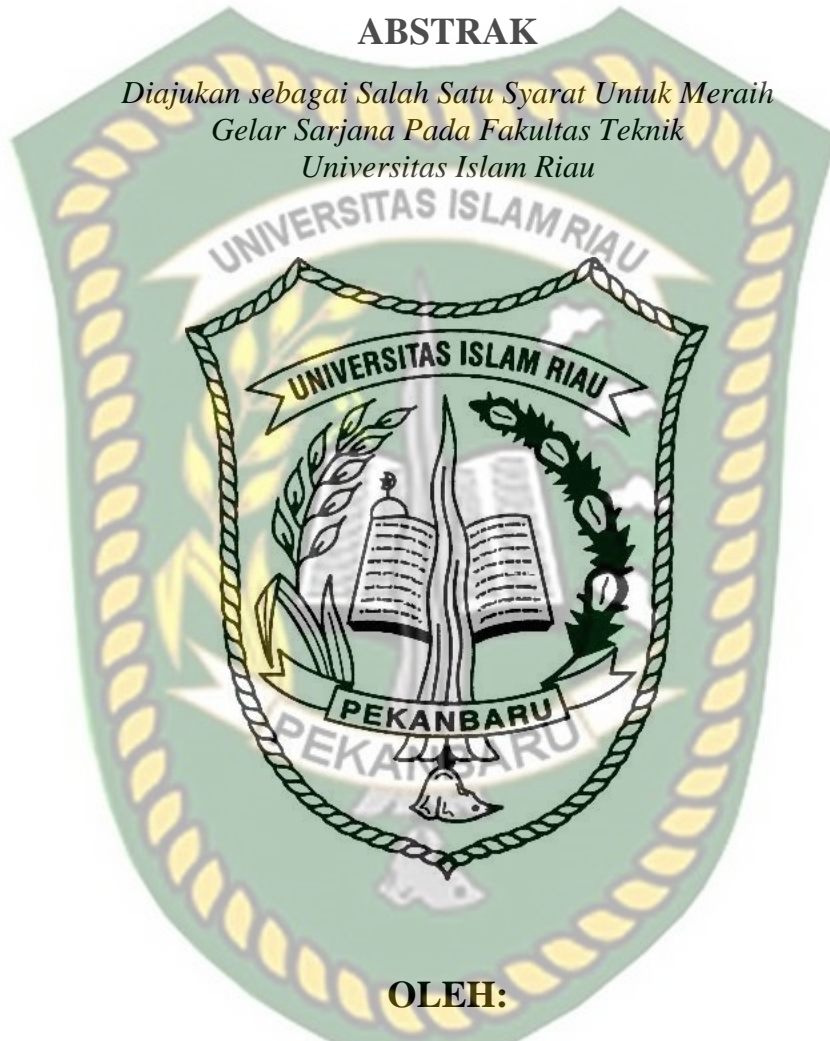


**PENGARUH AIR PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP  
PROSES PENGEMBUNAN PADA ALAT PIROLISIS**

**ABSTRAK**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih  
Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau*




**OLEH:**

**MUSTAQIM**  
NPM : 143310377

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**



HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR



PENGARUH AIR PENDIDUCIN KONDENSOR TERHADAP PROSES  
BENGEMBUNAN PADA ALAT PIROLISIS

Disusun Oleh:

MUSTAQIM  
14.331.0377

Disetujui Oleh:



DOSEN PEMBIMBING I DOSEN PEMBIMBING II



EDDY ELFIANO, ST., M.Eng SEHAT ABDI SARAGIH, ST.,MT

Disahkan Oleh:

DEKAN FAKULTAS TEKNIK KETUA PRODI TEKNIK MESIN



Ir. H. ABD.KUDUS ZAINI, MT.,MS.,TR DODY YULIANTO, ST., MT  
NPK. 88'03 02 098



**YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI MESIN**

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284  
Telp. +62 761 674674 Website: [www.eng.uir.ac.id](http://www.eng.uir.ac.id) Email: [fakultas\\_teknik@uir.ac.id](mailto:fakultas_teknik@uir.ac.id)

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 8 April 2019, Nomor: 0437/KPTS/FT-UIR/2019, maka pada hari Rabu, tanggal 10 April 2019, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2018/2019 berikut ini.

1. Nama : Mustaqim
2. NPM : 143310377
3. Judul Skripsi : Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolysis
4. Waktu Ujian : 09.00 WIB - Selesai
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Ruang Sidang Fakultas Teknik UIR

**Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:**

Lulus\*/ Lulus dengan Perbaikan\*/ Tidak Lulus\*

\* Coret yang tidak perlu.

**Nilai Ujian:**

Nilai Ujian Angka = 71,125 ..... Nilai Huruf = A<sup>2</sup>

Tim Penguji Skripsi.

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Eddy Elfiano, ST., M.Eng	Ketua	1.
2	Sehat Abdi Saragih, ST., MT	Sekretaris	2.
3	Ir. Syawaldi, M.Sc	Anggota	3.
4	Dr. Dedikarni, ST., M.Sc	Anggota	4.

Ketua,

Eddy Elfiano, ST., M.Eng  
NIDN. 1025057501

Panitia Ujian  
Sekretaris,

Sehat Abdi Saragih, ST., MT  
NIDN. 1010127502

Pekanbaru, 10 April 2019

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR  
NIDN. 1011076202

# UNIVERSITAS ISLAM RIAU

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 Kampus UIR Perhentian Marpoyan Pekanbaru

### USUL SKRIPSI

No	Nama Mahasiswa	N P M	Bidang Studi
1	Mustaqim	143310377	Mesin

### JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Air Pendingin pada Kondesor terhadap Proses Pengembunan pada Alat Pirolisis Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa.

PERSETUJUAN WD. II	PENDAFTARAN JUDUL PADA PROGRAM STUDI	PERSETUJUAN CALON SPONSOR DAN CO SPONSOR	CATATAN CO- SPONSOR
--------------------	--------------------------------------	--	---------------------

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Dokumen ini adalah Arsip Milik :</p>  <p>M. Ariyon, ST., MT.</p>	<p>Telah Terdaftar Dibawah Nomor: 35 /TA/M/T/2018</p>  <p>Dody Yulianto, ST., MT.</p>	<p>Pembimbing I</p>  <p>Eddy Elhano, ST.M.Eng Pembimbing I</p>  <p>Soha Widi Saragih, ST., MT</p>	
--	--	---	--

### CATATAN /PERSETUJUAN

CATATAN SPONSOR	CATATAN DAN PERSETUJUAN WD. I
-----------------	-------------------------------

	 <p>Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT.</p>
--	--

Pekanbaru, September 2018  
Dekan,

  
Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT.MS.Tr  
 Npk.88 03 02 098

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
NOMOR : 1416 /KPTS/FT-UIR/2018  
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

- Membaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Mesin Nomor: 35 / TA-M/T/2018 Tentang Persetujuan Dan Usulan Pengangkatan Tim Pembimbing Penelitian Dan Penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa Untuk Menyelesaikan Perkuliahan Bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Perlu Membuat Skripsi.  
2. Untuk Itu Perlu Ditunjuk Tim Pembimbing Penelitian Dan Penyusunan Skripsi Yang Diangkat Dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor : 20 Tahun 2003  
2. Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990  
3. Surat Mendikbud RI :  
a. Nomor : 0211/U/1987 d. Nomor : 0387/U/1986  
b. Nomor : 0212/U/1982 e. Nomor : 0200/U/1987  
c. Nomor : 041/U/1984  
4. Surat Keputusan Ditjen Dikti Depdikbud Nomor : 02/Dikti/Kep/1991  
5. SK. YLPI Daerah Riau :  
a. Nomor : 66//Kep/YLPI/II/1976 Tanggal 12 Mei 1976  
b. Nomor : 34/Kep-I/YLPI-V/1985 Tanggal 12 Mei 1989  
6. SK. Rektor Univ. Islam Riau  
a. Nomor : 52/UIR/KPTS/1989 Tanggal 30 Januari 1989  
b. Nomor : 55/UIR/KPTS/1989 Tanggal 7 Februari 1989

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan : 1. Mengangkat Saudara-Saudara yang Namanya Tersebut Dibawah ini Sebagai Tim Pembimbing Penelitian dan Penyusunan Skripsi Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin.

No	Nama	Pangkat	Jabatan
1.	Eddy Elfiano, ST., M.Eng	Lektor	Pembimbing I
2.	Sehat Abdi Saragih, ST., MT	Lektor	Pembimbing II

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

Nama : Mustaqim  
N P M : 143310377  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)  
Judul Skripsi : Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan pada Alat Pirolysis

3. Keputusan Ini Mulai Berlaku Pada Tanggal Ditetapkannya Dengan Ketentuan Bila Terdapat Kekeliruan Dikemudian Hari Segera Ditinjau Kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
Pada Tanggal : 17 Muharam 1440 . H  
27 September 2018 . M  
Dekan,

  
**Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT. MS. Tr**  
Npk. 88.03.02.098

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth.. Ka. Biro Keuangan Univ. Islam Riau
3. Yth.. Ka. BAA Univ. Islam Riau
4. Yth.. Ketua Program Studi Teknik Mesin FT-UIR
5. Arsip

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
NOMOR : 0437/KPTS/FT-UIR/2019  
TENTANG PENETAPAN DOSEN PENGUJI SKRIPSI MAHASISWA FAK. TEKNIK UNIV. ISLAM RIAU

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

- Menimbang :
1. Bahwa untuk menyelesaikan studi S.1 bagi mahasiswa Fakultas Teknik Univ. Islam Riau dilaksanakan Ujian Skripsi/Komprehensif sebagai tugas akhir. Untuk itu perlu ditetapkan mahasiswa yang telah memenuhi syarat untuk ujian dimaksud serta dosen penguji.
  2. Bahwa penetapan mahasiswa yang memenuhi syarat dan dosen penguji yang bersangkutan perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.

