas	Tempat terjadinya perpidahan panas udara dari tabung pirolisator ke ruang pengering
Kipas aksial	Mendorong udara melewati pipa penukar panas
Pengering kabinet	Tempat proses pengeringan produk
Cerobong (pengering kabinet)	Tempat keluarnya udara lembab hasil pengeringan
Kondensor	Sebagai tempat terjadinya proses pengembunan asap menjadi cair
Wadah penampung I	Tempat menampung asap cair dari penukar panas
Wadah penampung II	Tempat menampung asap cair dari kondensor

#### - Rancangan Struktural

Rancangan struktural akan menjelaskan bahan dan ukuran dari pirolisator terpadu. Ukuran dari semua komponen berdasarkan *trial and error*, sedang bahan pembuatan berdasarkan kemudahan dalam memperoleh bahan tersebut dan juga berdasarkan sifat bahan seperti kekuatan, sifat kimia (korosif), sifat termal, dan sebagainya. Ukuran dan bahan dari tabung pirolisator dapat dilihat pada Tabel 2.

Bahan kondensor terbuat dari drum bekas dimana pada bagian dalamnya terdapat kumpulan pipa-pipa yang berbentuk spiral. Pipa-pipa tersebut terbuat dari *stainless steel* dengan diameter  $\frac{3}{4}$  inchi. Bak kondensor memiliki ukuran yaitu diameter 56 cm dan tinggi 86.6 cm serta kaki penyangga kondensor dengan tinggi dari tanah adalah 40.7 cm.

Tabel 2. Spesifikasi tabung pirolisator

Bagian Tabung	Keterangan
Lubang inlet	Ø 20 cm, tutup terbuat dari <i>stainless steel</i> bagian dalamnya terdapat packing asbes
Lubang outlet	Ø 20 cm, tutup terbuat dari <i>stainless steel</i> bagian dalamnya terdapat packing asbes
Tabung pirolisator	Terbuat dari <i>stainless steel</i> (warna dop) tebal 5 mm, Ø 50 cm, tinggi badan 100 cm, tinggi total 144 cm
Lubang asap	Ø 6 cm dan tinggi 8 cm
Kipas	Merk Tosita, kipas sentrifugal 3 inchi
Pipa penghubung	Terbuat dari <i>stainless steel</i> , Ø 3 inchi, kemiringan 15°
Kaki penyangga	Terbuat dari rangka besi, tinggi kaki penyangga 100 cm, kaki dilekatkan pada bagian badan pirolisator

Ukuran dan bahan untuk pengering kabinet dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Spesifikasi pengering kabinet

Bagian	Keterangan
Dinding pengering	Terbuat dari papan triplek dengan tebal 1 cm dan bagian dalamnya dilapisi plat alumenium tebal 1 mm
Badan pengering	Tinggi: 128 cm; lebar: 58 cm; dan panjang: 69 cm
Cerobong	Berbentuk segi empat, lebar 25 cm; panjang: 34.5 cm ; tinggi: 20 cm.
Rak pengering	Berjumlah 7 buah, terbuat dari kawat anyam alumenium, dan bingkai kayu
Kaki pengering	Jarak dari tanah: 40 cm

### Gambar Rekayasa

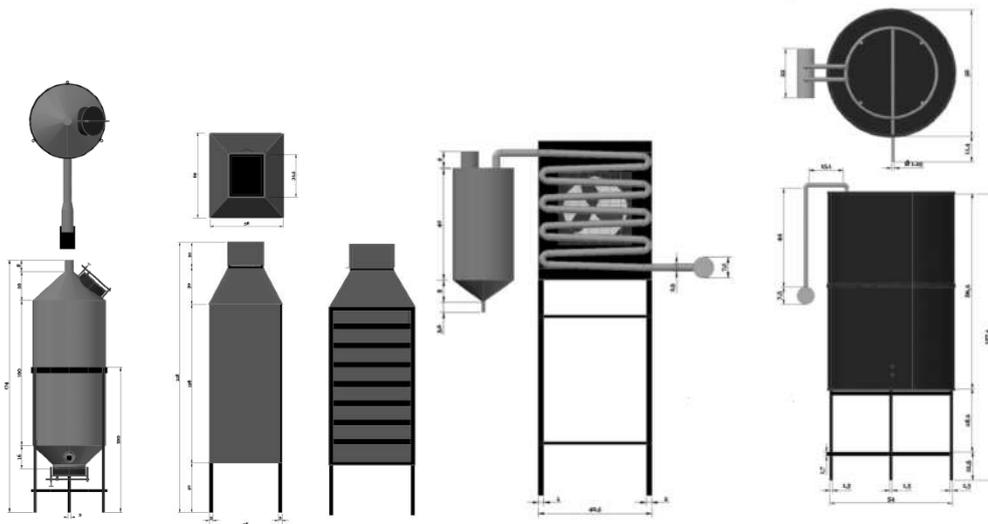
Gambar rekayasa dari alat yang dirancang berdasarkan kriteria desain yang telah ditetapkan. Gambar rekayasa memuat informasi ukuran serta letak dari komponen-komponen pada alat secara keseluruhan sehingga mencerminkan alat sesungguhnya yang akan dibuat.

