

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**PENGEMBUNAN ASAP CAIR DARI PENGARANGAN  
TEMPURUNG KELAPA DENGAN KONDENSASI  
PARSIAL BERTINGKAT**

Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Oleh

Ketua : Martomo Setyawan, S.T., M.T. / 0517037202

Anggota : Dr. Maryudi, S.T., M.T. / 0514017401

**UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN  
NOPEMEBR 2015**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul : Pengembunan Asap Cair dari Pengarangan Tempurung Kelapa dengan Kondensasi Parsial Bertingkat

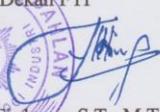
**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : MARTOMO SETYAWAN S.T., M.T.  
Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan  
NIDN : 0517037202  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Kimia  
Nomor HP : 0811267050  
Alamat surel (e-mail) : martomo1234@gmail.com

**Anggota (1)**

Nama Lengkap : MARYUDI S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN : 0514017401  
Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan  
Institusi Mitra (jika ada) : -  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 55.000.000,00  
Biaya Keseluruhan : Rp 141.125.000,00

Mengetahui,  
Dekan FTI



(Kartika Firdausy, S.T., M.T.)  
NIP/NIK 60020393

Yogyakarta, 4 - 11 - 2015  
Ketua



(MARTOMO SETYAWAN S.T., M.T.)  
NIP/NIK 60970162

Menyetujui,  
Ketua LPP



(Dr. Widodo, M.Si)  
NIP/NIK 196002211987091001



**UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

KAMPUS 1 : Jalan Kapas 9, Semaki Yogyakarta 55166  
KAMPUS 2 : Jalan Pramu'ta 42, Sidikan, Yogyakarta 55161  
KAMPUS 3 : Jalan Prof. Dr. Soepomo, SH., Warungboto, Yogyakarta 55164  
KAMPUS 4 : Jalan Kolektor Ringroad Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta  
KAMPUS 5 : Jalan Ki Ageng Pemanahan 19, Sorosutan, Yogyakarta  
TELEPON : (0274) 563515, 511830, 379418, 371120 Fax. (0274) 564604

**SURAT PERNYATAAN**  
**TELAH MENYELESAIKAN SELURUH PEKERJAAN**  
**HIBAH PENELITIAN DESENTRALISASI TAHUN 2015**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : Martomo Setyawan, S.T., MT.  
Jabatan : Dosen/Peneliti  
Skim : Hibah Bersaing  
Judul : Pengembunan Asap Cair dari Pengarangan Tempurung Kelapa dengan  
Kondensasi Parsial Bertingkat

Dengan ini menyatakan bahwa, saya telah menyelesaikan seluruh pekerjaan penelitian dan telah menyusun Laporan Hasil Penelitian Desentralisasi Dikti Tahun Anggaran 2015 dengan judul dan skim sebagaimana tersebut di atas.

Demikian Pernyataan ini saya buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



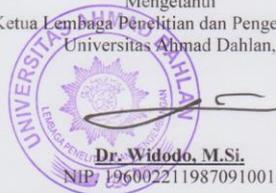
Mengetahui  
Dekan,

Kartika Eirdausy, ST., MT.  
NIP/NIP: 60020393

Yogyakarta, 05 Nopember 2015  
Ketua Peneliti

Martomo Setyawan, S.T., MT.  
NIP/NIP: 60970162

Mengetahui  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengembangan  
Universitas Ahmad Dahlan,



Dr. Widodo, M.Si.  
NIP. 196002211987091001

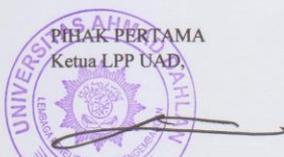
**BERITA ACARA**  
**SERAH TERIMA LAPORAN PENGGUNAAN KEUANGAN 100%**  
**HIBAH DESENTRALISASI PENELITIAN**  
**TAHUN 2015**

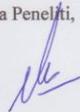
Pada hari ini **Kamis** tanggal **Dua puluh lima** bulan **November** tahun **Dua ribu lima belas (25-11-2015)**, bertempat bertempat di Kantor Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Ahmad Dahlan (LPP UAD), Jalan Gondosuli No. 1 Yogyakarta telah diadakan serah terima Laporan Penggunaan Keuangan 100% Hibah Desentralisasi Penelitian Dikti Tahun Anggaran 2015 sebagai berikut.

1. Nama : **Dr. Widodo, M.Si.**  
Jabatan : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengembangan (LPP)  
Universitas Ahmad Dahlan  
Selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**
  
2. Nama : **Martomo Setyawan, S.T., M.T.**  
Jabatan : Dosen/Peneliti  
Skim : Penelitian Hibah Bersaing (PHB)  
Judul Penelitian : Pengembunan Asap Cair dari Pengarangan Tempurung Kelapa ~~terang~~  
Kondensasi Parsial Bertingkat  
Selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA.**

PIHAK KEDUA **telah menyerahkan** Laporan Penggunaan Keuangan 100% Hibah Penelitian Desentralisasi Dikti Tahun Anggaran 2015 dari PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA **telah menerima** berkas tersebut sesuai dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian (SP3) Desentralisasi Dikti Tahun Anggaran 2015 Nomor: PHB-018/SP3/IV/2015 tanggal 1 April 2015 sebanyak 7 (tujuh) eksemplar.

Demikian Berita Acara ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

  
**Dr. Widodo, M.Si.**  
NIP. 19600221 198709 1 001

PIHAK KEDUA  
Ketua Peneliti,  
  
**Martomo Setyawan, S.T., M.T.**  
NIP/NIY : 60970162

**BERITA ACARA PENYELESAIAN PEKERJAAN (BAPP)**

**Nomor: BAPP- /SP3.DD/XI/2015**

Pada hari ini Kamis, tanggal lima bulan Nopember tahun Dua ribu lima belas (05-11-2015), kami yang bertandatangan di bawah ini:

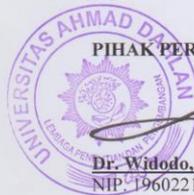
I. N a m a : Dr. Widodo, M.Si.  
Jabatan : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Ahmad Dahlan (LPP UAD).

Selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**

II. Nama : Martomo Setyawan, S.T., MT.  
Jabatan : Dosen/Peneliti  
Skim : Hibah Bersaing  
Judul Penelitian : Pengembunan Asap Cair dari Pengarangan Tempurung Kelapa dengan Kondensasi Parsial Bertingkat

Selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

1. Dengan ini **PIHAK KEDUA** menyatakan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang telah dtugaskan oleh **PIHAK PERTAMA** berupa Penelitian Desentralisasi Dikti Tahun Anggaran 2015 sesuai dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian (SP3) Desentralisasi Dikti Tahun Anggaran 2015 Nomor: PHB-018/SP3/IV/2015 tanggal 1 April 2015.
2. **PIHAK PERTAMA** menerima hasil pekerjaan yang telah diselesaikan oleh **PIHAK KEDUA** sebagaimana tersebut di atas.



**PIHAK PERTAMA,**

**Dr. Widodo, M.Si.**  
NIP. 19602211987091001

Yogyakarta, 05 Nopember 2015

**PIHAK KEDUA,**

**Martomo Setyawan, S.T., M.T.**  
NIP/NIY : 60970162

## **RINGKASAN**

Produksi arang baik berbahan baku kayu maupun tempurung kelapa merupakan salah satu pemecahan masalah energi nasional, disamping itu hasil samping berupa asap cair dapat digunakan untuk berbagai pengawet. Salah satu proses pembuatan asap cair setelah diembunkan dilakukan redistilasi, proses ini memerlukan energi yang banyak. Asap cair mengandung berbagai macam komponen sehingga perlu proses pengembunan parsial bertingkat sehingga menghemat proses pemurniannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi pengembun tegak pada proses pengembunan asap cair dari pengarangan tempurung kelapa. Penelitian dilakukan dengan mengarangkan sejumlah tempurung kelapa selanjutnya asap yang terbentuk dialirkan ke dalam berbagai konfigurasi pengembun miring dan pengembun tegak.

Hasil yang diperoleh apabila dilakukan dengan dua konfigurasi pengembun parsial tegak Diperoleh hasil embunan pada pengembun 1 berwarna hitam dan bercampur tar kental dan penembun 2 relatif lebih jernih dan bercampur tar lebih sedikit. Pengembunan dengan tiga konfigurasi pengembun Penggunaan 3 kombinasi pengembun tegak dapat dipisahkan tar kental di pengembun 1, embunan dan campuran tar di pengembun 2 dan embunan bebas tar di pengembun 3.

Kata Kunci : Asap Cair, Pengembun parsial, Konfigurasi pengembun

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah swt karena limpahan rahmatNya penelitian dengan judul Pengembunan Asap Cair dari Pengarangan Tempurung Kelapa dengan Kondensasi Parsial Bertingkat dapat dilaksanakan. Penelitian ini merupakan penelitian hibah bersaing yang dibiayai dari dana Ditlitabmas Dikti.