- Mengingat :
1. Undang-undang Nomor : 20 Tahun 2003
  2. Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990
  3. Surat Mendikbud RI :
    - a. Nomor : 0211/U/1987
    - b. Nomor : 0212/U/1982
    - c. Nomor : 041/U/1984
    - d. Nomor : 0387/U/1986
    - e. Nomor : 0200/U/1987
  4. Surat Keputusan Ditjen Dikti Depdikbud Nomor : 02/Dikti/Kep/1991
  5. SK. YLPI Daerah Riau :
    - a. Nomor : 66/Kep/YLPI/II/1976 tanggal 12 Mei 1976
    - b. Nomor : 34/Kep-I/YLPI-V/1985 tanggal 12 Mei 1989
  6. SK. Rektor Univ. Islam Riau
    - a. Nomor : 52/UIR/KPTS/1989 tanggal 30 Januari 1989
    - b. Nomor : 55/UIR/KPTS/1989 tanggal 7 Februari 1989

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan:
1. Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tersebut namanya dibawah ini :

Nama	: Mustaqim
NPM	: 143310377
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenjang Pendidikan	: Strata Satu (S1)
Judul Skripsi	: Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolysis
  2. Penguji Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut terdiri dari:

1. Eddy Elfiano, ST., M.Eng	Sebagai Ketua Merangkap Penguji
2. Sehat Abdi Saragih, ST., MT	Sebagai Sekr. Merangkap Penguji
3. Ir. Syawaldi, M.Sc	Sebagai Anggota Merangkap Penguji
4. Dr. Dedikarni, ST., M.Sc	Sebagai Anggota Merangkap Penguji
  3. Laporan hasil ujian serta berita acara telah sampai kepada Pimpinan Fakultas selambat-lambatnya 1 (satu) bulan setelah ujian dilaksanakan.
  4. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.  
KUTIPAN: Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
Pada Tanggal : 3 Sya'ban 1440 H  
8 April 2019 M

Dekan,  
  
**Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR**  
NPK. 88 03 02 098

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Sdr. Ka. Biro Keuangan Univ. Islam Riau.
3. Yth. Sdr. Ka. BAA Univ. Islam Riau.
4. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Mesin FT UIR.
5. Arsip



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU

الجامعة الإسلامية الريوية

ISLAMIC UNIVERSITY OF RIAU

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 Telp. (0761) 674674 Fax : (0761) 674834  
Marpyan Pekanbaru – Riau, Kode Pos 28284 Indonesia

SURAT KETERANGAN  
ACC SEMINAR TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, pembimbing. Tugas akhir menerangkan bahwa mahasiswa dibawah ini:

Nama : MUSTAQIM  
NPM : 143310377  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK

Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolisis**

Sehubungan telah selesainya penulisan Tugas Akhir ini, sesuai dengan berita acara bimbingan Tugas Akhir, maka kepada mahasiswa yang namanya tercantum diatas diberikan kesempatan untuk mengikuti seminar Tugas Akhir.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Pekanbaru, Maret 2019

Pembimbing I,

(Eddy Elfiano, ST., M.Eng)

Pembimbing II,

(Sehat Abdi Saragih, ST., MT)

PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UIR  
PEKANBARU

DAFTAR ASISTENSI

TUGAS : PROPOSAL TUGAS AKHIR

NAMA : MUSTAQIM

NPM : 143310377

JUDUL : ANALISA RANCANG ALAT PIROLISIS DENGAN METODE AIR PENDINGIN  
PADAKONDENSOR MENGALIR DAN TIDAK MENGALIR

NO	HARI/TGL	JAM	MATERI ASISTENSI	PARAF
1.	16/08/2018	11.20	Latar Belakang	hi
2.	27/08/2018	09.00	Definisi pirolisis	hi
3.	13/09/2018	11.00	Acc BAB II	hi
4.	01/10/2018	10.00	Persamaan untuk meng-	hi
5.			hitung energi kondensor	
6.	15/10/2018	16.30	Diagram alir penelitian	hi
7.	22/10/2018	16.00	metode penelitian	hi
8.	27/10/2018	11.30	Acc Seminar Proposal	hi
9.				
10.				

Perpustakaan Universitas Islam Riau  
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Pekanbaru, Agustus 2018

Dosen Pembimbing I

( Eddy Elfiano S.T., M.Eng.)

PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UIR  
PEKANBARU

DAFTAR ASISTENSI

TUGAS : PROPOSAL TUGAS AKHIR

NAMA : MUSTAQIM

NPM : 143310377

JUDUL : PENGARUH AIR PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP PROSES  
PENGEMBUNAN PADA ALAT PIROLISIS

NO	HARI/TGL	JAM	MATERI ASISTENSI	PARAF
1.	Paru, 6-1-2019	11.00	Tabel data Penelitian	ni
2.	Paru, 23-1-2019		Laju aliran asap Cair	ni
3.	edatu, 9-2-2019	11.00	Analisa data, pembuatan.	ni
4.			tabel proses pirolisis	
5.	05/03/2019	10.00	Grafik hasil pyrolisis	ni
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Perpustakaan Universitas Islam Riau  
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Pekanbaru, January 2019

Dosen Pembimbing I

( Eddy Elfiano S.T., M.Eng.)

PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UIR  
PEKANBARU

**DAFTAR ASISTENSI**

TUGAS : PROPOSAL TUGAS AKHIR

NAMA : MUSTAQIM

NPM : 143310377

JUDUL : PENGARUH AIR PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP PROSES  
PENGEMBUNAN PADA ALAT PIROLISIS

NO	HARI/TGL	JAM	MATERI ASISTENSI	PARAF
1.	Rabu, 28 Dec 16.	08.30	Perbaikan bab I	A
2.	Rabu, 3 Okt 18	10.00	masukan teori air pendingin Gol II	A
3.	Selasa, 16 Okt 18	16.20	Perbaikan bab III	A
4.	Rabu, 24 Okt 18	10.00	latihan Acc sempro	A.
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Perpustakaan Universitas Islam Riau  
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Pekanbaru, Agustus 2018

Dosen Pembimbing II

(Sehat Abdi S., ST.,MT)

PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UIR  
PEKANBARU

DAFTAR ASISTENSI

TUGAS : PROPOSAL TUGAS AKHIR

NAMA : MUSTAQIM

NPM : 143310377

JUDUL : PENGARUH AIR PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP PROSES  
PENGEMBUNAN PADA ALAT PIROLISIS

NO	HARI/TGL	JAM	MATERI ASISTENSI	PARAF
1.	Rabu, 6-03-19	13.00	Halusinasi bab IV	SA
2.	Senin, 11-03-19	14.00	Lanjutan bab IV	SA
3.	Rabu, 13-03-19	15.00	Acc. seminar luar	SA
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Pekanbaru, January 2019

Dosen Pembimbing II

(Sehat Abdi S., ST., MT)

## ABSTRAK

### Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolisis

**Mustaqim<sup>1</sup>, Eddy Elfiano dan Sehat Abdi Saragih**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jalan Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru 28284

Email: [taqimlrg@gmail.com](mailto:taqimlrg@gmail.com)

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan laju produk asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode dimana kondisi air kondensor yang mengalir dan air kondensor yang tidak mengalir. Metode air kondensor mengalir menggunakan alat tambahan berupa pompa untuk mensirkulasikan air pada kondensor. Penelitian menggunakan tempurung kelapa dengan temperatur 150°C dilakukan selama 4 jam. Hasil yang diperoleh dari kedua percobaan tersebut didapat hasil 230 ml asap cair dengan presentase arang sebesar 66% pada metode penelitian air kondensor yang mengalir, sedangkan pada penelitian air kondensor yang tidak mengalir diperoleh hasil sebesar 195 ml asap cair dengan presentase arang 65%. Dari dua metode penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwasannya metode air kondensor yang mengalir lebih baik dari pada metode penelitian air kondensor tidak mengalir dari segi hasil asap cair maupun dari segi parameter lainnya, karena air di dalam kondensor tidak terjadi kenaikan yang sangat signifikan.

Kata kunci: Pirolisis, Kondensor, Presentase

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr Wb**

Puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas izin-Nya akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas ini. Tidak lupa pula shalawat serta salam kita haturkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW yang membawa kita dari alam kegelapan menuju alam yang terang benerang.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah **“Pengaruh Air Pendingin Kondensor Terhadap Proses Pengembunan Pada Alat Pirolisi”**. Tugas Akhir ini merupakan tugas terakhir bagi mahasiswa Teknik Mesin sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua, Bapak Kastur dan Ibu Sudartik, terimakasih yang tak terhingga atas segala kasih sayang, dorongan, semangat, bantuan baik moril maupun material dan segala-galanya kepada saya selama ini.
2. Bapak Ir.H.Abd.Kudus Zaini,MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UIR.
3. Bapak DodyYulianto,ST.,MT. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin UIR.

4. Bapak Eddy Elfiano, ST., M. Eng. sebagai dosen pembimbing pertama yang telah bersedia untuk meluangkan waktu membimbing, memeriksa, memberikan petunjuk-petunjuk serta saran dalam penyusunan laporan ini.
5. Bapak Sehat Abdi Saragih, ST., MT sebagai dosen pembimbing kedua yang telah bersedia untuk meluangkan waktu membimbing, memeriksa, memberikan petunjuk-petunjuk serta saran dalam penyusunan laporan ini.
6. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan pengajaran kepada penulis selama dibangku kuliah serta karyawan/ti Tata Usaha Fakultas Teknik UIR yang telah ikut membantu proses kegiatan belajar mengajar di kampus.
7. Rekan-rekan mahasiswa di Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau yang telah ikut membantu selama ini. .

Atas segala usaha yang telah penulis lakukan dalam menyelesaikan tugas akhir, namun penulis tetap menyadari sepenuhnya bahwa isi tugas akhir ini ada kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun kepada pihak demi kesempurnaan isi dan penulisan untuk masa yang akan datang.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

**Wassalamu'alaikum Wr Wb**

Pekanbaru,      oktober 2018

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGATAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Asap Cair.....	6
2.2 Proses Pirolisis .....	8
2.3 Karakteristik dan Kandungan Asap Cair.....	9
2.3.1 Karakteristik Asap Cair.....	9
2.3.2 Kandungan Asap Cair .....	10
2.4 Komponen Alat Asap Cair .....	12
2.4.1 Reaktor Pirolisis .....	12
2.4.2 Pemanas .....	13

2.4.3	Penampung Tar .....	13
2.4.4	Kondensor .....	14
2.4.5	Pompa.....	21
2.5	Pengamatan Dalam Proses Pirolisis .....	23
2.5.1	Kadar Air Dalam Bahan.....	24
2.5.2	Presentase Jumlah Asap Cair dan Tar Hasil Pirolisis .....	24
2.5.3	Presentase Massa Bahan Setelah Pirolisa .....	24
2.5.4	Komponen Yang Hilang .....	25
2.5.5	Kinerja Alat.....	25

### **BAB III METODOLOGI**

3.1	Waktu Dan Tempat .....	26
3.2	Diagram Alir Penelitian .....	26
3.3	Studi Literatur .....	27
3.4	Alat Dan Bahan .....	27
3.4.1	Alat.....	27
3.4.2	Perakitan alat.....	31
3.5	Metode pengujian.....	32
3.5.1	Metode Pengujian Pertama .....	33
3.5.2	Metode Pengujian Kedua .....	33
3.6	Pengelolaan Data.....	34