### Pabrikasi dan perakitan

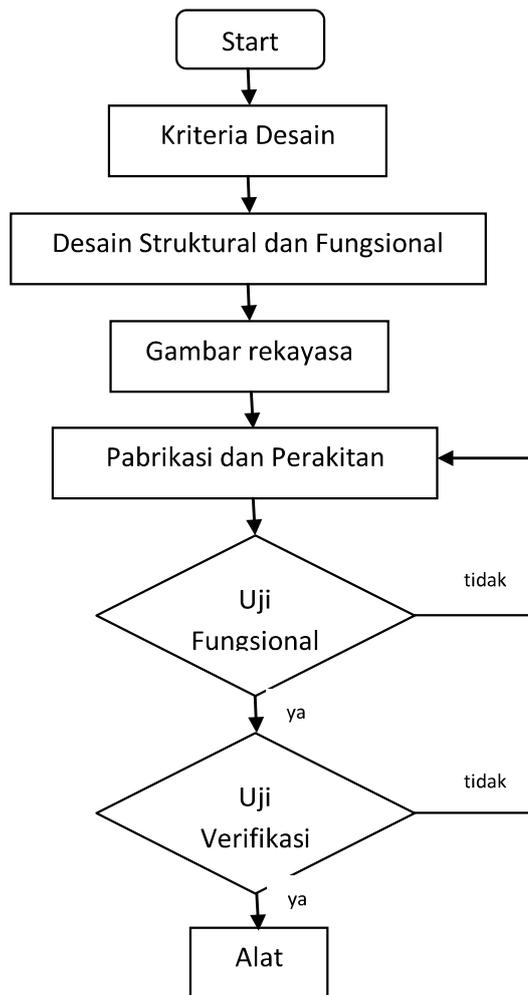
Pada tahap ini dilakukan pembuatan tabung pirolisator dan kondensor di bengkel Oryza Lampineung Banda Aceh, serta pengering kabinet dibuat di Laboratorium Perbengkelan Pertanian Unsyiah. Selanjutnya masing-masing alat yang telah selesai dipabrikasi dirangkai menjadi satu kesatuan.

### Uji Fungsional

Uji fungsional alat dilakukan untuk mengetahui alat yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik. Pengujian fungsional melihat produksi asap cair yang dihasilkan serta instrumen pendukung dapat bekerja dengan baik seperti kipas sentrifugal dan kipas aksial. Pengujian ini menggunakan 10 kg tempurung kelapa dengan tiga ulangan.



Gambar 2. Gambar rekayasa masing-masing komponen unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet



Gambar 3. Diagram alir rancang bangun

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Rancangan

Hasil rancangan dari penelitian ini adalah unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet. Alat ini memiliki empat bagian utama yaitu tabung pirolisator, pipa penukar panas, pengering kabinet, dan kondensor. Bagian dari unit penghasil asap cair yang disatukan dengan pengering kabinet adalah pipa penukar panas, dimana pipa penukar panas ini terletak pada bagian belakang pengering kabinet. Pipa penukar panas ini mengalirkan asap panas dari proses pembakaran biomassa di tabung pirolisator. Panas dari pipa penukar panas akan ditransferkan secara paksa menggunakan kipas aksial ke ruang pengering. Unit penghasil asap cair yang telah disatukan dengan pengering kabinet dapat dilihat pada Gambar 4. Tujuan dari penggabungan ini adalah panas yang dibuang dari proses kondensasi asap dimanfaatkan sebagai sumber panas pada pengering kabinet.