Dengan berjalannya penelitian dan laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dirjen Dikti.
2. Koordinator Kopertis Wilayah V.
3. Rektor UAD yang telah memfasilitasi penelitian ini.
4. Kepala Lembaga Pusat Penelitian UAD yang telah membantu dan memfasilitasi pengajuan proposal penelitian ini.
5. Dekan Fakultas Teknologi Industri UAD yang telah menyetujui pengajuan proposal ini.
6. Bapak Ibu Dosen Teknik Kimia UAD yang telah bersedia menjadi mitra diskusi.
7. Pihak-pihak yang telah membantu dan tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu berbagai masukan dari berbagai pihak untuk kesempurnaan penelitian ini kedepan sangat penulis harapkan.

Yogyakarta, 5 Nopember 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>VI</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>VII</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>VIII</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>IX</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>10</b>
A. Latar Belakang .....	10
B. Perumusan masalah.....	11
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>12</b>
A. Asap Cair.....	12
B. Panas Pengembunan.....	12
C. Pengembunan Asap Cair .....	13
D. Peta Jalan Penelitian.....	13
<b>BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
A. Tujuan penelitian.....	15
B. Manfaat Penelitian .....	15
<b>BAB IV. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
A. Skema Penelitian.....	16
<b>TAHUN PERTAMA .....</b>	<b>16</b>
B. Rencana Penelitian Tahun Pertama .....	17
<b>BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
<b>KESIMPULAN YANG DAPAT DIAMBIL DALAM PENELTIAN INI .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Skema Penelitian secara Umum .....	16
Gambar 2. Skema Penelitian Tahun 1 .....	17
Gambar 3. Rancangan alat percobaan .....	18
Gambar 4. Foto alat percobaan .....	19
Gambar 5. Grafik Hasil percobaan .....	20
Gambar 6. Skema alat pengembun tegak 2 tingkat .....	21
Gambar 7. Gambar Alat pengembun 2 tingkat .....	21
Gambar 8. Gambar penurunan suhu fungsi luas perpindahan panas .....	22
Gambar 9. Gambar pembagian zona pengembun .....	23
Gambar 10. Grafik perbandingan hasil embunan .....	23

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Data Hasil percobaan .....	11
-------------------------------------	----

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1, Buku Kas Umum	
Lampiran 2. Realisasi anggaran	
Lampiran 3. Rekapitulasi Anggaran	
Lampiran 4. Cash Flow	
Lampiran 5 . Bukti-bukti Nota , Kuitansi, SSP	

## BAB I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Salah satu sumber energy alternative yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan biomassa yang merupakan limbah dari berbagai macam industry. Salah satu potensi yang cukup besar adalah limbah padatan yang berasal dari industry berbasis kelapa berupa tempurung kelapa yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Pembuatan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif sudah banyak dikembangkan dan mnjadi industry sekala mikro, Pembuatan arang menghasilkan limbah berupa asap hasil pembakaran, Dampak asap yang terlepas ke udara dapat berdampak luas berupa polusi udara yang berakibat pada gangguan kesehatan manusia, berupa iritasi saluran pernafasan yang menyebabkan rasa tidak enak di saluran pernafasan dan dapat diikuti infeksi. Asap hasil pembakaran arang tempurung kelapa mengandung senyawa-senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, Untuk dapat memanfaatkan senyawa hasil pembakaran tempurung kelapa maka asap tersebut harus diembunkan sehingga terbentuk asap cair. Pemanfaat asap cair antara lain untuk pengawet makanan karena asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan aman sebagai pengawet alami. Asap cair dapat juga digunakan untuk bahan anti rayap dalam industri kayu.

Pengembunan asap menjadi asap cair sebagai merupakan nilai lebih dari industry pembuatan arang, selama ini teknologi yang berkembang adalah pengambilan asap dengan diembunkan dengan pengembun total, selanjutnya embunan yang dihasilkan diuapkan ulang pada suhu antara 100-120 °C dan diembunkan kembali. Penelitian oleh beberapa peneliti di UAD telah meneliti proses pembuatan arang tempurung kelapa yang terintegrasi dengan pengembunan asap cair dalam sekala laboratorium ( Jamilatun, 2010). **Proses pengambilan asap cair yang telah dilakukan adalah dengan mengembunkan asap cair kemudian didistilasi ulang, proses ini memerlukan waktu yang lama dan energy yang besar. Pada**

**penelitian ini diajukan proses pengambilan asap cair yang lebih cepat dan hemat energy yaitu dengan mengembunkan asap secara parsial dengan beberapa pengembun yang disusun secara seri.** Pengembun parsial dirancang tercapai kondisi setimbang uap-cair. Pengembunan parsial akan mengembunkan sebagian komponen asap dan meneruskan sebagian gas yang ada, dengan mengatur suhu pada setiap pengembun parsial maka dapat diembunkan komponen asap cair dengan titik didih tertentu.

### **B. Perumusan masalah**

Pengambilan asap cair dari pengarangan tempurung kelapa dengan kondensasi total dilanjutkan redistilasi memerlukan waktu panjang dan energy yang banyak, perlu dilakukan inovasi untuk mempercepat proses dengan pengembunan parsial secara seri, dengan cara ini tidak diperlukan energy untuk menguapkan kembali pada proses redistilasi.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Asap Cair**

Asap cair diproduksi dengan pengembunan bertingkat, pada suhu 300-450 °C asap hasil pembakaran tempurung kelapa keluar dari dapur dan didinginkan sampai suhu 150 -200 °C maka tar yang pekat akan mengembun dan selanjutnya didinginkan sampai 80 dan 120 °C maka tar yang lebih ringan akan mengembun, selanjutnya asap cair jernih didinginkan sampai suhu 30 °C. (Smith, 1982)

### **B. Panas Pengembunan**

Proses pengembunan terjadi ketika suatu uap berada dalam kondisi jenuh dan diambil panasnya. Uap yang berada dalam kondisi lewat panas atau suhunya diatas suhu jenuhnya untuk dapat menjadi cair maka harus didinginkan sampai keadaan jenuh, selanjutnya setelah sampai kondisi jenuh panas yang diambil digunakan untuk mengubah fase uap menjadi fase cair. Selanjutnya setelah menjadi cair panas yang diambil digunakan untuk menurunkan suhu cairannya. Sehingga jumlah panas yang diambil dapat dihitung sebagai berikut.

#### **Panas penurunan suhu uap (Q1)**

$$Q_1 = m \cdot c_{pu} (T_2 - T_1)$$

#### **Panas Perubahan Fase (Q2)**

$$Q_2 = m \lambda$$

#### **Panas penurunan suhu cairan(Q3)**

$$Q_3 = m c_{pl} (T_3 - T_2)$$

Dengan Q : panas yang diambil

$m$ : massa uap/massa cairan yang mengembun

$C_{pu}$  : Kapasitas panas uap

$C_{pl}$  : Kapasitas panas uap

$T$  : Suhu

$\lambda$  : Panas penguapan

### **C. Pengembunan Asap Cair**

Pembuatan asap cair dilakukan dengan pirolisis sehingga terjadi dekomposisi karena panas pada suhu 400-500 °C, kemudian diikuti dengan penyemprotan air untuk mengambil asap yang terbentuk, kemudian fraksi berat dan fraksi ringan dipisahkan dengan perbedaan densitas. Asap cair yang terjadi di proses dengan fraksinasi berdasarkan titik didih sehingga diperoleh kondensat (Van Loo, EJ., dkk, 2012)

Pengembunan asap cair dilakukan dengan mengembunkan seluruh bahan yang dapat mengembun diatas suhu kamar dengan alat pengembun total, kemudian dilakukan distilasi ulang untuk memisahkan antara tar yang memiliki titik didih tinggi dengan komponen yang memiliki titik didih rendah ( Jamilatun, dkk, 2013).

Pembuatan arang secara slow pyrolysis merupakan proses dengan efisiensi energy yang rendah, dengan pengendalian proses berbasis produk pirolisis dapat dikembangkan proses sesuai hasil yang diinginkan baik arang maupun asap cair yang dihasilkan (Ronnse, F., dkk, 2013)

### **D. Peta Jalan Penelitian**

Penelitian berkaitan pembuatan arang kelapa dan asap cair yang telah dilakukan adalah mencari luas permukaan pengembun total yang optimal tahun 2010, selanjutnya upaya penjernihan asap cair yang terbentuk dengan penambahan proses distilasi terhadap asap cair

yang telah terembunkan dalam pengembun total. Pengambilan asap cair berdasarkan pada beberapa titik didih dalam sebuah pengembun total.

Selanjutnya penelitian yang akan dikembangkan 2 tahun kedepan adalah : pengambilan asap cair dengan pengembun partial bertingkat dimana dalam setiap stage pengembunan dibuat kondisi setimbang, sehingga proses ini mirip redistilasi dengan umpan fase uap, sehingga proses pengembunan asap cair ini tidak membutuhkan panas, dan berlangsung dalam satu proses. Penelitian selanjutnya adalah pengembangan kapasitas proses untuk skala industry mikro mengingat banyaknya industri pembuatan arang, sehingga dalam 2 tahun kedepan alat ini dapat diterapkan secara luas.