### **BAB 1V PEMBAHASAN**

4.1	Pembahasan penelitian pertama .....	35
4.1.1	Perhitungan dalam waktu 60 menit.....	36

4.1.2	Perhitungan dalam waktu 120 menit.....	43
4.1.3	Perhitungan dalam waktu 180 menit.....	44
4.1.4	Perhitungan dalam waktu 240 menit.....	45
4.2	Pembahasan penelitian kedua.....	46
4.2.1	Perhitungan dalam waktu 60 menit.....	46
4.2.2	Perhitungan dalam waktu 120 menit.....	47
4.2.3	Perhitungan dalam waktu 180 menit.....	48
4.2.4	Perhitungan dalam waktu 240 menit.....	49
4.3	Analisa Data .....	52
4.3.1	Analisa presentase pada proses pirolisis .....	52
4.3.2	Analisa hasil asap cair.....	53
4.3.3	Analisa Energi ada proses pirolisis .....	54
4.3.4	Analisa panas kondensasi.....	57
4.3.5	Analisa <i>rate of condensation of steam</i> .....	58
4.3.6	Analisa koefisien perpindahan panas.....	59
4.3.7	Analisa <i>enthalphy evaporation</i> .....	60

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran .....	63

## **DAFTAR PUSTAKA .....**

## **LAMPIRAN.....**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1 Karakteristik Asap Cair.....	10
Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir .....	26
Gambar 3.2 Sketsa alat pirolisis.....	27
Gambar 3.3 Reaktor .....	28
Gambar 3.4 Tabung kondensor.....	29
Gambar 3.5 Kompor atau Pemanas.....	29
Gambar 3.6 Pompa.....	30
Gambar 3.7 Gelas Ukur.....	30
Gambar 4.1 diagram proses pirolisis.....	35
Gambar 4.2 Grafik presentase pada proses pirolisis .....	52
Gambar 4.3 Grafik hasil asap cair.....	54
Gambar 4.4 Grafik energy ada percobaan.....	55
Gambar 4.5 Grafik perpindahan panas kondensasi.....	57
Gambar 4.6 Grafik <i>rate of condensation of steam</i> .....	58
Gambar 4.7 Grafik koefisien perpindahan panas .....	59
Gambar 4.8 Grafik <i>enthalphy evaporation</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

Table 2.1 Tabel kalor jenis.....	24
Table 4.1 Data penelitian pertama .....	35
Table 4.2 Nilai sifat-sifat fluida (temperature) pada temperature 39,3.....	41
Table 4.3 Hasil perhitungan dalam waktu 120 menit .....	43
Table 4.4 Hasil perhitungan dalam waktu 180 menit .....	44
Table 4.5 Hasil perhitungan dalam waktu 240 menit .....	45
Table 4.6 Data penelitian kedua.....	46
Table 4.7 Hasil perhitungan dalam waktu 60 menit .....	47
Table 4.8 Hasil perhitungan dalam waktu 120 menit .....	48
Table 4.9 Hasil perhitungan dalam waktu 180 menit .....	49
Table 4.10 Hasil perhitungan dalam waktu 240 menit .....	50
Table 4,11 Data hasil perhitungan pertama.....	50
Table 4.12 Data hasil perhitungan kedua.....	51

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pirolisis adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah asap dari hasil pembakaran menjadi cairan. Dikalangan masyarakat dan di akademisi sudah banyak yang melakukan penelitian tentang alat pirolisis ini, mulai dari penelitian dari bahan pembuatnya maupun penelitian tentang komponen alat tersebut. Pada penelitian bahan masyarakat dan akademisi biasanya meneliti tentang jenis bahan yang digunakan dalam pembuatannya seperti jenis-jenis daun, bambu, tempurung kelapa, dan lain sebagainya. Sedangkan pada komponen alat, pada umumnya penelitian yang dilakukan adalah dengan memvariasikan suhu reaktor, membandingkan jenis pipa kondensor yang digunakan, dan kondisi air pada kondensor.

Di kalangan masyarakat Indonesia banyak yang tidak mengetahui apa itu asap cair maupun kegunaan dari asap cair tersebut. Padahal asap cair sudah lama ditemukan seperti di jelaskan (Sri Komarayati & Wibowo, 2015) bahwasannya di jepang, asap cair bambu sudah lama dikenal sejak ratusan tahun silam dan dimanfaatkan untuk bermacam-macam keperluan, antara lain: sebagai obat detoksifikasi. Selain itu (Sri Komarayati & Wibowo, 2015) menjelaskan bahwasannya di bidang pangan, masyarakat di Negara Uni Eropa dan Amerika sudah terbiasa menyantap daging panggang yang terlebih dahulu direndam dalam larutan asap cair yang telah dimurnikan melalui penyulingan bertingkat supaya zat yang berbahaya hilang.

Penelitian tentang alat asap cair sudah cukup banyak diteliti oleh masyarakat maupun mahasiswa, pada umumnya cara kerja alatnya sama satu sama lain hanya bentuk dan ukuran yang berbeda, ada juga penambahan komponen pendukung lainnya seperti penambahan *blower* agar proses pendinginan di kondensor lebih cepat. Selain itu penelitian asap cair yang banyak dilakukan adalah penelitian asap cair dengan mengubah bahan yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan asap cair. Contoh penelitian tentang asap cair tersebut seperti penelitian (R. E. Putri, Mislaini, & Ningsih, 2015) dimana bahan baku yang digunakan adalah sekam padi jenis padi IR64. Penelitian (Prasetyowati, Hermanto, & Farizy, 2014) tentang pembuatan asap cair dari cangkang buah karet sebagai koagulan lateks. Ada juga Penelitian (Renny et al, 2015) dimana penelitian tersebut kondensor yang digunakan berbentuk pipa spiral yang dimasukkan dalam sebuah drum yang berisi air. Pipa yang digunakan terbuat dari *stainless steel* yang mempunyai panjang 10.5 m, diameter pipa 0.75 inch, diameter lingkaran spiral 35 cm, dan jumlah lingkaran 9 buah. Dan hasil asap cair yang dihasilkan dari proses tersebut adalah 25.83 ml pada lama pirolisa 2 jam.

Dari penelitian (Rodiah et al, 2007) dimana alat pirolisis yang digunakan menggunakan metode kondisi air pada kondensor yang mengalir (bersirkulasi), dan penelitian (Renny et al, 2015) dimana alat pirolisis yang digunakan menggunakan metode kondisi air yang tidak mengalir. Dari kedua penelitian yang telah dilakukan, metode yang digunakan setiap penelitian hanya menggunakan satu metode percobaan seperti metode dimana air pada kondensor tidak mengalir atau menggunakan metode air yang mengalir. Oleh karena itu, maka penulis ingin

melakukan penelitian perbandingan alat pirolisis dimana menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode air kondensor yang mengalir dan air kondensor yang tidak mengalir. Untuk mengetahui seberapa pengaruh kondisi air pada kondensor terhadap hasil asap cair.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah yang akan dibahas. Masalah-masalah yang dimaksud mencakup hal-hal sebagai berikut;

1. Bagaimana menganalisa proses pirolisis pada pembuatan asap cair menggunakan metode kondisi air pada kondensor yang mengalir dengan air yang tidak mengalir?
2. Bagaimana menghitung laju pengembunan asap cair menggunakan analisa perpindahan panas?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat ditentukan tujuan utama dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisa laju perpindahan panas pada proses pirolisis menggunakan metode kondisi air kondensor yang mengalir dengan air kondensor tidak mengalir.
2. Untuk mendapatkan laju produk asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis menggunakan metode kondisi air kondensor mengalir dengan air kondensor tidak mengalir.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam hal ini, untuk memperingkat dan memperjelas suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari:

1. Pengujian atau penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik, Universitas Islam Riau.
2. Pipa kondensor menggunakan bahan tembaga.
3. Penelitian dilakukan dengan cara bertahap, dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, Dengan suhu sekitar 150 °C.
4. Penelitian menggunakan bahan dari limbah tempurung kelapa.
5. Pada penelitian dengan metode air pada kondensor mengalir dilakukan dengan cara menghidupkan pompa saat proses pirolisis dilakukan.
6. Pada penelitian dengan metode air pada kondensor tidak mengalir, komponen pompa tidak digunakan.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penyusunan ini bisa dijadikan proposal judul untuk tugas akhir terbagi dalam lima bab secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

##### **Bab I Pendahuluan**

Pada bagian pendahuluan berisi latar belakang masalah, tujuan masalah, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian alat pirolisis yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

## **Bab III Metodologi Penelitian**

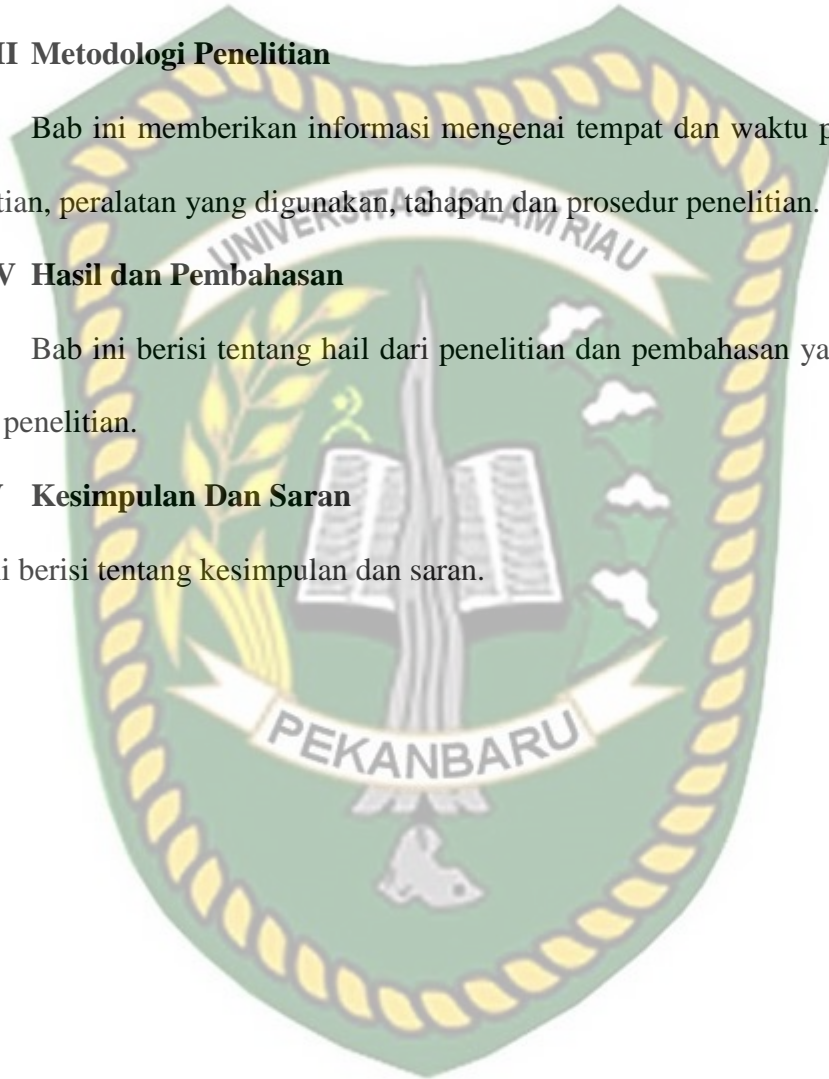
Bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan dan prosedur penelitian.