Gambar 4. Unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet (hasil rancangan)

Tabung pirolisator yang telah berhasil dirancang dan dibuat (pabrikasi) merupakan jenis pirolisator tipe *kiln* dengan proses pembakaran biomassa secara langsung di dalam tabung, hal ini berbeda dengan pirolisator yang sudah eksis saat ini dimana pembakarannya terjadi secara tidak langsung (pirolisator tipe *retort*). Proses pirolisis dengan pembakaran tidak langsung membutuhkan banyak bahan bakar (minyak/gas) untuk proses pemanasan dan penguraian biomasanya menjadi asap sedangkan pembakaran secara langsung membutuhkan sangat sedikit bahan bakar karena biomassa langsung dibakar di dalam tabung, agar pembakarannya sempurna dan menghasilkan asap yang banyak maka dibutuhkan aliran udara dari lingkungan ke dalam tabung pirolisator.

Pada proses pembuatan (pabrikasi), bahan yang digunakan untuk tabung pirolisator dan pipa-pipa penukar panas sebagian besar menggunakan *stainless steel*, hal ini dikarenakan kandungan asap cair bersifat asam (pH rendah) sehingga bahan *stainless steel* dirasa aman karena kemungkinan terjadi korosif dan bereaksi dengan bahan pembuat alat dapat dihindari. Menurut Edinov dkk. (2013), kandungan senyawa asap cair banyak mengandung senyawa asam, dimana asam palmitat paling banyak persentasenya yaitu sebesar 19.89%.

Tabung pirolisator merupakan tempat terjadinya proses pembakaran biomassa, dimana pada bagian ini terdiri dari beberapa bagian yaitu lubang inlet (lubang pengumpanan biomassa), lubang outlet (lubang pengeluaran arang), lubang asap, pipa penghubung, pipa aliran udara ke tabung, blower, kaki penyangga, dan plat berlubang sebagai pemisah antara ruang pembakaran dengan lubang outlet. Plat berlubang ini dapat dibuka dan ditutup dengan bantuan tuas, dimana pada saat proses pembakaran berlangsung plat dalam kondisi tertutup dan setelah pembakaran, plat ini dapat dibuka dengan bantuan tuas untuk mengeluarkan arang dari ruang pembakaran dan selanjutnya dikeluarkan melalui lubang outlet. Lubang asap merupakan tempat keluarnya asap dari tabung pirolisator dan berhubungan langsung dengan pipa penghubung.

Badan tabung pirolisator dan pipa penghubung dilapisi dengan insulasi yang terbuat dari asbes dengan tujuan agar kehilangan panas yang terjadi melalui dinding tabung dan pipa penghubung dapat dikurangi. Kipas yang terdapat pada tabung pirolisator dipilih dari kipas sentrifugal yang berfungsi mensuplai udara ke dalam ruang pirolisis sehingga pembakaran biomassa dapat terus berlanjut. Asap yang dihasilkan dari ruang pirolisis diharapkan akan bergerak melewati pipa penghubung menuju ke saringan.

Saringan pada pirolisator ini berfungsi untuk membuang debu yang terbang bersama asap sehingga asap yang mengalir ke pipa penukar panas bersih dari debu serta katoran sehingga jelaga yang akan timbul pada pipa penukar panas dapat dihindari. Akibat dari penebalan jelaga di dalam pipa penukar panas adalah menurunnya proses perpindahan panas sehingga panas yang keluar dari pipa berkurang. Saringan yang telah dirancang berbentuk silinder siklon dengan bahan terbuat dari plat *stainless steel* dengan tinggi 41 cm dan diameter 18 cm. Bentuk siklon yang dirancang bertujuan agar kecepatan debu yang keluar dari lubang saringan dapat dikurangi. Pada bagian atas dari saringan ini terdiri dari dua lubang yaitu lubang dari pipa penghubung dan lubang ke penukar panas. Lubang dari pipa penghubung berjumlah satu buah dengan diameter 3 inchi, sedangkan pipa ke penukar panas berjumlah 3 buah dengan masing-masing diameter 1 inchi. Pada bagian bawah dari saringan ini terdapat lubang sebagai tempat keluarnya debu dari hasil pembakaran yang telah menyatu dengan asap yang telah mencair (dikenal dengan tar).

Penukar panas merupakan bagian alat ini yang berfungsi tempat terjadinya transfer panas dari asap ke udara pada ruang pengering. Bagian ini terdiri dari kumpulan pipa-pipa *stainless steel* yang berukuran 1 inchi dengan 3 lapisan yang berada dalam rumah pipa (*shell*). Bagian sisi lain *shell* tersebut terdapat kipas aksial yang berfungsi mendorong udara luar melewati pipa-pipa tersebut. Kipas aksial yang digunakan berukuran 10 inchi. Dinding dari *shell* tersebut terbuat dari plat besi dengan ukuran tinggi 53 cm, lebar 43 cm dan panjang 45 cm. Pipa-pipa penukar panas bersambung langsung dengan saringan, dimana pada bagian saringan terdapat 3 pipa penghubung ke penukar panas. Pipa-pipa penukar panas ini dibuat berbentuk spiral dan 9 lewatan (*pass*) dengan tujuan untuk memperluas area perpindahan panas yang akan terjadi. Penukar panas

selanjutnya digabung dengan pengering kabinet yang posisinya berada pada bagian belakang pengering kabinet.