## **BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **A. Tujuan penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Menentukan fraksi asap cair berdasarkan kisaran titik didihnya
2. Mendapatkan rancangan dan prototype alat pengambilan asap cair dengan beberapa pengembun parsial secara seri

### **B. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini sangat penting dan memiliki kontribusi sebagai berikut

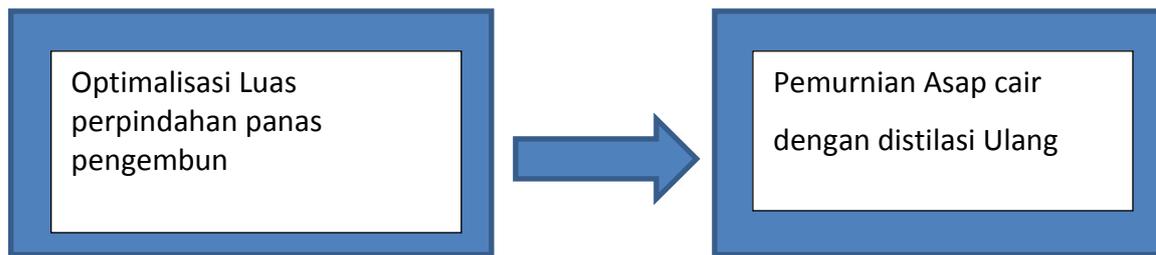
1. Dari segi ilmu pengetahuan dapat dijadikan dasar perancangan proses pembuatan arang dan pengembun asap cair secara komersial.
2. Dari segi lingkungan penelitian ini dapat melahirkan proses pengolahan limbah tempurung kelapa yang ramah lingkungan.
3. Untuk kepentingan umat manusia penelitian ini dapat mengolah limbah pembuatan tempurung kelapa menjadi produk yang bermanfaat.
4. Dapat meningkatkan prekonomian para pembuat arang karena adanya produk samping yang laku dijual.

## BAB IV. METODE PENELITIAN

### A. Skema Penelitian

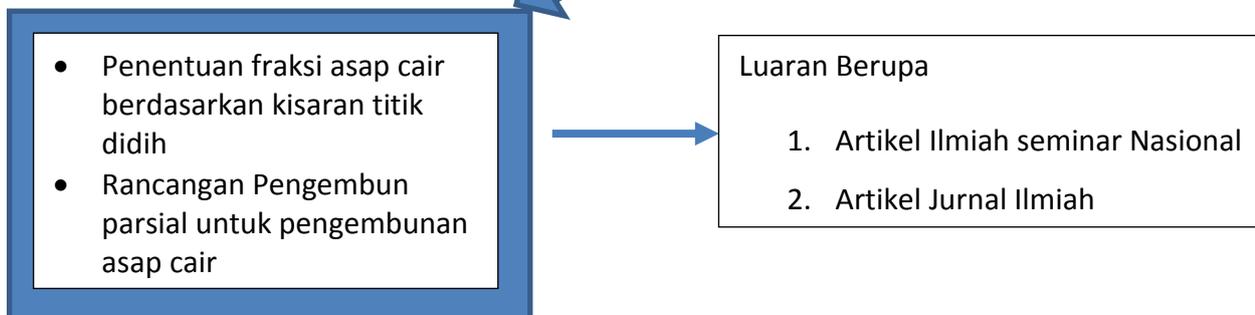
Skema penelitian sebagai berikut:

Penelitian yang sudah dilakukan

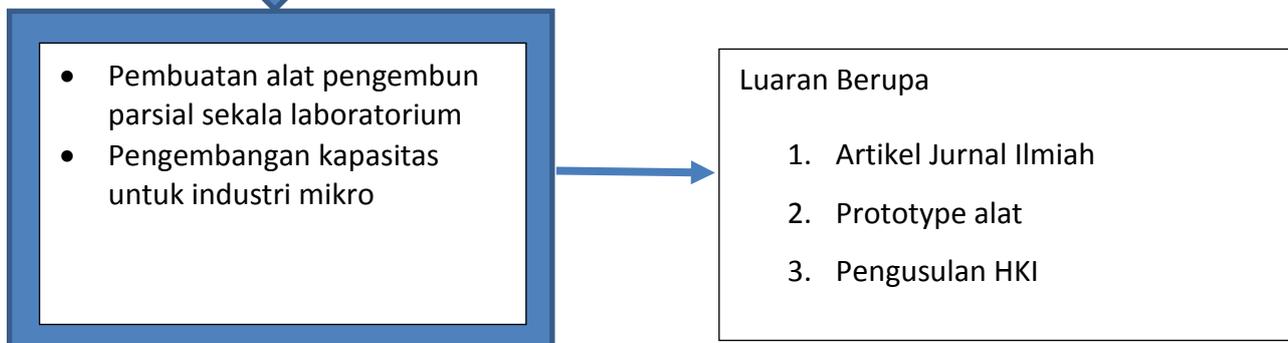


Penelitian yang diajukan

#### TAHUN PERTAMA



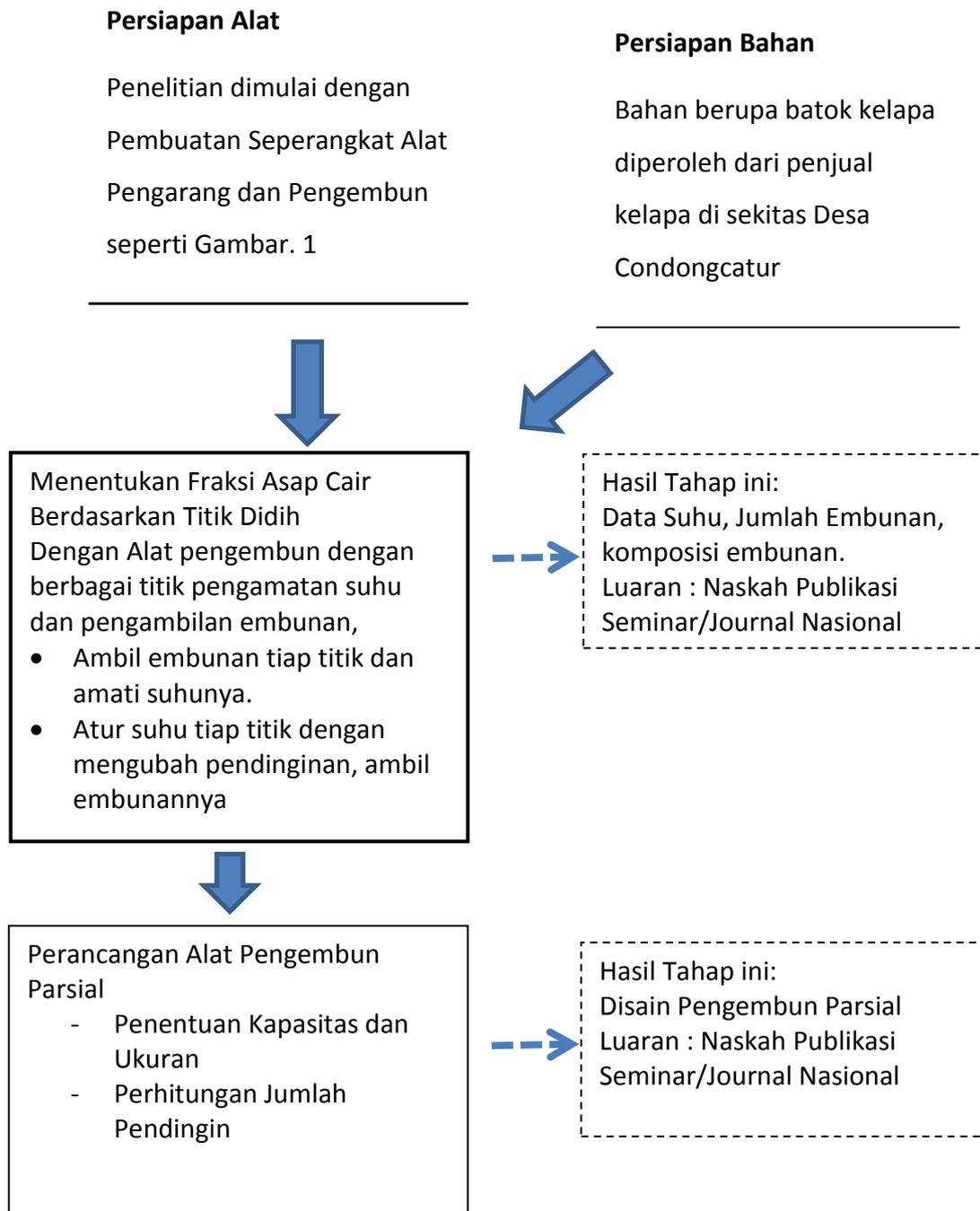
#### TAHUN KEDUA



Gambar 1, Skema Penelitian

## B. Rencana Penelitian Tahun Pertama

Penelitian direncanakan dilakukan di Laboratorium Satuan Operasi Universitas Ahmad Dahlan.