## **Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang hasil dari penelitian dan pembahasan yang terdapat dalam penelitian.

## **Bab V Kesimpulan Dan Saran**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Asap Cair

Asap cair adalah cairan *condensat* dari asap yang telah mengalami penyaringan untuk memisahkan tar dengan bahan-bahan tertentu (Sari, Bandol Utomo, & Sedayu, 2017). Ataupun arti lain dari asap cair adalah suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan yang banyak mengandung karbon serta komponen lainnya (Yunus, 2011). Menurut (Yuliyani & Prayogo, 2013), asap cair merupakan suatu campuran larutan dan *dispersecoloid* dari uap asap kayu dalam air yang diperoleh dari hasil pirolisis kayu

Proses pembuatan asap cair pada umumnya menggunakan metode pirolisis. Menurut *Cheresmisinoff*, dalam buku E. Sjostrom (1995), pirolisis atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dalam jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya di dalam *furnace*. Proses ini menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap-uap asap astetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan area permukaan sempit (Tuti et al, 2009). Adapun pengertian dari pirolisis adalah proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik atau senyawa kompleks menjadi zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar pada suhu yang cukup tinggi (Rodiah et al, 2007).

Faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis menurut (Nasir, Doni, & Andonie, 2008) adalah sebagai berikut:

1. Waktu Pemanasan

Bila waktu pemanasan diperpanjang, maka reaksi pirolisis makin sempurna sehingga hasil arang akan menurun tetapi cairan dan gas semakin meningkat. Waktu pemanasan berbeda-beda tergantung pada jenis dan jumlah bahan yang diolah, misalnya: kayu Oak memerlukan waktu 10 jam dan ampas tebu kira-kira 1 sampai 2 jam.

2. Suhu pemanasan

Makin tinggi suhu, arang yang diperoleh akan berkurang, tetapi hasil cairan dan gas meningkat. Hal ini disebabkan meningkatnya zat-zat yang terurai dan teruapkan. Untuk kayu Oak, suhu yang diperlukan sekitar 205-450°C.

3. Ukuran Bahan

Keberhasilan proses pirolisa juga dipengaruhi oleh ukuran bahan, main cepat pemerataan panas keseluruhan umpan, makin sempurna jalannya pirolisa.

4. Kadar Air

Pengaruh kadar air umpan yaitu bila kadar air tinggi, pembakaran dalam pirolisa kurang baik jalannya, dan bara yang terbentuk mudah mati sehingga makin lama waktu yang diperlukan. Hal ini disebabkan karena uap air yang dilepaskan makin banyak. Kadar air untuk setiap zat berbeda, misalnya untuk sekam padi kadarnya adalah 13.08%.

## 2.2 Proses pirolisis

Proses pirolisis berbeda dengan proses karbonisasi, walaupun ada sedikit oksigen disaat reaksi berlangsung. Dalam proses karbonisasi bahan organik dikonversi menjadi arang sedangkan pada proses pirolisis terjadi proses dikomposisi kimia biomassa tanpa atau sedikit oksigen menjadi tiga bentuk yaitu padatan, cair dan gas. Perbandingan produk dipengaruhi oleh komposisi kimia biomassa dan kondisi operasi pirolisis (Kausa, 2012). Dalam pirolisis terdapat dua tingkatan proses, yaitu pirolisis primer dan pirolisis sekunder. Pirolisis primer adalah pirolisis yang terjadi pada bahan baku dan berlangsung pada suhu kurang dari 600°C, hasil penguraian utama adalah karbon (arang). Pirolisis sekunder yaitu pirolisis yang terjadi pada partikel dan gas atau uap hasil pirolisis primer dan berlangsung diatas suhu 600°C. Hasil dari pirolisis pada suhu ini adalah karbon monoksida (CO), hydrogen (H<sub>2</sub>), hidrokarbon (Yuliyani & Prayogo, 2013).

Proses pirolisis melibatkan berbagai reaksi seperti dikomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Reaksi-reaksi yang terjadi selama pirolisis: pelepasan uap air yang ditandai belum adanya emisi CO dalam gas pembakaran terjadi pada suhu 300°C senyawa yang paling dominan 1,6-anhyro-beta-d-glucopyranos (20,88%), proses dekomposisi hemiselulosa dan selulosa, terjadi pada suhu 400°C senyawa yang paling dominan adalah asam astetat (53,95%), senyawa asam astetat pada suhu ini juga tertinggi dari pada suhu lainnya. Pada suhu 500°C dan 600°C senyawa yang paling dominan masih asam astetat, 50,11% pada suhu 500°C dan 38,23% pada suhu 600%. Dilihat dari presentase asam astetat pada kedua suhu tersebut cenderung semakin turun, hal ini disebabkan

karena untuk pembakaran digunakan air untuk medium pendingin agar proses pertukaran panas dapat terjadi dengan cepat. Pirolisis pada suhu tinggi dan waktu yang terlalu lama akan menyebabkan asap cair yang terbentuk cenderung berkurang karena suhu dalam air pendingin semakin meningkat sehingga asap cair yang di hasilkan tidak terkondisikan secara optimal. Namun semakin tinggi suhu pirolisis maka senyawa otomatis akan muncul semakin banyak (Demirbas, 2005).

### **2.3 Karakteristik dan kandungan asap cair**

#### **2.3.1 Karakteristik asap cair**

Adapun karakteristik dan manfaat dari asap cair menurut (Yuliyani & Prayogo, 2013) adalah sebagai berikut:

##### **1. Asap cair grade 3**

Asap cair grade 3 yaitu warna coklat gelap, rasa asam kuat, digunakan untuk menggumpalkan karet pengganti asam semut, penyamakan kulit, pengganti antiseptik untuk kain, menghilangkan jamur dan mengurangi bakteri *pathogen*. Tidak dapat digunakan untuk pengawetan makanan, karena masih banyak mengandung tar yang karsinogenik.

##### **2. Asap cair grade 2**

Asap cair grade 2 yaitu warna kecoklatan transparan, rasa asam sedang, aroma asap lemah, digunakan untuk makanan dengan taste asap (daging asap, bakso, mie, tahu, telur asap, ikan asap). Asap cair ini digunakan untuk mengawetkan makanan sebagai pengganti formalin, rasa asam sedang, aroma asap lemah.

### 3. Asap cair grade 1

Asap cair grade 1 digunakan untuk mengawetkan makanan seperti bakso, mie, tahu. Berwarna bening, rasa sedikit asam, aroma netral, merupakan asap cair yang paling bagus kualitasnya dan tidak mengandung senyawa yang berbahaya lagi untuk diaplikasikan untuk produk makanan. Adapun gambar karakteristik asap cair dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 karakteristik asap cair

(Tim Pengkajian Bioindustri Kelapa, 2015)

#### 2.3.2 Kandungan asap cair

Adapun kandungan yang terdapat dalam asap cair, adalah sebagai berikut:

1. Senyawa-senyawa fenol. Senyawa fenol diduga berperan sebagai antioksidan sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Kandungan senyawa fenol dalam asap sangat bergantung pada temperature pirolisis kayu. Menurut (Yunus, 2011), kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu

antara 10-200 mg/kg. Beberapa jenis fenol yang biasanya terdapat pada produk asapan adalah *guaiakol* dan *siringol*. Senyawa-senyawa fenol yang terdapat pada asap kayu umumnya hidrokarbon aromatic yang tersusun dari cincin benzena dengan jumlah gugus hidroksil yang terikat. Senyawa ini juga dapat mengikat gugus-gugus lain seperti *aldehid*, *keton*, asam, dan *ester*.

2. Senyawa-senyawa karbonil. Senyawa karbonil dalam asap memiliki peran pada pewarnaan dan citarasa produk asapan. Golongan senyawa ini memiliki aroma seperti aroma caramel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat pada asap cair antara lain *vanillindan siringaldehida*.
3. Senyawa-senyawa asam. Senyawa asam mempunyai peran sebagai antibakteri dan membentuk citarasa produk asapan. Senyawa ini antara lain adalah *asam astetat*, *propionat*, *butirat*, dan *valerat*.
4. Senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis. Senyawa *hidrokarbon polisiklis aromatis*(HPA) dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Seperti *benzo(a)pirena* merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena sifat karsinogen (Yunus, 2011), menyatakan bahwa pembentukan HPA selama pembuatan asap tergantung beberapa hal, seperti temperature pirolisis, waktu dan kelembaban udara pada proses pembuatan asap serta kandungan udara dalam kayu. Dikatakan juga bahwa semua proses yang menyebabkan terpisahnya partikel-partikel besar dari asap akan menurunkan kadar *benzo(a)pirena*. Proses tersebut antara lain adalah pengendapan dan penyaringan.

5. Senyawa benzo(a)pirena. *Benzo(a)pirena* merupakan komponen asap dari kelompok senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik (*polycyclic aromatic hydrokarbons*) yang bersifat karsinogenik. Struktur kimia dari senyawa ini relative stabil. Ketika daging dimasak di atas bara (pengasapan panas), sebagian lemak menetes pada bara api akan teroksidasi oleh CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, membentuk hidrokarbon aromatik polisiklik. Komponen yang dibawa oleh asap ke daging yang sedang diasapi dan terakumulasi pada daging yang diasap. Senyawa benzo(a)pirena mempunyai titik didih 310°C dan dapat menyebabkan kanker ulit jika dioleskan langsung pada permukaan kulit. Akan tetapi membutuhkan waktu yang lama (M.Yunus, 2010).

#### 2.4 Komponen alat asap cair

Adapun komponen-komponen utama pada alat pembuat asap cair adalah sebagai berikut:

##### 2.4.1 Reaktor Pirolisis

Reaktor pirolisis adalah alat pengurai senyawa-senyawa organik yang dilakukan dengan proses pemanasan tanpa berhubungan langsung dengan udara luar dengan suhu 300-600°C. Reaktor pirolisis dibalut dengan selimut dari bata dan tanah untuk menghindari panas keluar berlebihan, memakai bahan bakar kompor minyak tanah atau gas. Proses pirolisis menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padat, cairan dan gas (Buchingham, 2010).

Reaktor pirolisis pada umumnya terbuat dari *stainless tail* seperti penelitian (R. E. Putri et al., 2015) dimana reaktor terbuat dari stainless tail dengan ketebalan 0.3 mm, berbentuk tabung dengan atas berbentuk kerucut yang

disambung pipa. Silinder memiliki diameter 28 cm, tinggi 40 cm, dan volume 12,3 Liter. Digunakannya bahan *stainless tail* dikarenakan bahan tersebut dapat menghantarkan panas yang cukup cepat sehingga proses untuk pembakaran tidak akan membutuhkan waktu yang lama.