Pipa-pipa pada penukar panas ini berisikan asap panas dari proses pirolisis dimana pada bagian ini diharapkan suhu dari asap akan turun sehingga pada proses kondensasi asap menjadi cair lebih cepat. Proses perpindahan panas pada penukar panas ini dikenal juga dengan pre-kondensasi atau proses pengembunan awal.

Pipa-pipa penukar panas ini selanjutnya terhubung dengan wadah asap cair I, dimana wadah ini berbentuk tabung (posisi horizontal) yang terbuat dari *stainless steel* dimana pada bagian sampingnya terdapat 3 lubang dari penukar panas. Bagian ini berfungsi untuk menampung asap cair awal akibat asap yang lebih cepat berubah menjadi cair pada proses perpindahan panas di penukar panas. Pada bagian ini terdapat satu lubang pada bagian bawah yang berfungsi untuk mengalirkan asap cair secara gravitasi. Sedangkan asap yang belum mencair akan naik ke pipa bagian atas menuju kondensor. Jumlah pipa yang menuju kondensor berkurang jumlahnya menjadi 2 buah.

Kondensor yang dirancang pada penelitian ini menggunakan medium pendingin air yang tidak disirkulasikan. Bagian bawah dari kondensor terdapat dua lubang yaitu lubang pengeluaran asap cair menuju wadah 2 dan lubang pengeluaran air untuk pengurusan kondensor.

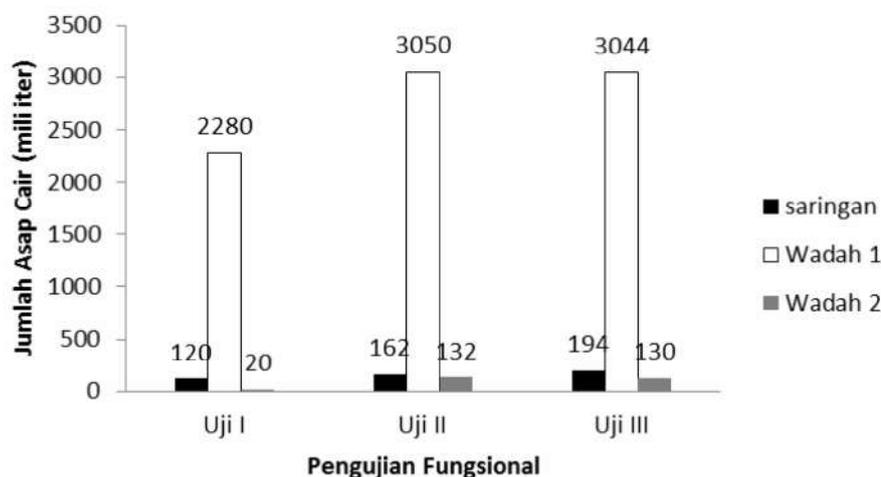
Alat yang diintegrasikan pada pirolisator adalah pengering kabinet, dimana sumber panas dari pengering berasal dari asap panas dari proses pirolisis. Ukuran dari pengering kabinet ditentukan secara *trial and error* serta bahan pembuatannya berdasarkan kemudahan dalam memperolehnya serta tinjauan sifat bahan yaitu konduktivitas termal. Dinding pengering terbuat dari triplek dengan tujuan agar kehilangan panas yang terjadi dapat diminimalkan. Unit penghasil asap cair yang diintegrasikan dengan pengeringan kabinet hasil pabrikasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet (hasil pabrikasi)

### Uji Fungsional

Pengujian fungsional pirolisator yang terintegrasi dengan pengering kabinet dilakukan untuk melihat alat ini berfungsi dengan baik dalam menghasilkan asap cair. Setelah dilakukan uji fungsional sebanyak tiga kali (beban 10 kg), alat ini menghasilkan asap cair. Asap cair yang diperoleh dari alat ini berasal dari wadah 1 dan wadah 2. Sedangkan tar berbentuk cair diperoleh dari saringan. Jumlah asap cair yang diperoleh dari masing-masing bagian tersebut dapat pada Gambar 6. Secara umum unit penghasil asap cair sudah dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan asap cair.