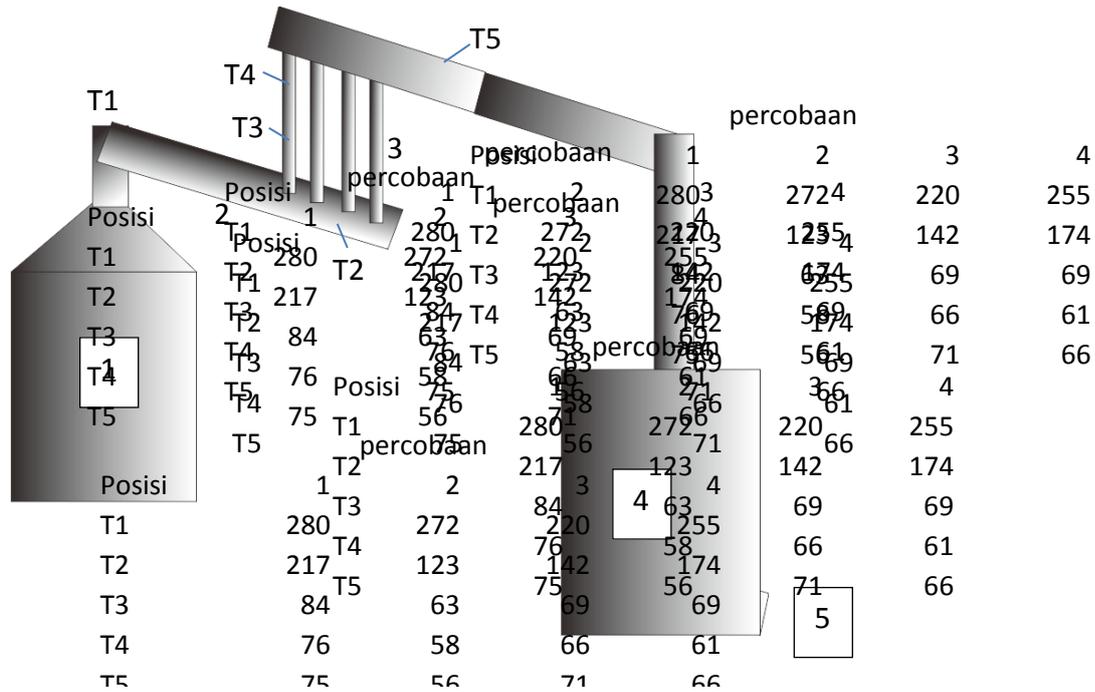


Gambar 2, Skema Penelitian tahun pertama

## BAB V. HASIL YANG DICAPAI

Hasil yang dicapai sampai bulan Juni 2015 berupa pembuatan prototipe tungku pengarangan dan pembuatan alat pengembunan dan data penurunan suhu fungsi

Skema prototipe alat dapat dilihat pada gambar



Keterangan

1. Tungku pengarang terisolasi
2. Pipa penyalur dengan peningin udara
3. Pendingin dan pengembun dengan pipa kecil
4. Pengembun dengan pendingin udara
5. Pengeluaran hasil

Gambar 3. Disain alat percobaan



Gambar 4. Prototipe alat pengembun uap cair

Untuk meneliti pengaruh suhu terhadap pengembunan uap cair maka dirancang alat seperti pada gambar 3, dalam rancangan alat ada empat posisi pengembunan yaitu di pipa penyalur pertama, yang kedua di daerah pengembun dengan pipa kecil, yang ketiga pada pipa penyalur dari pengembun pendingin udara ke pengembun dengan pendingin air.

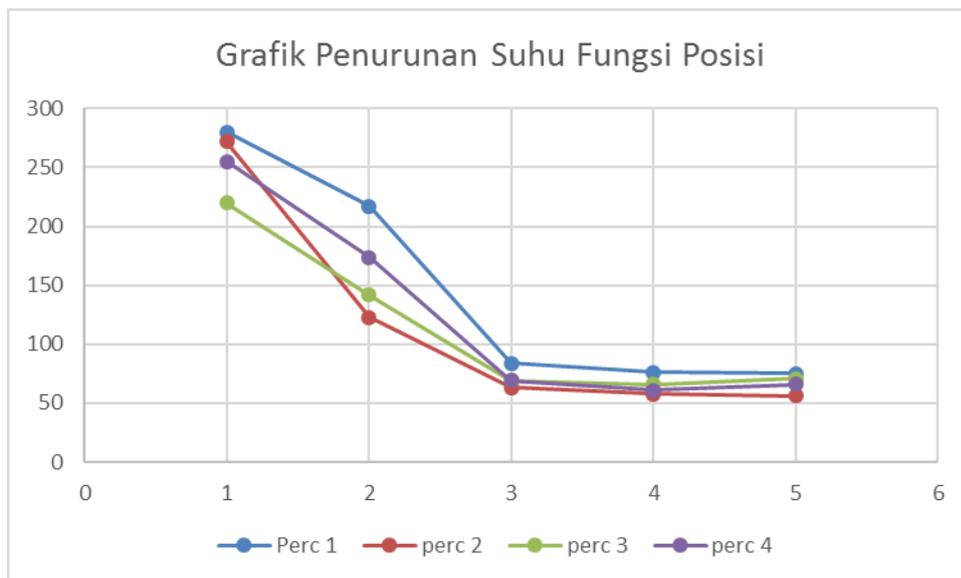
Untuk meneliti pengaruh pengembun maka dapat divariasikan luas perpindahan pengembun dengan memberikan isolasi panas pada permukaan pengembun .

## Data Hasil percobaan

Percobaan untuk mengetahui unjuk kerja alat secara umum tanpa isolasi diperoleh tabel berikut

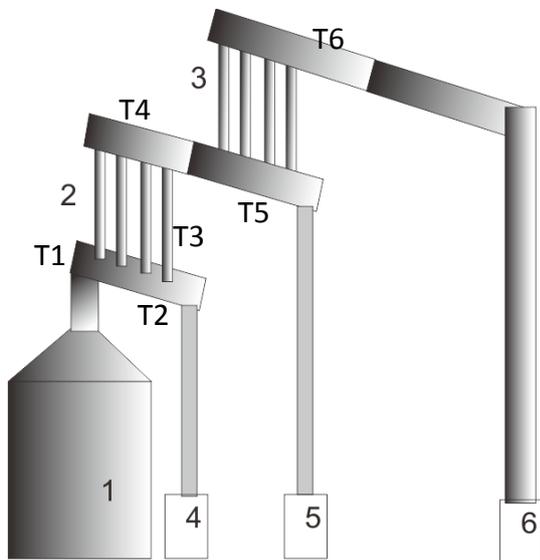
Tabel 1. Hasil percobaan

	percobaan			
Posisi	1	2	3	4
T1	280	272	220	255
T2	217	123	142	174
T3	84	63	69	69
T4	76	58	66	61
T5	75	56	71	66



Gambar 5. Grafik penurunan suhu dalam alat percobaan

Alat Pengembun bertingkat tegak dengan tingkat pengembunan



Keterangan

- 1. Tungku pengarangran
- 2. Pengembun tegak 1
- 3. Pengembun tegak 2
- 4. Penampung embunan 1
- 5. Penampung embunan 2
- 6. Penampung embunan 3
- T1 tempat pengukuran suhu 1
- T2 tempat pengukuran suhu 2
- T3 tempat pengukuran suhu 3
- T4 tempat pengukuran suhu 4
- T5 tempat pengukuran suhu 5
- T6 tempat pengukuran suhu 6

Gambar 6. Skema alat pengembun asap cair dua tingkat



Gambar 7. Alat Penelitian 2 tingkat

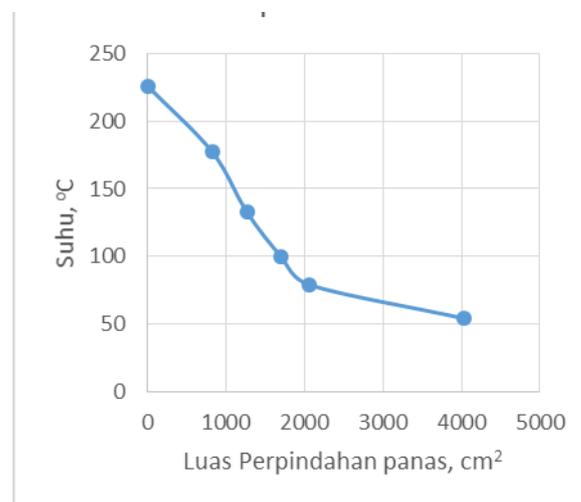
Variasi luas permukaan dilakukan di pengembun 1 dan pengembun 2 dan hasil embunanya ditampung di penampung embunan 1 untuk pengembun1, pada penampung embunan 2 untuk pengembun 2 dan sisa uap diembunkan pada penampung pengembun 3. Sedangkan pengukuran suhu dilakukan pada T1 sampai T7