#### 2.4.2 Pemanas

Pemanas pada alat pirolisis untuk pembuatan asap cair pdada umumnya tedapat beberapa jenis, antara lain: pemanas yang menggunakan bahan bakar kayu, pemanas yang menggunakan bahan bakar BBM (minyak bumi), dan pemanas yang menggunakan bahan bakar gas. Pada penelitian ini pemanas yang digunakan dalam proses pirolisis adalah menggunakan kompor gas. Kompor gas digunakan dalam proses ini karena akan mempermudah proses pemanasan bahan untuk membuat asap, dibandingkan dengan menggunakan alat ataupun bahan bakar lainnya.

#### 2.4.3 Penampung Tar

Menurut (R. E. Putri et al., 2015) penampung tar berfungsi untuk menampung tar yang dihasilkan dari proses pirolisa. Dalam penelitiannya penampung tar terbuat dari *stainless steel* dengan tebal 1 mm. penampung ini berbentuk tabung dengan bagian atas berbentuk kerucut. Penampung ini bediameter 7 cm dan tinggi 7 cm. bagian atasnya kerucut dengan tinggi 4 cm.

## 2.4.4 Kondensor

### 2.4.4.1 Pengertian kondensor

Kondensor merupakan sebuah alat penukar panas (*heat exchanger*) yang berfungsi mengkondensasikan fluida kerja. Kondensasi terjadi jika suhu dari bahan dibawah suhu saturasi dari gas, kemudian pada gas terjadi perubahan fase menjadi cair.

Menurut (Gabe, 2015) terdapat dua jenis kondensasi yang terjadi pada proses kondensasi di dalam kondensor, yaitu kondensasi lapisan (*film*) dan kondensasi titik (*droplet*). Pada kondensasi lapisan, proses terjadinya dimulai dengan timbulnya lapisan film yang menyelubungi dinding-dinding sebelah dalam pipa dan semakin lama akan menjadi lapisan tebal serta akhirnya mengalir akibat pengaruh gravitasi. Pada kondensasi titik, proses kondensasi terjadi dengan dimulainya titik-titik yang akhirnya berubah dan berkembang menjadi tetesan-tetesan cairan dan jatuh dari permukaan akibat dari gravitasi.

Menurut(H. Y. Putri, Hidayanti, & Pasaribu, 2017) pemindahan panas dan proses kondensasi didalam kondensor dapat terjadi dalam dua cara, yaitu:

- a. Proses dengan bantuan air.

Air digunakan untuk membantu mengambil panas dari refrigerant uap. Refrigerant uap yang mengalir dalam kondensor disimpan dalam suatu tempat atau air dilewatkan pada kondensor yang berisi refrigerant uap. Air masuk mempunyai temperature lebih rendah dibandingkan dengan temperature refrigerant uap. Panas dari refrigerant uap dipindahkan ke air melalui dinding kondensor. Air tersebut membawa panas dari wadah melalui saluran keluar. Jika

medium pendingin yang digunakan air, lebihannya adalah air mempunyai sifat membawa dan memindahkan panas yang jauh lebih baik dari udara.

b. Proses dengan bantuan udara.

Udara digunakan untuk membuang panas dari refrigerant uap melalui permukaan kondensor. Udara dihembuskan dengan menggunakan kipas ke permukaan kondensor. Karena udara lebih dingin dari refrigerant uap maka terjadi perpindahan panas dari refrigerant uap ke udara bebas melalui permukaan kondensor.

Tipe-tipe kondensor menurut (H. Y. Putri et al., 2017) dalam bukunya menyatakan ada tiga tipe kondensor menurut pendinginnya, yaitu:

1. Kondensor dengan pendingin air (*water cooled*)

Kondensor dengan pendingin air mempunyai tiga tipe, yaitu *shell and tube*, *shell and coil*, dan *double tube*. Kondensor *shell and tube* (tabung dan pipa) yang umum digunakan, air mengalir melalui bagian dalam pipa dan refrigerant dikondensasikan pada bagian tabung. Tipe kondensor *shell and coil* (tabung dengan coil) terdiri dari lebih dari satu spiral bare tube coil yang ditutup dengan shell logam yang dilas (dipatri), terkadang menggunakan rusuk-rusuk. Air kondensasi disirkulasikan melalui coils, ketika refrigerant dimasukkan pada shell dan mengelilingi coils. Uap refrigerant yang mempunyai suhu panas masuk melalui atas coils. Pada kondensor *double tube*, terdiri dari dua tube didesain dimana tube satu didalam tube yang lain. Air mengalir melalui pipa bagian dalam, ketika refrigerant mengalir berlawanan arah pada ruang antara dalam dan luar tube.

2. Kondensor dengan pendingin udara (*air cooled*)

Faktor penting untuk menentukan kapasitas kondensor adalah:

- a. Luas permukaan yang didinginkan.
- b. Jumlah udara per menit yang dipakai untuk mendinginkan.
- c. Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara yang diluar.

Pada kondensor pendingin udara, panas dikurangi dengan udara menggunakan konveksi natural atau paksa. Kondensor terbuat dari baja, tembaga atau alumunium. Tube tersedia dengan rusuk-rusuk untuk meningkatkan perpindahan panas. Kondensor ini digunakan untuk kapasitas mesin yang kecil.

3. Kondensor dengan pendingin campuran air dan udara (*evaporative*)

Kondensor *evaporative* pada dasarnya adalah kombinasi antara kondensor dengan menara pendingin yang dirakit menjadi satu unit atau kondensor yang menggunakan udara dan air sebagai media pendinginnya

**2.4.4.2 Analisa kerja kondensor**

**1. Perhitungan perpindahan panas pada kondensor**

Menurut (Cengel, 2018) untuk mendapatkan hasil perpindahan panas pada kondensor dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{h_{*fg}} \dots\dots\dots \text{pers (1)}$$

Dimana:

$\dot{m}$  = Rate of condensation of steam (kg/s)

$$\dot{Q} = hA_s(T_{sat} - T_s) \dots\dots\dots \text{pers (2)}$$

Dimana:

$\dot{Q}$  = Perpindahan panas kondensasi (W)

$h$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A_s$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$T_{sat}$  = Suhu uap ( $^\circ C$ )

$T_s$  = Suhu dinding ( $^\circ C$ )

Untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas ( $h$ ) dapat menggunakan rumus:

$$h = 0,943 \left[ \frac{g \cdot \rho_l \cdot h_{*fg} \cdot k_l}{\mu_l \cdot (T_{sat} - T_s) \cdot D} \right]^{0,25} \dots \text{pers (3)}$$

Dimana:

$h$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$g$  = Gravitasi bumi ( $9.81 m/s^2$ )

$h_{*fg}$  = *Enthalpy vaporating* (kJ/kg)

$k_l$  = *Thermal conductivity liquid* ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

Sedangkan untuk mendapatkan nilai  $h_{*fg}$  dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{*fg} = h_{fg} + 0,68 C_{pl} (T_{sat} - T_s) \dots \text{pers (4)}$$

Dimana :

$h_{fg}$  = *Enthalpy vaporating* (kJ/kg)

$C_{pl}$  = *Specific heat* (J/kg. $^\circ C$ )

Untuk mendapatkan nilai *enthalpy vaporating*, *specific heat*, *koefisien* perpindahan panas dapat dilihat pada tabel A-9 thermodynamic.

## 2. Perhitungan energi pada proses pirolisis

Menurut(Sari et al., 2017) besarnya energi yang dilepas dari pembentukan asap cair dan energi yang diserap oleh air kondensor dihitung menggunakan perhitungan berikut:

- Besar energi

$$Q_a = [Q_1 - Q_2] + \left[ \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g \cdot j} \right] \dots \dots \dots \text{pers (5)}$$

$$Q_a = \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] + \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$Q_a = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Dimana :

$Q_a$  = Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair (kJ/kg asap)

$Q_1$  = Energi yang dilepas oleh asapaat masuk dalam kodensor (kJ/kg)

$Q_2$  = Energi yang dilepas oleh asap cair setelah keluar dari kondensor (kJ/kg)

$V_1^2$  = Kecepatan alir dari asap (m/s)

$V_2^2$  = Kecepatam alir dari asap cair (m/s)

$g_0$  = Percepatan gravitasi standar = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$j$  = Bilangan konversi; 101,97 m.kg/kJ

- Energi yang dilepas oleh asap ( $Q_1$ ) dan asap cair ( $Q_2$ ) yang melalui kondensor dapat dihitung dengan perhitungan:

$$Q_1 = c_{\text{asap}} \times T_{\text{asap}} \dots\dots\dots \text{pers}(6)$$

$$Q_2 = c_{\text{asap cair}} \times T_{\text{asap cair}} \dots\dots\dots \text{pers} (7)$$

Dimana:

$Q_1$  = Energi yang dilepas oleh asap saat masuk dalam kondensor (kJ/N)

$Q_2$  = Energi yang dileps oleh asap cair setelah keluar dari kondensor (kJ/N)

$c_{\text{asap}}$  = Panas jenis (*specific heat*) asap, diasumsikan sebagai c uap air : 2010 J/kg.°C (Abdullah, 2005:49)

$c_{\text{asap cair}}$ = Panas jenis (*specific heat*) asap cair, diasumsikan sebagai c air = 4200 J/kg.°C.

$T_{\text{asap}}$  = suhu pirolisis (°C)

$T_{\text{asap cair}}$ =suhu asap cair pada penampung (°C)

Adapun table nilai kalor jenis adalah sebagai berikut:

No	Nama Zat	Kalor Jenis	
		J/kg°C	Kkal/kg°C
1	Alkohol	2.400	550
2	Es	2.100	500
3	Air	4.200	1000
4	Uap Air	2.010	480
5	Alumunium	900	210
6	Besi/Baja	450	110

Table 2.1 Tabel Kalor Jenis  
( Fisika, Kane dan Sterheim, 1991)

- Kecepatan aliran dari asap dan asap cair dapat dihitung dengan perhitungan:

$$Q = A \times v \dots\dots\dots \text{pers (8)}$$

Dimana;

Q = Debit (*flow rate*) (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang kondensor (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan alir (m/s)

Sedangkan untuk menentukan volume asap, dikonversikan terlebih dahulu

bobot asap yang tercatat dengan massa jenisnya dengan perhitungan:

$$\rho \text{ asap} = \frac{m \text{ asap}}{V \text{ asap}} \dots\dots\dots \text{pers (9)}$$

$\rho \text{ asap}$  = massa jenis asap (kg/m<sup>3</sup>); diasumsikan sebagai massa jenis uap air = 0.6 kg/m<sup>3</sup>.

m asap = Bobot asap (kg); diasumsikan = bobot tempurung – bobot arang

Vasap = volume asap (m<sup>3</sup>)

- Energi yang diserap air kondensor dapat dihitung dengan perhitungan:

$$Q_x = c \text{ air} \times (T \text{ outlet} - T \text{ inlet}) \text{ kondensor} \dots\dots\dots \text{pers(10)}$$

Dimana :

Q<sub>x</sub> = energi yang diserap oleh air kondensor (kJ/kg air)

C air = panas jenis (*specific heat*) air = 4200 J/kg.°C

T outlet = suhu outlet kondensor tercatat (°C)

T inlet = suhu inlet kondensor tercatat (°C)

- Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan 1 kg asap dapat dihitung dengan perhitungan:

$$m \text{ air kondensor} = \frac{Q_a}{Q_x} \dots\dots\dots \text{pers (11)}$$

Dimana :

$m$  air kondensor = Bobot air kondensor yang dibutuhkan untuk mengembunkan 1 kg asap menjadi asap cair (kg air)

$Q_a$  = Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair (kJ/kg)

$Q_x$  = Energi yang diserap oleh air kondensor (kJ/kg)

## 2.4.5 Pompa

### 2.4.5.1 Pengertian pompa

Pompa merupakan salah satu jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan (Sunyoto dkk, 2008). Prinsip kerja pompa adalah pada pompa terdapat sudu-sudu impeller yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses konversi energi dari energi mekanik putaran menjadi energi fluida head. Impeler dipasang berhubungan dengan motor penggerak, poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar. Karena poros penggerak berputar impeler dengan sudu-sudu impeler berputar, zat cair yang ada di dalamnya akan ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari tangan pompa ke saluran yang berbentuk volut atau spiral kemudian ke luar melalui nozel.