Gambar 6. Hasil asap cair pengujian fungsional

Dari tiga kali pengujian terlihat bahwa jumlah asap cair yang dihasilkan pada wadah 1 lebih banyak dibandingkan wadah 2, sehingga dapat dilihat bahwa asap hasil pembakaran berubah menjadi cair lebih banyak terjadi di pipa-pipa penukar panas (pre-kondensasi) jika dibandingkan dengan pendinginan pada kondensator. Pada saat pengujian fungsional, saringan tidak mengeluarkan debu halus kering tetapi sudah bercampur dengan uap air sehingga wujudnya menjadi cair atau yang dikenal dengan tar. %. Jumlah tar yang dihasilkan pada bagian saringan terlihat bahwa jumlahnya tertinggi pada pengujian II dan III dibandingkan dengan pengujian I dimana masing-masing jumlahnya adalah 162 liter dan 194 liter. Asap cair yang diperoleh dari pengujian fungsional berkisar antara 2300 – 3182 ml.

Kelembaban relatif udara juga mempengaruhi jumlah asap cair yang dihasilkan, dimana prinsip dari alat ini adalah menarik udara luar yang dibutuhkan untuk pembakaran biomassa, semakin banyak uap air yang ditarik selama proses pembakaran maka akan semakin banyak asap cair yang dihasilkan. Pada pengujian II dan III, RH udara rata-rata yang terbaca masing-masing adalah 89% dan 87.9%, sedangkan RH udara rata-rata pada pengujian I adalah 67.5%. Kelemahan dari alat ini adalah uap air di udara dapat mempengaruhi jumlah asap cair yang dihasilkan, berbeda dengan pirolisator tipe retort dimana udara luar tidak kontak dengan bahan selama proses pirolisis. Kadar air tempurung yang digunakan pada pengujian fungsional ini adalah 13-14%, menurut Hanendyo (2005), semakin besar kadar air bahan yang digunakan semakin besar rendemen asap cair yang dihasilkan.

Kecepatan udara yang dihasilkan oleh blower adalah 13 m/s dengan debit udara yang dibawa ruang pirolisator adalah 0.78 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan kecepatan udara yang diperoleh dari kipas aksial pada penukar panas yaitu sebesar 0.8 m/s yang membawa udara ke ruang pengering. Pengujian ini dihentikan berdasarkan jumlah asap yang keluar dari pipa pada wadah I dan II yang sudah menipis. Lamanya pengujian fungsional untuk 10 kg tempurung kelapa adalah 5 jam. Marasabessy (2007), melakukan pembuatan asap cair dengan pirolisator tipe retort dimana dengan bertambahnya waktu pirolisis volume asap cair cenderung menurun bahkan sampai akhir pirolisis (300 menit) asap cair tidak keluar lagi.

## KESIMPULAN

1. Desain dan rekayasa unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet telah selesai dilakukan melalui tahapan perancangan dan pabrikasi dengan empat bagian utama yaitu tabung pirolisator, pipa penukar panas, pengering kabinet, dan kondensator.

2. Sebagian besar bahan konstruksi unit penghasil asap cair yang terintegrasi dengan pengering kabinet menggunakan *stainless steel* yang tahan terhadap korosif dari asap cair yang dihasilkan.
3. Berdasarkan uji fungsional, alat yang dirancang telah dapat menghasilkan asap cair dengan volume berkisar antara 2300 – 3182 ml, dimana wadah 1 merupakan tempat yang paling banyak menampung asap cair.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Abdul Kohar, I., Nirwan Siregar, Endah A, Armansyah T., M. Yamin, Edy H., Y. Aris Purwanto. 1991. Energi dan Listrik Pertanian. IPB. Bogor.
- Edinov, S, Yelfrida, Indrawati, dan Refilda. 2013. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa pada Pembuatan Ikan Kering dan Penentuan Kadar Air, Abu, serta Proteinnya. Jurnal Kimia Unand Vol.2 Nomor: 2 Mei 2013.
- Hanendyo C. 2005. Kinerja Alat Ekstraksi Asap Cair Dengan Sistem Kondensasi. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor.
- Marasabessy I. 2007. Produksi Asap Cair dari Limbah Pertanian dan Penggunaannya Dalam Pembuatan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Asap. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Pszczola D.E. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke-Based Flavors. Food Technol. 49(1); 70-74.
- Simon R, Calle B, Palme S, Meler D, Anklam E. 2005. Composition and Analysis of Liquid Smoke Flavouring Primary Products. *J. Food Sci.* 28: 871-882.
- Zaman, M. 2007. Penanggulangan dan Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Melalui Proses Pirolisa. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