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Perubahan suhu tiap titik

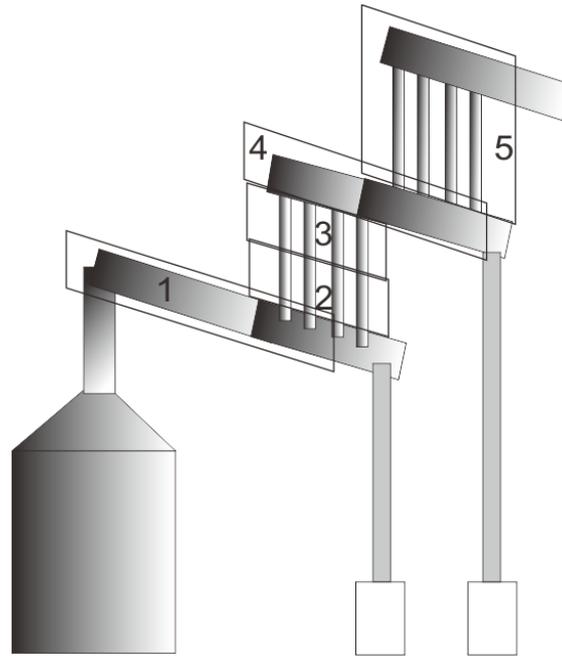
Percobaan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi selama proses pengembunan dilakukan dengan mengukur suhu pada 6 posisi seperti tergambar dalam alat percobaan

Dari percobaan perubahan suhu tiap dapat dilakukan analisa perpindahan panas tiap zone pengembun, adapun data percobaan dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 8. Perubahan suhu Fungsi Luas Perpindahan panas

Penjelasan zona pendingin dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 9. Penjelasan zona pengembun

Dari gambar diatas serangkaian alat pengembun dibagi menjadi 5 zone, Zona pertama berupa pipa dengan diameter 5,7 cm dengan panjang 46 cm sehingga memiliki luas area  $823,73 \text{ cm}^2$ , zona 2 berupa pengembun tegak seluas  $439,82 \text{ cm}^2$ , zona 3 kelanjutan zona 2 dengan luas sama dengan zona 2, zona 4 berupa pipa penghubung miring dari zona 3 ke zona 5 dengan luas perpindahan panas  $358,14 \text{ cm}^2$  dan zona 5 adalah pengembun tegak dengan luas perpindahan panas  $1969,78 \text{ cm}^2$

### **Fenomena perpindahan panas dan pengembunan tiap zona**

Zona 1 berupa pipa dengan diameter 5,7 posisi miring dengan luas perpindahan panas 823,73 cm<sup>2</sup> pada zona ini embunan akan mengalir searah dengan asap sehingga tidak terjadi kontak uap cair dengan baik karena selain aliran searah diameter pipa besar sehingga kontak uap dan embunan sedikit. Pada zona ini terjadi penurunan suhu sebesar 48,7 °C. Pada zona ini terjadi gradien suhu arah radial yang besar (Setyawan, M., 2014) sehingga asap yang mengembun adalah asap yang bersentuhan dengan dinding sedangkan yang tidak bersentuhan dengan suhu masih tinggi. Hasil embunan pada zona ini campuran antara tar dan komponen yang bertitik embun rendah. (Setyawan, M. 2014). Kisaran suhu pada pengembun ini 226 °C sampai dengan 177 °C.

Zona 2 berupa pipa tegak dengan diameter 2 cm sejumlah 4 pipa dengan luas perpindahan panas 439,82 cm<sup>2</sup>, pada zona pengembun tegak maka embunan yang terbentuk sepanjang pipa akan mengalir kebawah sehingga terjadi kontak antara embunan yang mengembun diatas dengan suhu yang lebih rendah, dengan adanya kontak antara asap dengan suhu relatif tinggi dengan embunan yang relatif rendah, maka komponen dengan titik embun rendah akan menguap kembali dan akan mengembun pada fase pengembun dengan suhu yang lebih rendah. Pada zona ini diperoleh embunan berupa tar yang kental tidak ada komponen dengan titik embun yang rendah. Dengan pengembun tegak terjadi keseimbangan uap cair sehingga yang mengembun adalah komponen yang memiliki kisaran titik embun tertentu. Kisaran titik embun pada zona ini adalah 177 °C sampai 133 °C. Pada zona ini dengan luas perpindahan panas 439,82 cm<sup>2</sup> dapat menurunkan suhu 44 °C.

Zona pengembunan 3 merupakan kelanjutan zona 2 yaitu berupa pengembun tegak dengan luas yang sama yaitu 439,82 cm<sup>2</sup> pada zona 3 kisaran suhu antara 133 sampai 100. Dibandingkan dengan zona 2 maka di zona 3 penurunan suhu lebih kecil yaitu 44 °C pada zona 2 dan 33 °C pada zona 3 hal ini disebabkan karena di zona 2 panas yang diambil oleh udara lebih banyak panas sensible untuk menurunkan suhu asap disamping panas untuk pengembunan, karena didalam pipa pengembun terjadi kontak embunan dan asap, sedangkan pada zona3 jumlah pengembunan lebih banyak dibandingkan zona 2. Disamping itu selisih suhu pengembun dengan udara pada zona 3 lebih kecil sehingga perpindahan panas juga semakin kecil hal ini sesuai dengan hukum newton berkaitan perpindahan panas konveksi

$$q = h \cdot A(T_u - T_d)$$

Dengan q = fluks panas

h= Koefisien perpindahan panas konveksi

A = Luas perpindahan panas

Tu = Suhu udara

Td = Suhu dinding

Zona pengembunan 4 merupakan pipa dengan diameter 5,7 cm sama seperti pada zona 1 dengan arah miring dan memiliki arus searah antara asap dan embunan, pada zona ini luas perpindahan panasnya 358,14 cm<sup>2</sup> dengan kisaran suhu 100 °C sampai 79 °C penurunan suhu yang terjadi adalah 21 °C. Fenomena yang terjadi pada zoan ini sama dengan zona 1, apabila dibandingkan dengan zona 1 maka penurunan suhu tiap satuan luasnya adalah 0,059 °C/cm<sup>2</sup> untuk zona1 dan 0,057 °C/cm<sup>2</sup> untuk zona 4, perbedaan ini disebabkan perbedaan suhu dengan suhu udara yang lebih kecil dibandingkan zona 1.

Zona pengembunan 5 berupa pengembun tegak dengan luas permukaan 1969,78 dengan kisaran suhu 79 sampai 54, pada zona ini penurunan suhu tiap luas perpindahan panas adalah 0,013  $^{\circ}\text{C}/\text{cm}^2$  angka ini menunjukkan bahwa pada zona ini panas yang diambil adalah panas pengembunan dibandingkan panas penurunan suhu, penyebab lain kecilnya angka penurunan suhu tiap luas muka juga disebabkan harga perbedaan suhu dalam pengembun dengan udara semakin kecil sehingga fluks panas juga semakin kecil.

### Perbandingan Embunan

Jumlah embunan yang diperoleh dari penampung pengembun 1, 2 dan 3 dapat dilihat dalam grafik berikut



Gambar 10. Perbandingan embunan Pada Perbandingan embunan

Data gambar diatas menunjukkan embunan yang ditampung pada pengembunan 1 adalah hasil pengembunan zona 1, zona 2 dan zona 3 dengan titik embun diatas 100  $^{\circ}\text{C}$  memiliki volume

yang terkecil yaitu hanya 22 ml, dan dari segi bentuk maka embunan pada penampung embunan 1 berupa tar yang kental.

Hasil embunan pada penampung embunan 2 adalah hasil dari embunan zona 4 dan zona 5 dengan kisaran titik didih antara 100 °C sampai 54 °C jumlah embunan pada penampung ini paling banyak yaitu 197 ml, embunan pada fase ini berupa cairan encer dengan warna yang masih hitam dan keruh.

Hasil embunan pada penampung embunan 3 adalah komponen yang tidak mengembun di zona 1 sampai 5, embunan pada penampung 3 berjumlah 143 ml dengan penampakan fisik encer dengan warna lebih terang dibanding embunan pada penampung 2 dan lebih jernih.

## **BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Tahapan penelitian berikutnya adalah melakukan variasi luas permukaan perpindahan panas, dengan variasi luas perpindahan panas akan dianalisa profil penurunan suhu asap cair, jumlah embunan, warna embunan dan kondungannya embunan untuk mengetahui kondisi alat pengembun yang optimal untuk produksi asap cair.

Dari data-data yang diperoleh selanjutnya akan dirancang alat pengembun asap cair yang optimal.