#### 2.4.5.2 Klasifikasi pompa

Menurut (Marliyadi, 2012) pompa dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori, yaitu:

##### 1. Pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*)

Pompa perpindahan positif dikenal dengan caranya beroperasi: cairan diambil dari salah satu ujung dan pada ujung lainnya dialirkan secara positif untuk setiap putarannya. Pompa perpindahan positif digunakan secara luas untuk pemompaan fluida selain air, biasanya fluida kental.

Pompa perpindahan positif selanjutnya digolongkan berdasarkan cara perpindahannya:

- Pompa *Reciprocating*

Pompa *Reciprocating* adalah pompa dimana energi mekanik dari penggerak pompa diubah menjadi energi aliran dari cairan yang dipompa dengan menggunakan elemen yang bergerak bolak-balik dalam silinder. Pompa *Reciprocating* mempunyai tekanan yang tinggi sehingga mampu melayani sistem dengan head yang tinggi. Tekanan yang dihasilkan tidak tergantung pada kapasitas tapi tergantung pada daya penggerak dan kekuatan bahan.

- Pompa *Rotary*

Pompa *Rotary* adalah pompa perpindahan positif dimana energi mekanis ditransmisikan dari mesin penggerak ke cairan dengan menggunakan elemen yang berputar (rotor) di dalam rumah pompa (casing). Pada waktu rotor berputar didalam rumah pompa, akan terbentuk kantong-kantong yang mula-mula

volumenya besar (pada sisi isap) kemudian volumenya berkurang (pada sisi tekan) sehingga fluida akan tertekan keluar.

## 2. Pompa Dinamik (*dynamic pump*)

Pompa dinamik juga dikarakteristikan oleh caranya beroperasi, yaitu: impeler yang berputar akan mengubah energy kinetik menjadi tekanan maupun kecepatan yang diperlukan untuk mengalirkan fluida.

Terdapat dua jenis pompa dinamik, yaitu:

### a. Pompa sentrifugal

Merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompaan air dalam berbagai penggunaan industri. Biasanya lebih dari 75% pompa yang dipasang di sebuah industri adalah pompa sentrifugal.

### b. Pompa desain khusus (*special design*)

Pompa jenis ini dirancang untuk suatu kondisi khusus di dalam berbagai bidang sesuai dengan kebutuhannya. Contohnya jet pump atau ejector.

## 2.5 Pengamatan dalam proses pirolisis

Adapun pengamatan yang dapat dilakukan di dalam proses pirolisis ini adalah mengamati kadar air yang terdapat pada bahan, presentasi jumlah asap cair, presentasi tar, massa bahan setelah proses pirolisis, komponen yang hilang, dan kinerja alat.

### 2.5.1 Kadar arang

Menurut (Sari et al., 2017), menghitung kadar air di dalam bahan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar arang} = \frac{\text{bobot arang(g)}}{\text{bobot tempurung (g)}} \times 100\% \dots\dots \text{pers (12)}$$

**2.5.2 Presentase jumlah asap cair dan tar hasil pirolisis**

Menurut (R. E. Putri et al., 2015) , presentase yang dihasilkan produksi arang dan komponen yang hilang dihitung dalam mnggunakan rumus:

$$AC = [m_{ae} / m_x] \times 100\% \dots\dots \text{pers (13)}$$

Dimana:

AC = Presentase asap cair hasil pirolisa (%)

m<sub>ae</sub> = Massa asap cair (g)

m<sub>x</sub> = Massa bahan (g)

$$P = [ m_o / m_{eo} ] \times 100\% \dots\dots \text{pers (14)}$$

Dimana:

P = Presentase tar hasil pirolisa (%)

m<sub>o</sub> = Massa tar pada penampung (g)

m<sub>eo</sub> = Massa bahan (g)

**2.5.3 Presentase massa bahan setelah pirolisa**

Presentase bahan setelah pirolisa dapat dihitung menggunakan rumus:

$$BSP (\%) = [ \text{massa BSP (g)} / m_x ] \times 100\% \dots\dots \text{pers (15)}$$

**2.5.4 Komponen yang hilang**

Komponen yang hilang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Komponen yang hilang (\%)} = 100\% - (\%AC + \%Tar + \%BSP).. \text{pers (16)}$$

### 2.5.5 Kinerja Alat

Menurut (Renny et al,2011) kinerja alat penghasil asap cair terutama pada bobot destilasi yang tertampung setiap lama pirolisa yang dihasilkan kondensor. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kinerja alat (g/jam.m)} = [m_{ae} / (t \times p)] \dots\dots\dots \text{pers (17)}$$

Dimana:

$m_{ae}$  = massa asa cair hasil prolisa (g)

$t$  = Waktu pirolisa (jam)

$p$  = panjang kondensor (m)



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu pelaksanaan

Penelitian pengaruh air pendingin kondensor terhadap proses pengembunan pada alat pirolisis dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Islam Riau. Penelitian dilaksanakan mulai pada tanggal 16 Agustus 2018 sampai tanggal 30 Oktober 2018.

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengumpulan data penelitian, dapat digambarkan seperti *flowchart* dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Studi Literatur

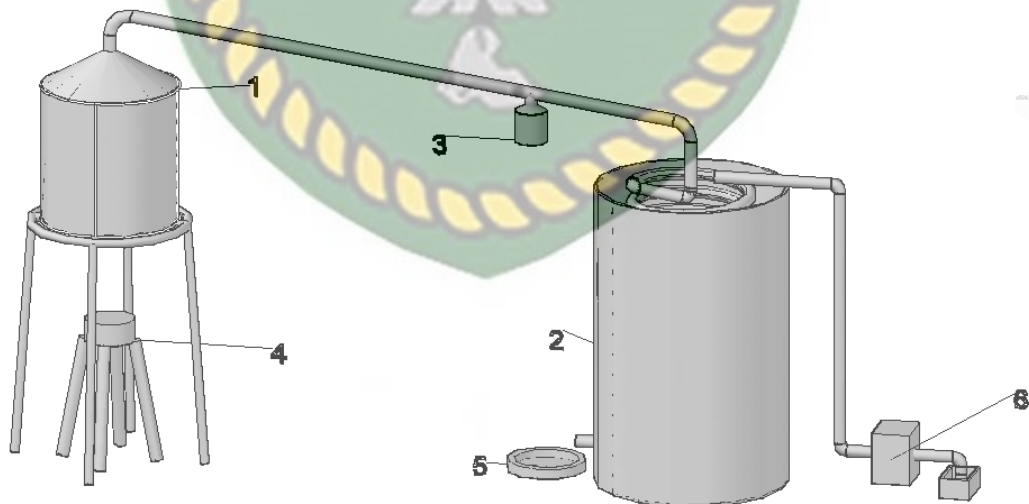
Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber, jurnal, buku, danskripsi.

### 3.4 Alat Dan Bahan

Dalam penelitian pirolisis ini menggunakan beberapa peralatan dan bahan untuk mendukung proses pengujian, alat dan bahan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Alat

Dalam penelitian ini terdapat komponen-komponen utama pada pirolisis yaitu:



Gambar 3.2 Sketsa Alat Pirolisis

### 1. ReaktorPirolisis

Reaktor ini terbuat dari *stainless steel* yang berbentuk tabung berukuran diameter 30 cm, tinggi 40 cm dan ujungnya berbentuk kerucut. Tinggi cerobong sekitar 25 cm.



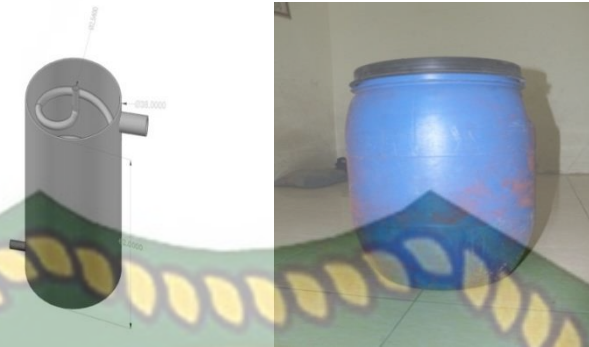
Gambar 3.3 Reaktor

### 2. Kondensor

Kondensor berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 62 cm dan diameter 38 cm. Untuk bahan pipa yang digunakan untuk kondensor adalah tembaga dengan ukuran 0.5 inch, panjang 5 meter, jumlah lilitan 6 buah dan tinggi lilitan 55 cm.

Keunggulan dan kelemahan bahan pipa tembaga adalah :

- a. Keunggulan pipa tembaga adalah nilai konduktivitas yang tinggi sebesar 380 J/m.s<sup>o</sup>C.
- b. Keunggulan pipa tembaga adalah lebih mudah untuk dibentuk spiral.
- c. Kerugian pipa tembaga adalah lebih mudah korosi dibandingkan *stainless steel*.



Gambar 3.4 Tabung kondensor

3. Penampung tar

Penampung tar terbuat dari *stainless steel* berbentuk silinder dengan diameter 8 cm dengan tinggi 10 cm.

4. Kompor atau pemanas

Pemanas yang digunakan adalah kompor gas berukuran sedang.



Gambar 3.5 Kompor atau Pemanas

5. Penampung Asap Cair

Penampung asap cair yang digunakan adalah dengan gelas ukur.



Gambar 3.6 Gelas Ukur

6. Pompa Air

Pompa yang digunakan dalam pirolisis menggunakan pompa sirkulasi aquarium type AA 880. Dengan spesifikasi tegangan 220 -240 V, frekuensi 50 Hz, kapasitas 1000 Liter/jam.



Gambar 3.7 Pompa

Ada pula alat-alat pendukung dalam penelitian pirolisis yaitu:

1. Termometer

Thermometer pada penelitian digunakan untuk mengetahui temperatur reaktor maupun temperatur pada kondensor.

2. *Stopwatch*

Digunakan untuk mendapatkan batasan waktu dalam pengambilan data pada tiap jamnya.

### 3. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan sebelum dan sesudah proses pirolisis.

#### 3.4.2 Bahan

Dalam penelitian pirolisis beberapa bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa yang sudah dikeringkan terlebih dahulu.

### 3.5 Perakitan Alat

Adapun tahapan-tahapan perakitan alat pirolisis adalah sebagai berikut:

1. Persipkan bahan-bahan seperti dandang nasi ukuran 5 kg, pipa *stainless steel* ukuran diameter 2 inch, panjang 2 meter, pipa tembaga ukuran 0.5 inch dengan panjang 5 meter, drum air ukuran 60 liter, pompa aquarium, kompor atau pemanas.
2. Rakit reactor dengan mengelas dandang nasi dengan pipa *stainless steel* dengan tinggi cerobong 25 cm, dan panjang antara reaktor dan kondensor 150 cm. dan rakit penampung tar pada pipa *stainless steel*.
3. Rakit tempat untuk kompor dan reactor sesuai dengan ukuran.
4. Pada kondensor pipa tembaga dibuat spiral dengan diameter 24 cm, tinggi 55 cm. Pada drum dipasang kran untuk mengalirkan air pada kondensor.

### 3.6 Metode Pengujian

Pengujian ini diawali dengan menyiapkan tempurung kelapa sebagai bahan baku yang telah diperkecil ukurannya dengan range 1 cm sampai 5 cm, kemudian menimbang berat tempurung kelapa yang akan dijadikan bahan baku pada proses pirolisis dengan waktu selama 4 jam dengan variasi laju aliran bahan bakar.

#### 3.6.1 Metode Pengujian Pertama

Metode pengujian pertama adalah metode dimana kondisi air kondensor yang tidak mengalir selama proses pirolisis berlangsung. Metode ini seperti yang dilakukan oleh Yunus (2010) dalam penelitiannya, dimana kondisi air pada kondensor tidak mengalir atau bersirkulasi. Penelitiannya tidak terdapat pompa untuk mengalirkan air pada kondensor, alat yang digunakan adalah reaktor, pemanas, dan kondensor.

Adapun tahapan metode pengujian pertama adalah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan bahan seperti membersihkan, mengeringkan dan menimbang berat bahan yang akan digunakan terlebih dahulu.
- b) Masukkan bahan (tempurung kelapa) yang digunakan untuk membuat asap cair kedalam reaktor.
- c) Hidupkan kompor gas untuk memanaskan reaktor agar bahan yang di dalam akan terbakar sehingga menghasilkan asap.
- d) Catat nilai temperatur yang terdapat alat pengukur.
- e) Kemudian siapkan jam/stopwatch untuk menentukan lama pengujian dan batasan waktu dalam pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada selang waktu 4 jam, pengujian ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 12:00.

- f) Amati gelas penampung cairan asap cair dan ukur berapa banyak hasil asap cair yang dihasilkan.
- g) Timbang dan catat bahan (tempurung kelapa) setelah proses pirolisis.

### 3.6.2 Metode Pengujian kedua

Metode pengujian kedua adalah metode dimana kondisi air kondensor yang mengalir atau bersirkulasi. Metode ini seperti yang dilakukan Rodiahet all (2007) dalam penelitiannya, dimana kondisi air pada kondensor mengalir. Pada penelitian tersebut ditambahkan alat pendukung tambahan untuk mensirkulasikan atau mengalirkan air pada kondensor yaitu pompa.

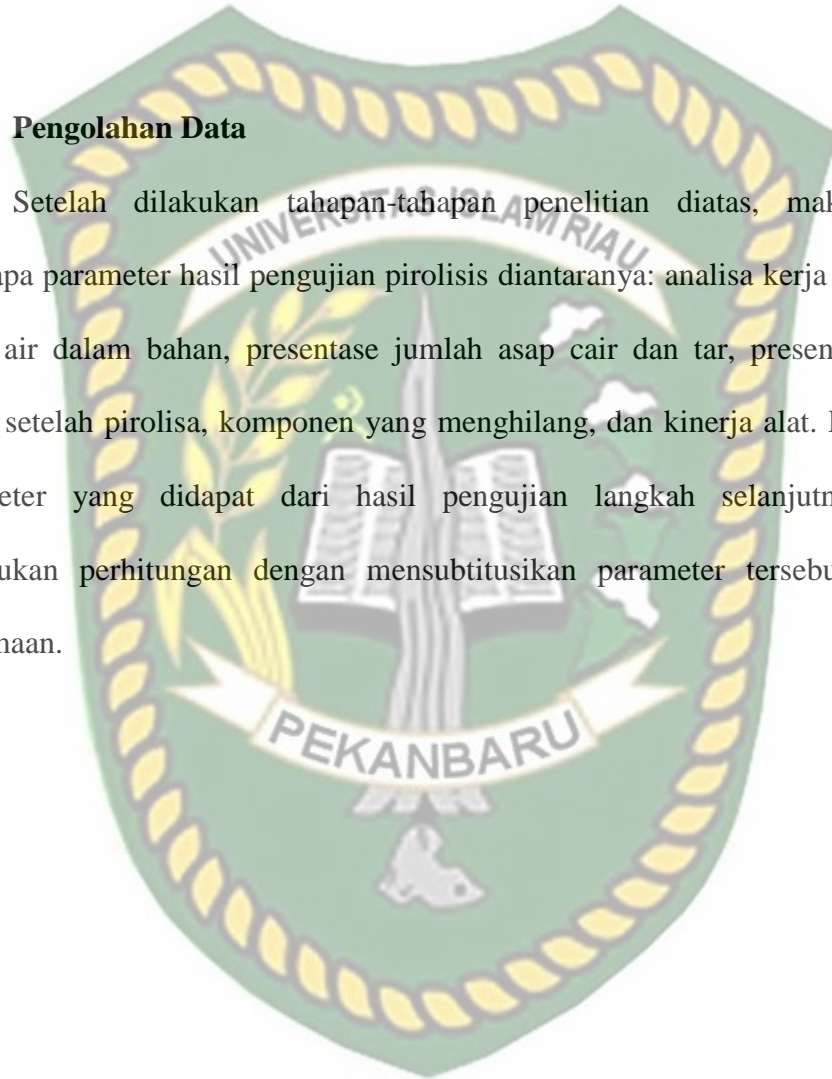
Adapun tahapan metode pengujian kedua adalah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan bahan seperti membersihkan, mengeringkan dan menimbang berat bahan yang akan digunakan terlebih dahulu.
- b) Masukkan bahan (tempurung kelapa) yang digunakan untuk membuat asap cair kedalam reaktor.
- c) Hidupkan kompor gas untuk memanaskan reaktor agar bahan yang di dalam akan terbakar tidak sempurna sehingga menghasilkan asap.
- d) Catat nilai temperatur yang terdapat alat pengukur.
- e) Kemudian siapkan jam/stopwatch untuk menentukan lama pengujian dan batasan waktu dalam pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada selang waktu 4 jam, pengujian ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 12:00.
- f) Hidupkan pompa selama proses penelitian.

- g) Amati gelas penampung cairan asap cair dan ukur berapa banyak hasil asap cair yang dihasilkan.
- h) Timbang dan catat bahan (tempurung kelapa) setelah proses pirolisis.

### 3.7 Pengolahan Data

Setelah dilakukan tahapan-tahapan penelitian diatas, maka didapat beberapa parameter hasil pengujian pirolisis diantaranya: analisa kerja kondensor, kadar air dalam bahan, presentase jumlah asap cair dan tar, presentase massa bahan setelah pirolisa, komponen yang menghilang, dan kinerja alat. Dari semua parameter yang didapat dari hasil pengujian langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan mensubtitusikan parameter tersebut kedalam persamaan.

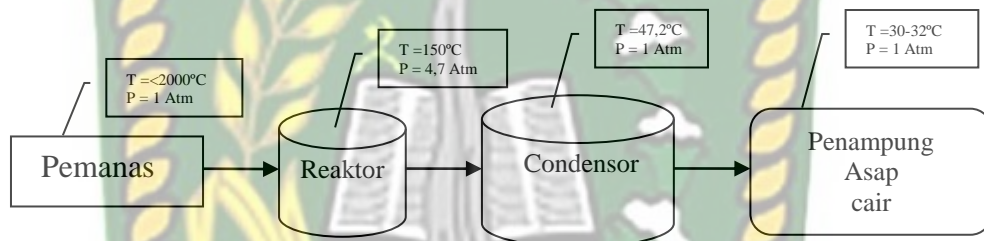


## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembahasan penelitian pertama

Untuk memahami perhitungan yang dilakukan terlebih dahulu kita mengetahui diagram alir yang terjadi pada proses pirolisis, seperti gambar 4.1. Dan untuk melakukan perhitungan harus menggunakan data pada table 4.1



Gambar 4.1: Diagram proses pirolisis

Tabel 4.1: Data penelitian pertama

Waktu (menit)	Suhu reaktor (°C)	Suhu Inlet (°C)	Suhu Outlet (°C)	Volume Asap	Suhu asap cair(°C)	T <sub>sat</sub> °C)	Kecepatan asap (m/s)
30	158,6	30,5	29,3	58	32,1	47,2	0,7
60	152,6	33,4	29,4	92	30,6	47,2	0,7
90	155,1	31,2	30,3	132	32,8	47,2	0,7
120	155,2	31,3	30,3	154	31,3	47,2	0,7
150	156,3	30,9	30,2	169	32,3	47,2	0,7
180	146,1	31,0	30,2	178	31,6	47,2	0,7
210	151,9	31,4	30,2	187	31,2	47,2	0,7
240	148,4	31,0	30,2	195	31,2	47,2	0,7

##### 4.1.1 Perhitungan dalam waktu 60 menit

#### 4.1.1.2 Perhitungan energi pada proses pirolisis

Untuk menghitung energi pada proses pirolisis dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

##### a. Energi yang dilepas oleh asap

Untuk menghitung energi yang dilepas oleh asap menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= C_{asap} \times T_{asap} \\
 &= 2010 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 152,6^\circ\text{C} \text{ (Nilai } c \text{ asap diperoleh dari tabel 2.1)} \\
 &= 306,726 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

##### b. Energi yang dilepas asap cair

Untuk menghitung energi yang dilepas oleh asap cair menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= C_{asap \text{ cair}} \times T_{asap \text{ cair}} \\
 &= 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 30,6^\circ\text{C} \text{ (Nilai } c \text{ asap cair diperoleh dari tabel 2.1)} \\
 &= 128,52 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