## **BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini

1. Pengembunan asap hasil pengarangan kelapa dapat dilakukan dengan pengembunan parsial bertingkat.
2. Dengan pengaturan suhu tiap zona pengembunan dapat dipisahkan embunan tar pada suhu diatas  $100^{\circ}\text{C}$  dan embunan asap cair pada suhu dibawahnya.
3. Warna embunan yang diperoleh semakin rendah suhu semakin terang dan jernih.
4. Pada pengembun tegak dan diameter kecil dapat diembunkan embunan sesuai kisaran titik didih alat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jamilatun, S., dan Setyawan, M., 2012. *Kondensasi Asap Pirolisis Tempurung Kelapa Menjadi Asap Cair (Liquid Smoke) Berbasis pada Luas Transfer Perpindahan Panas*, Proceedings The First Symposium in Industrial Technology.
- Jamilatun, S., Maryudi, dan Setyawan, M., 2013, *Kinerja Kombinasi Dari Alat Pirolisis Dengan Destilasi Secara Sinambung Dalam Memproduksi Asap Cair Tempurung Kelapa*, Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN 2013
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1999, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Mc Graw Hill, New York
- Ronsse, F., Dickinson, D., Nachenius, R. and Prins, W., 2013, *Biomass pyrolysis and biochar characterization*, 1st FOREBIOM Workshop, Vienna
- Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics*, Mc Graw Hill, Tokyo
- Smith, J.W., and Timmermans, F.A. 1982, *Liquid Smoke Concentrate*, U.S. Patent
- Van Loo, E.J, Babu D., Crandall P.G., and Ricke S.C., 2012, *Screening of Commercial and Pecan Shell-extracted Liquid Smoke Agents as Natural Antimicrobials against Food borne Pathogens*, *Journal of Food Protection*, Vol. 75, No. 6, 2012, Pages 1148 – 1152
- Zlokarnik, M., 2005, *Scale Up in Chemical Engineering*, Wiley Vch

## LAMPIRAN

Gambar alat penelitian



## BIODATA Peneliti

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Martomo Setyawan, S.T, M.T.
2	Jenis kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas Lainnya	60970162
5	NIDN	0517037202
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Yogyakarta, 17 Maret 1972
7	E-mail	<a href="mailto:martomo@che.uad.ac.id">martomo@che.uad.ac.id</a> , <a href="mailto:martomo1234@gmail.com">martomo1234@gmail.com</a>
8	Nomor Telpon/HP	081 126 7050
9	Alamat Kantor	Kampus III UAD Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Yogyakarta
10	Nomor Telepon/Faks	
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 13 orang; S-2 = orang; S-3 = orang
12	Mata Kuliah yang Diampu	1. Optimasi Teknik Kimia 2. Teknik Komputasi 3. Pengendalian Proses 4. Matematika Teknik Kimia 5. Teknologi Minyak Bumi

### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	UGM	UGM	-
Bidang Ilmu	Teknik Kimia	Teknik Kimia	-
Tahun Masuk-Lulus	1990-1997	1998 - 2012	-
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Perancangan Pabrik Dodekil	Pengembunan Camouran Uap	-

	Benzene Sulfonat dari Dodekil Benzene dan Oleum 20%	yang tidak larut sebagian pada condenser tegak	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Suprihatuti Sri Rahayu, M.Sc	Ir. Harry Sulisty, S.U., Ph.D Ir. Suryo Purwono, MA.Sc, Ph.D	-

### C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2008-2009	Pengaruh Luas permukaan briket arang terhadap proses pembakaran	UAD	3.5
2	2009-2010	Pengaruh kecepatan udara terhadap proses pembakaran bahan bakar padat	UAD	3.5
3	2010	Pemanfaatan Panas Hilang pada Tungku Bahan Bakar Padat Sinambung untuk meningkatkan efisiensi panas	UAD	4
4	2011-2012	Kombinasi perancangan alat Pengarangan Tempurung kelapa sebagai pembuatan Briket dengan kondensasi pengambilan asap cair sebagai bahan pengawet makanan	UAD	9.5
5	2012	Studi Pengendalian Pemanas Reaktor Hidrogenasi Pembuatan	UAD	4

		Greendiesel dengan Jacket Pemanas.		
6	2013	Optimalisasi Alat Pengembun asap cair untuk skala industry Mikro	UAD	5
7	2015	Pengambilan Lipid dari Mikroalga sebagai bahan biosiesel generasi ketiga dengan ekstraksi ultrasonik	UAD	7,5
8	2015	Pengembunan asap cair dari pengarangan tempurung kelapa dengan pengembunan parsial bertingkat	Dikti	55

\* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

#### **D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2012	Penyuluhan Teknologi Tepat Guna (Pembuatan biodiesel) Untuk Kelompok PKK Pedukuhan Sambilegi Lor, Desa Maguwoharjo, Kec. Depok, Kab. Sleman, 2012.	UAD dan Masyarakat	1,65
2	2013	Penyuluhan Teknologi Tepat Guna (Pembuatan detergen cair) Untuk Kelompok PKK Pedukuhan Dabag Desa Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, 2013.	UAD dan Masyarakat	1,65
3	2013	Pendampingan Pada pengusaha Arang Tempurung Kelapa Sewon, Bantul, Yogyakarta. CV. Truscoco	UAD dan Masyarakat	3
4	2014	Pelatihan Kewirausahaan pada pengelola	UAD dan	1,65

		PAUD Padukuhan Dabag Desa Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, 2014	Masyarakat	
5	2014	Pelatihan teknologi tepat guna untuk warga Muhammadiyah Ranting Condongcatur Timur	UAD	3,5
6	2015	Pelatihan teknologi tepat guna untuk Jama'ah Masjid Al Ihsan Mantrijeron	UAD	0,5

\* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya

#### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1	2013	Karakteristik Reaktor Hidrogenasi Minyak Biji Kapuk Untuk Pembuatan Green diesel	Spektrum Industri	Vol 11 No 1 , ISBN : 1963-6590

#### F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia II	Pengaruh Kecepatan Udara Pembakaran Terhadap Proses Pembakaran bahan Bakar Padat	13 Maret 2010. Program Studi Pendidikan Kimia PMIPA FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta. (Halaman 18 – 21 ).
	Sintech 1	Kondensasi Asap Pirolisis Tempurung Kelapa Menjadi Asap Cair (Liquid Smoke) Berbasis pada Luas Transfer Perpindahan Panas	17 November 2012 Fakultas Teknologi Industri UPN Yogyakarta

			ISSN : 2302-8033
12	Seminar TEKNOIN	KINERJA KOMBINASI DARI ALAT PIROLISIS DENGAN DESTILASI SECARA SINAMBUNG DALAM MEMPRODUKSI ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA	Universitas Islam Indonesia, Prociding Vol 3 ISBN:978-602-14272-0-0. UII Yogyakarta
13	Internasional Confrence, ICGWBT	Characterization of Kapok Seed Oil as Feedstock to Produce an Alternative Energy of Green Diesel	23 Maret 2013, UAD Yogyakarta
13	Internasional Confrence, ICGWBT	Utilization of heat loss by flue gas in using solid fuel furnace to increase heat efficiency	29 Maret 2014, UAD Yogyakarta

#### G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

#### H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

#### I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dalam kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Bersaing

Yogyakarta, 25 Nopember 2015



( Martomo Setyawan, S.T. MT.)

**Naskah Publikasi**

## **Analisa Perpindahan Panas dan Pengembunan pada Pengembunan Uap Cair dengan Pengembunan Parsial Bertingkat**

Martomo Setyawan

Program Studi Teknik Kimia Universitas Ahmad Dahlan

Jl Prof Dr Soepmo SH Janturan Umbulharjo Yogyakarta

*martomo@che.uad.ac.id*

### **Abstrak**

Produksi arang baik berbahan baku kayu maupun tempurung kelapa merupakan salah satu pemecahan masalah energi nasional, disamping itu hasil samping berupa asap cair dapat digunakan untuk berbagai pengawet. Salah satu proses pembuatan asap cair setelah diembunkan dilakukan redistilasi, proses ini memerlukan energi yang banyak. Asap cair mengandung berbagai macam komponen sehingga perlu proses pengembunan parsial bertingkat sehingga menghemat proses pemurniannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi pengembun tegak pada proses pengembunan asap cair dari pengarangan tempurung kelapa. Penelitian dilakukan dengan mengarangkan sejumlah tempurung kelapa selanjutnya asap yang terbentuk dialirkan ke dalam berbagai konfigurasi pengembun miring dan pengembun tegak.

Hasil yang diperoleh apabila dilakukan dengan dua konfigurasi pengembun partial tegak Diperoleh hasil embunan pada pengembun 1 berwarna hitam dan bercampur tar kental dan penembun 2 relatif lebih jernih dan bercampur tar lebih sedikit. Pengembunan dengan tiga konfigurasi pengembun Penggunaan 3 kombinasi pengembun tegak dapat dipisahkan tar kental di pengembun 1, embunan dan campuran tar di pengembun 2 dan embunan bebas tar di pengembun 3.

Kata Kunci : Asap Cair, Pengembun parsial, Konfigurasi pengembun

### **Abstract**

Production of Charcoal as an alternatif fuel have been growth as the solution of the national problem about limited energy source from petroleum. Production of charcoal have a usefull side product in the form of liquid smoke. The liquid smoke can be used as food preservative in the high grade of liquid smoke and the low grade liquid smoke can be used as wood preservative form termite. The konvensional process on production liquid smoke it was using redestilation

the raw liquid smoke form direct condensation. This process was consumed lot of energy. Liquid smoke consist of some components which had different boiling point.

The aim of this research was to studied the influence in using differentt combination of vertical condensor at the condensation of liquid smoke process form the making coconut shell charcoal. This research was done by make some coconut shell charcoal and the smoke which was formed was flown passed some condensors.

The result of this research shown that at the first vertical condenser we got small amount of condense with the black colour and very viscous, at the second condensor we got large amount of condense with colour lighter than the first condenser and it was still mixed with the small amount of tar that condensed at the of the proces. And at the end of condensor we got the lightest colour of condense and free form tar.

## **PENDAHULUAN**

Salah satu sumber energy alternative yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan biomassa yang merupakan limbah dari berbagai macam industry. Salah satu potensi yang cukup besar adalah limbah padatan yang berasal dari industry berbasis kelapa berupa tempurung kelapa yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Pembuatan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif sudah banyak dikembangkan dan mnjadi industry sekala mikro, Pembuatan arang menghasilkan limbah berupa asap hasil pembakaran, Dampak asap yang terlepas ke udara dapat berdampak luas berupa polusi udara yang berakibat pada gangguan kesehatan manusia, berupa iritasi saluran pernafasan yang menyebabkan rasa tidak enak di saluran pernafasan dan dapat diikuti infeksi. Asap hasil pembakaran arang tempurung kelapa mengandung senyawa-senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, Untuk dapat memanfaatkan senyawa hasil pembakaran tempurung kelapa maka asap tersebut harus diembunkan sehingga terbentuk asap cair. Pemanfaat asap cair antara lain untuk pengawet makanan karena asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan aman sebagai pengawet alami. Asap cair dapat juga digunakan untuk bahan anti rayap dalam industri kayu.

Pengembunan asap menjadi asap cair sebagai merupakan nilai lebih dari industry pembuatan arang, selama ini teknologi yang berkembang adalah pengambilan asap dengan diembunkan dengan pengembun total, selanjutnya embunan yang dihasilkan diupkan ulang pada suhu antara 100-120 °C dan diembunkan kembali. Penelitian oleh beberapa peneliti di UAD telah meneliti proses pembuatan arang tempurung kelapa yang terintegrasi dengan pengembunan asap cair dalam sekala laboratorium ( Jamilatun, 2010). Proses pengambilan asap cair yang telah dilakukan adalah dengan mengembunkan asap cair kemudian didistilasi ulang, proses ini memerlukan waktu yang lama dan energy yang besar. Pada penelitian ini diajukan proses pengambilan asap cair yang lebih cepat dan hemat energy yaitu dengan mengembunkan asap secara parsial dengan beberapa pengembun yang disusun secara seri. Pengembun parsial dirancang tercapai kondisi setimbang uap-cair. Pengembunan parsial akan mengembunkan sebagian komponen asap dan meneruskan sebagian gas yang ada, dengan mengatur suhu pada setiap pengembun parsial maka dapat diembunkan komponen asap cair dengan titik didih tertentu.

Pengambilan asap cair dari pengarangan tempurung kelapa dengan kondensasi total dilanjutkan redistilasi memerlukan waktu panjang dan energy yang banyak, perlu dilakukan inovasi untuk mempercepat proses dengan pengembunan parsial secara seri, dengan cara ini tidak diperlukan energy untuk menguapkan kembali pada proses redistilasi.

Asap cair diproduksi dengan pengembunan bertingkat, pada suhu 300-450 °C asap hasil pembakaran tempurung kelapa keluar dari dapur dan didinginkan sampai suhu 150 -200 °C maka tar yang pekat akan mengembun dan selanjutnya didinginkan sampai 80 dan 120 °C maka

tar yang lebih ringan akan mengembun, selanjutnya asap cair jernih didinginkan sampai suhu 30 °C. (Smith, 1982)

Proses pengembunan terjadi ketika suatu uap berada dalam kondisi jenuh dan diambil panasnya. Uap yang berada dalam kondisi lewat panas atau suhunya diatas suhu jenuhnya untuk dapat menjadi cair maka harus didinginkan sampai keadaan jenuh, selanjutnya setelah sampai kondisi jenuh panas yang diambil digunakan untuk mengubah fase uap menjadi fase cair. Selanjutnya setelah menjadi cair panas yang diambil digunakan untuk menurunkan suhu cairannya. Sehingga jumlah panas yang diambil dapat dihitung sebagai berikut.

**Panas penurunan suhu uap (Q1)**

$$Q_1 = m \cdot c_{pu} (T_2 - T_1)$$

**Panas Perubahan Fase (Q2)**

$$Q_2 = m \lambda$$

**Panas penurunan suhu cairan(Q3)**

$$Q_3 = m \cdot c_{pl} (T_3 - T_2)$$

Dengan Q : panas yang diambil

m: massa uap/massa cairan yang mengembun

$C_{pu}$  : Kapasitas panas uap

$C_{pl}$  : Kapasitas panas uap

T : Suhu

$\lambda$  : Panas pengembunan

Proses pengembunan terjadi karena proses perpindahan panas dari fase uap menuju fase cair. Perpindahan panas dari fase uap ke fase cair melalui berbagai macam tahapan yaitu :

1. perpindahan panas dari uap ke logam kondensor melalui tahanan film dengan mekanisme konveksi, dengan rumus  
 $q = h_{as} \cdot A (T_{logam} - T_{uap})$
2. perpindahan panas melalui logam kondensor dengan mekanisme konduksi, dengan persamaan  
 $q = k \cdot A \cdot x \cdot (T_{logam \text{ dalam}} - T_{logam \text{ luar}})$
3. dan perpindahan panas dari logam menuju air pendingin melalui tahanan film dengan mekanisme konveksi, dengan persamaan  
 $q = h_{air} \cdot A (T_{air} - T_{logam})$

Ketiga mekanisme diatas berjalan secara seri sehingga persamaan dapat digabung

$$Q = U \cdot A \cdot (T_{air} - T_{uap})$$

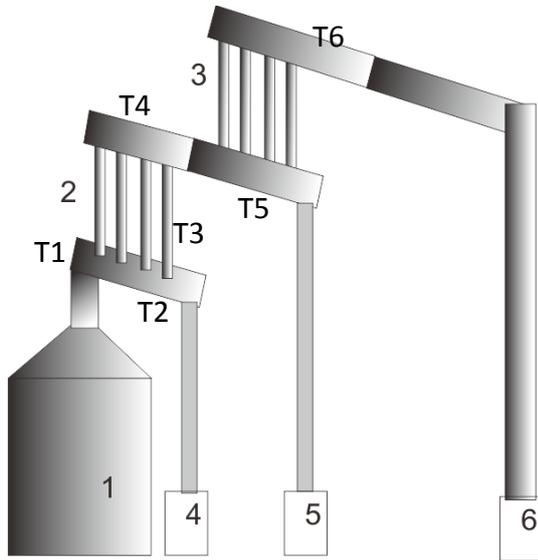
$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{as}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{air}}$$

Koefisien Perpindahan keseluruhan (U) dipengaruhi koefisien konveksi uap-logam ( $h_{as}$ ), koefisien konduksi logam (k) dan Koefisien konveksi logam air pendingin ( $h_{air}$ ). Koefisien perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida.

Proses pengembunan dengan pengembun vertikal maka kemampuan pengembunan alat pengembun tergantung dari panjang alat pengembun (Weber, M., 1988)

## Cara Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengarangkan sejumlah 3 kg tempurung kelapa dan selanjutnya asap yang terbentuk diembunkan melalui 2 buah pengembun tegak dengan variasi luas permukaan, gambar alat percobaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



### Keterangan

7. Tungku pengarangkan
8. Pengembun tegak 1
9. Pengembun tegak 2
10. Penampung embunan 1
11. Penampung embunan 2
12. Penampung embunan 3
- T1 tempat pengukuran suhu 1
- T2 tempat pengukuran suhu 2
- T3 tempat pengukuran suhu 3
- T4 tempat pengukuran suhu 4
- T5 tempat pengukuran suhu 5
- T6 tempat pengukuran suhu 6

Gambar . Alat pengembun asap cair

Variasi luas permukaan dilakukan di pengembun 1 dan pengembun 2 dan hasil embunanya ditampung di penampung embunan 1 untuk pengembun1, pada penampung embunan 2 untuk pengembun 2 dan sisa uap diembunkan pada penampung pengembun 3. Sedangkan pengukuran suhu dilakukan pada T1 sampai T7

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

Perubahan suhu tiap titik

Percobaan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi selama proses pengembunan dilakukan dengan mengukur suhu pada 6 posisi seperti tergambar dalam alat percobaan

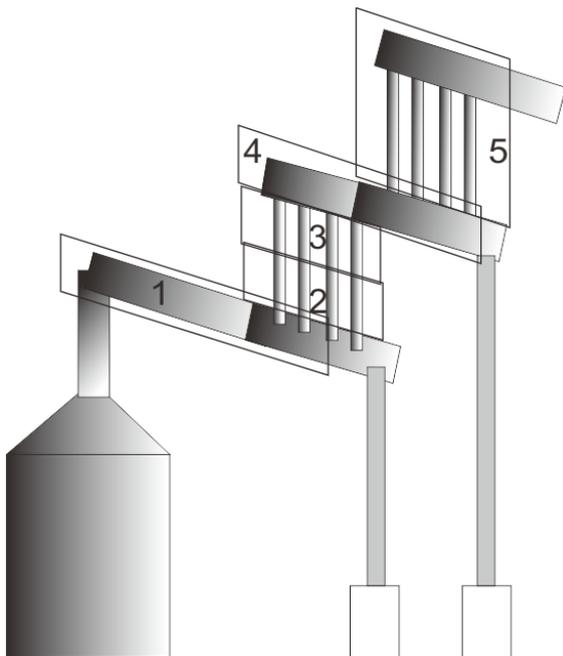
Dari percobaan perubahan suhu tiap dapat dilakukan analisa perpindahan panas tiap zone pengembun, adapun data percobaan dapat dilihat

pada gambar berikut



Gambar Perubahan suhu Fungsi Luas Perpindahan panas

Penjelasan zona pendingin dapat dilihat pada gambar berikut



## Gambar Penjelasan zona pengembun

Dari gambar diatas serangkaian alat pengembun dibagi menjadi 5 zone, Zona pertama berupa pipa dengan diameter 5,7 cm dengan panjang 46 cm sehingga memiliki luas area  $823,73 \text{ cm}^2$ , zona 2 berupa pengembun tegak seluas  $439,82 \text{ cm}^2$ , zona 3 kelanjutan zona 2 dengan luas sama dengan zona 2, zona 4 berupa pipa penghubung miring dari zona 3 ke zona 5 dengan luas perpindahan panas  $358,14 \text{ cm}^2$  dan zona 5 adalah pengembun tegak dengan luas perpindahan panas  $1969,78 \text{ cm}^2$

## Fenomena perpindahan panas dan pengembunan tiap zona

Zona 1 berupa pipa dengan diameter 5,7 posisi miring dengan luas perpindahan panas  $823,73 \text{ cm}^2$  pada zona ini embunan akan mengalir searah dengan asap sehingga tidak terjadi kontak uap cair dengan baik karena selain aliran searah diameter pipa besar sehingga kontak uap dan embunan sedikit. Pada zona ini terjadi penurunan suhu sebesar  $48,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada zona ini terjadi gradien suhu arah radial yang besar (Setyawan, M., 2014) sehingga asap yang mengembun adalah asap yang bersentuhan dengan dinding sedangkan yang tidak bersentuhan dengan suhu masih tinggi. Hasil embunan pada zona ini campuran antara tar dan komponen yang bertitik embun rendah. (Setyawan, M. 2014). Kisaran suhu pada pengembun ini  $226 \text{ }^\circ\text{C}$  sampai dengan  $177 \text{ }^\circ\text{C}$

Zona 2 berupa pipa tegak dengan diameter 2 cm sejumlah 4 pipa dengan luas perpindahan panas  $439,82 \text{ cm}^2$ , pada zona pengembun tegak maka embunan yang terbentuk sepanjang pipa akan mengalir kebawah sehingga terjadi kontak antara embunan yang mengembun diatas dengan suhu yang lebih rendah, dengan adanya kontak antara asap dengan suhu relatif tinggi dengan embunan yang relatif rendah, maka komponen dengan titik embun rendah akan menguap kembali dan akan mengembun pada fase pengembun dengan suhu yang lebih rendah. Pada zona ini diperoleh embunan berupa tar yang kental tidak ada komponen dengan titik embun yang rendah. Dengan pengembun tegak terjadi keseimbangan uap cair sehingga yang mengembun adalah komponen yang memiliki kisaran titik embun tertentu. Kisaran titik embun pada zona ini adalah  $177 \text{ }^\circ\text{C}$  sampai  $133 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada zona ini dengan luas perpindahan panas  $439,82 \text{ cm}^2$  dapat menurunkan suhu  $44 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Zona pengembunan 3 merupakan kelanjutan zona 2 yaitu berupa pengembun tegak dengan luas yang sama yaitu  $439,82 \text{ cm}^2$  pada zona 3 kisaran suhu antara  $133$  sampai  $100$ . Dibandingkan dengan zona 2 maka di zona 3 penurunan suhu lebih kecil yaitu  $44 \text{ }^\circ\text{C}$  pada zona 2 dan  $33 \text{ }^\circ\text{C}$  pada zona 3 hal ini disebabkan karena di zona 2 panas yang diambil oleh udara lebih banyak panas sensible untuk menurunkan suhu asap disamping panas untuk pengembunan, karena didalam pipa pengembun terjadi kontak embunan dan asap, sedangkan pada zona 3 jumlah pengembunan lebih banyak dibandingkan zona 2. Disamping itu selisih suhu pengembun dengan udara pada zona 3 lebih kecil sehingga perpindahan panas juga semakin kecil hal ini sesuai dengan hukum newton berkaitan perpindahan panas konveksi

$$q = h \cdot A(T_u - T_d)$$

Dengan  $q$  = fluks panas

$h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi

$A$  = Luas perpindahan panas

$T_u$  = Suhu udara

$T_d$  = Suhu dinding

Zona pengembunan 4 merupakan pipa dengan diameter  $5,7 \text{ cm}$  sama seperti pada zona 1 dengan arah miring dan memiliki arus searah antara asap dan embunan, pada zona ini luas perpindahan panasnya  $358,14 \text{ cm}^2$  dengan kisaran suhu  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  sampai  $79 \text{ }^\circ\text{C}$  penurunan suhu yang terjadi adalah  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Fenomena yang terjadi pada zona ini sama dengan zona 1, apabila dibandingkan dengan zona 1 maka penurunan suhu tiap satuan luasnya adalah  $0,059 \text{ }^\circ\text{C}/\text{cm}^2$  untuk zona 1 dan  $0,057 \text{ }^\circ\text{C}/\text{cm}^2$  untuk zona 4, perbedaan ini disebabkan perbedaan suhu dengan suhu udara yang lebih kecil dibandingkan zona 1.

Zona pengembunan 5 berupa pengembun tegak dengan luas permukaan  $1969,78$  dengan kisaran suhu  $79$  sampai  $54$ , pada zona ini penurunan suhu tiap luas perpindahan panas adalah  $0,013 \text{ }^\circ\text{C}/\text{cm}^2$  angka ini menunjukkan bahwa pada zona ini panas yang diambil adalah panas pengembunan dibandingkan panas penurun suhu, penyebab lain kecilnya angka penurunan suhu tiap luas muka juga disebabkan harga perbedaan suhu dalam pengembun dengan udara semakin kecil sehingga fluks panas juga semakin kecil.

## Perbandingan Embunan

Jumlah embunan yang diperoleh dari penampung pengembun 1, 2 dan 3 dapat dilihat dalam garfik berikut



Gambar Perbandingan embunan Pada Perbandingan embunan

Data gambar diatas menunjukkan embunan yang ditampung pada pengembunan 1 adalah hasil pengembunan zona 1, zona 2 dan zona 3 dengan titik embun diatas 100 °C memiliki volume yang terkecil yaitu hanya 22 ml, dan dari segi bentuk maka embunan pada penampung embunan 1 berupa tar yang kental.

Hasil embunan pada penampung embunan 2 adalah hasil dari embunan zona 4 dan zona 5 dengan kisaran titik didih antara 100 °C sampai 54 °C jumlah embunan pada penampung ini paling banyak yaitu 197 ml, embunan pada fase ini berupa cairan encer dengan warna yang masih hitam dan keruh.

Hasil embunan pada penampung embunan 3 adalah komponen yang tidak mengembun di zona 1 sampai 5, embunan pada penampung 3 berjumlah 143 ml dengan penampakan fisik encer dengan warna lebih terang dibanding embunan pada penampung 2 dan lebih jernih.

## Kesimpulan

5. Pengembunan asap hasil pengarangan kelapa dapat dilakukan dengan pengembunan parsial bertingkat.
6. Dengan pengaturan suhu tiap zona pengembunan dapat dipisahkan embunan tar pada suhu diatas 100 °C dan embunan asap cair pada suhu dibawahnya.
7. Warna embunan yang diperoleh semakin rendah suhu semakin terang dan jernih.
8. Pada pengembun tegak dan diameter kecil dapat diembunkan embunan sesuai kisaran titik didih alat.

## DAFTAR PUSTAKA

- , 2006, *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri* -[www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org)
- Jamilatun, S., dan Setyawan, M., 2012. *Kondensasi Asap Pirolisis Tempurung Kelapa Menjadi Asap Cair (Liquid Smoke) Berbasis pada Luas Transfer Perpindahan Panas*, Proceedings The First Symposium in Industrial Technology.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1999, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Mc Graw Hill, New York
- Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics*, Mc Graw Hill, Tokyo
- Smith, J.W., and Timmermans, F.A. 1982, *Liquid Smoke Concentrate*, U.S. Patent
- Setyawan, M., 2014, *Optimasi Alat Pengembun Asap Cair sebagai Pemanfaatan Limbah Pembuatan Arang Tempurung Kelapa Skala Industri Mikro*, Laporan Penelitian, Universitas Ahmad Dahlan
- Van Loo, E,J, dkk, 2012, Screening of Commercial and Pecan Shell–extracted Liquid Smoke Agents as Natural Antimicrobials against Foodborne Pathogens, *Journal of Food Protection*, Vol.75, No.6 , 2012, Pages 1148–1152.
- Weber, M. 1988, Heat Transfer in a single Vertical Tube Condensor Sub Cooler, *Experimental and Theoretical Study*, Universite de lige.