##### c. Kecepatan alir asap cair

Untuk menghitung kecepatan alir asap cair menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{92 \text{ ml}/60 \text{ menit}}{\frac{\pi D^2}{4}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{(92 \times 10^{-6} \text{ m}^3) \div 3600 \text{ s}}{\frac{\pi}{4} 0,0254 \text{ m}^2}$$

$$= \frac{2,56 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0005067 \text{ m}^2}$$

$$= 5,0523 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

**d. Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair**

Untuk menghitung energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_a &= [Q_1 - Q_2] + \left[ \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right] \\
 &= [306,726 - 128,52] \text{ kJ/kg} + \left[ \frac{(5,0523 \times 10^{-5} \text{ m/s})^2 - (0,7 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 101,97 \text{ m.kJ/kg}} \right] \\
 &= [178,206 - 0,00024517] \text{ kJ/kg} \\
 &= 178,20575 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

**e. Volume asap**

Untuk menghitung volume asap menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{\text{asap}} = m_{\text{asap}} \times V_{\text{asap}}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{asap}} &= \frac{\text{massa asap}}{\rho_{\text{asap}}} \\
 &= \frac{2 \text{ kg} - 1,3 \text{ kg}}{0,6 \text{ kg/m}^3}
 \end{aligned}$$

$$= 1,1667 \text{ m}^3 \text{ (Nilai } \rho \text{ asap diasumsikan sebagai massa jenis uap air)}$$

**f. Energi yang diserap air kondensor**

Untuk menghitung energi yang diserap air kondensor menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_x &= c_{\text{air}} \times (T_{\text{outlet}} - T_{\text{inlet}}) \\
 &= 4200 \text{ J/kg} \times (29,4 - 33,4) \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$= 16,8 \text{ kJ/kg}$$

**g. Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan 1 kg asap**

Untuk menghitung bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$m_{\text{air kondensor}} = \frac{Q_a}{Q_k} = \frac{178,20575 \text{ kJ/kg}}{16,8 \text{ kJ/kg}} = 10,59 \text{ liter air}$$

**h. Presentase asap cair**

Untuk menghitung presentase asap cair menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Presentase asap cair} &= \frac{\text{bobot asap cair}}{\text{bobot tempurung}} \times 100\% \\ &= \frac{92 \text{ gram}}{2000 \text{ gram}} \times 100\% \text{ (bobot asap cair diasumsikan dengan berat jenis air)} \\ &= 4,6 \% \end{aligned}$$

Dimana selama 60 menit pertama presentase asap cair hanya diperoleh 4,6% dari bobot tempurung sebelum dilakukan proses pirolisis.

**i. Presentase arang**

Untuk menghitung presentase arang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Presentase arang} = \frac{\text{bobot arang}}{\text{bobot tempurung}} \times 100\%$$

$$= \frac{1300 \text{ gram}}{2000 \text{ gram}} \times 100\% \text{ (bobot arang diperoleh setelah arang ditimbang)}$$

$$= 65 \%$$

Presentase arang yang diproduksi selama 60 menit adalah 65%, selama jangka waktu 60 menit tempurung kelapa tidak menjadi arang sepenuhnya, masih ada tempurung yang masih belum menjadi arang.

**j. Komponen yang hilang**

Untuk menghitung komponen yang hilang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Komponen yang hilang} &= 100 \% - (\% \text{ asap cair} + \% \text{ arang}) \\ &= 100 \% - (4,6 + 65) \% \\ &= 30,4 \% \end{aligned}$$

Komponen yang hilang sebesar 30,4% seperti senyawa *formaldehida*, *asetaldehida*, asam-asam *karboksilat*, dan lain sebagainya. Komponen ini hilang selama proses pirolisis.

**k. Kerja alat**

Untuk menghitung kerja alat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kerja alat} = \frac{\text{bobot asap cair}}{\text{waktu pirolisis} \times \text{panjang kondensor}}$$

$$\text{Kerja alat} = \frac{92 \text{ gram}}{1 \text{ jam} \times 5 \text{ meter}} = 18,4 \text{ g/jam.m}$$

**4.1.1.2 Perhitungan perpindahan panas pada kondensor**

Untuk menghitung perpindahan panas pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

Diketahui:

$$T_{sat} = 47,2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = (33,4 + 29,4)/2 = 31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = (T_{sat} + T_s)/2 = 39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Keterangan : - Nilai  $T_s$  diperoleh dari perhitungan antara suhu pada pipa pada *inlet* ditambah dengan suhu *outlet* lalu dibagi dua.

- Nilai  $T_{sat}$  diperoleh dari perhitungan suhu asap pada saat masuk *inlet* ditambah dengan suhu asap saat keluar dari pipa dibagi dua.

Untuk mendapatkannilai  $\mu_l$ ,  $C_{pl}$ ,  $k_l$ ,  $h_{fg}$ , dapat dilihat pada tabel 4.2 dengan menggunakan rumus interpolasi, menggunakan suhu  $39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

**Tabel 4.2:** Nilai sifat-sifat fluida (asap cair) pada temperatur  $39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Density ( $\rho_l$ ) kg/m <sup>3</sup>	Dynamic viscosity ( $\mu_l$ ) kg/m.s	Specific heat ( $C_{pl}$ ) J/kg $^{\circ}\text{C}$	Thermal conductivity ( $k_l$ ) W/m. $^{\circ}\text{C}$	Enthalpy of Vaporization ( $h_{fg}$ ) kJ/kg
992,366	$0,66238 \times 10^{-3}$	4178,86	0,62988	2389,72

**a. Mencari *enthalphy evaporation***

Untuk menghitung *enthalpy evaporation* pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h_{*fg} = h_{fg} + 0,68 C_{pl}(T_{sat} - T_s)$$

$$h_{*fg} = 2389,72 \times 10^3 \text{ kJ/kg} + 0,68 (4178,86 \text{ J/kg}^\circ\text{C})(47,2^\circ\text{C} - 31,4^\circ\text{C})$$

$$h_{*fg} = 2434,61767 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

**b. Mencari koefisien perpindahan panas konveksi**

Untuk menghitung *koefisien* perpindahan panas pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h = 0,943 \left[ \frac{g \cdot \rho_l^2 \cdot h_{*fg} \cdot k_l^3}{\mu_l \cdot (T_{sat} - T_s) \cdot D} \right]^{0,25}$$

$$h = 0,943 \left[ \frac{(9,81 \text{ m/s}^2)(992,366 \text{ kg/m}^3)^2(2434,61767 \times 10^3 \text{ J/kg})(0,62988 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C})}{(0,66238 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}) \cdot (47,2 - 31,4)^\circ\text{C}(0,0254)} \right]^{0,25}$$

$$h = 0,943 \left[ \frac{(5,87783 \times 10^{12})}{0,0002658263} \right]^{0,25} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 0,943[12194,2403] \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 11499,1686 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**c. Luas dinding pipa kondensor**

Untuk menghitung luas penampang pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = \pi DL$$

$$A_s = \pi(0,0254 \text{ m})(5 \text{ m})$$

$$A_s = 0,398989227 \text{ m}^2$$

**d. Perpindahan panas kondensasi**

Untuk menghitung perpindahan panas pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \dot{Q} &= hA_s (T_{sat} - T_s) \\
 \dot{Q} &= (11499,1686 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(0,398989227 \text{ m}^2)(47,2\text{°C} - 31,4\text{°C}) \\
 \dot{Q} &= 72489,8374 \text{ W} \\
 \dot{Q} &= 260,96 \times 10^6 \text{ J}
 \end{aligned}$$

**e. Rate of condensation of steam**

Untuk menghitung *rate of condensation of steam* perpindahan panas pada kondensor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= \frac{\dot{Q}}{h_{*fg}} \\
 \dot{m} &= \frac{72489,8374 \text{ W}}{2434,61767 \times 10^3 \text{ J/kg}} \\
 \dot{m} &= 0.02977463 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

**4.1.2 Perhitungan dalam waktu 120 menit**

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 120 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.3

**Tabel 4.3:** Hasil perhitungan dalam waktu 120 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ )	311,952 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	131,46 kJ/kg
Kecepatan alir asap cair ( $v$ )	$4,221214 \times 10^{-5}$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	180,49175 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,667 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	4,2 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	42,928 liter air
Presentase asap cair	7,7 %
Presentase arang	65 %
Komponen yang hilang	27,3%
Kerja alat	15,4 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2436,32198 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	11371,436 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	74406,8221 W
<i>Rate of condensation of steam (<math>\dot{m}</math>)</i>	0,03054 kg/s

#### 4.1.3 Perhitungan dalam waktu 180 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 180 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.4

**Tabel 4.4:** Hasil perhitungan dalam waktu 180 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap ( $Q_1$ )	293,661 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	132,72 kJ/kg
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$3,7939 \times 10^{-3}$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	160,94075 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,667 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	3,36 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	47,83 liter air
Presentase asap cair	8,9 %
Presentase arang	65 %
Komponen yang hilang	26,1%
Kerja alat	11,87 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2436,89007 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	11330,0547 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	75040,1496 W
<i>Rate of condensation of steam</i> ( $\dot{m}$ )	0,03079341 kg/s

#### 4.1.4 Perhitungan dalam waktu 240 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 240 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.5

**Tabel 4.5:** Hasil perhitungan dalam waktu 240 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap ( $Q_1$ )	298,284 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	131,04 kJ/N
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$2,672522 \times 10^5$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	167,24375 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,667 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	3,36 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	49,702 liter air
Presentase asap cair	9,75 %
Presentase arang	65 %
Komponen yang hilang	25,25%
Kerja alat	9,75 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2436,89007 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	11330,0547 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	75040,1496 W
<i>Rate of condensation of steam (<math>\dot{m}</math>)</i>	0,03079341 kg/s

## 4.2 Pembahasan penelitian kedua

Dari hasil penelitian kedua didapatkan beberapa data, seperti yang tertera pada tabel 4.6:

**Tabel 4.6:** Data penelitian kedua

Waktu (menit)	Suhu Reaktor (°C)	Suhu inlet (°C)	Suhu outlet (°C)	Volume asap cair (ml)	Suhu asap cair (°C)	T <sub>sat</sub> °C)	Kecepatan asap (m/s)
30	165,9	29,8	28,4	28	31,4	46,5	0,7
60	157,1	29,7	28,5	95	31,2	46,5	0,7
90	154,8	29,3	28,1	134	30,8	46,5	0,7
120	164,1	29,1	29,0	170	30,7	46,5	0,7
150	159,8	28,3	28,5	206	30,5	46,5	0,7
180	164,1	27,3	28,5	220	31,6	46,5	0,7
210	159,4	27,3	28,5	224	31,2	46,5	0,7
240	151,2	27,4	28,2	230	31,2	46,5	0,7

### 4.2.1 Perhitungan dalam waktu 60 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 60 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit pada penelitian pertama. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.7

**Tabel 4.7:** Hasil perhitungan dalam waktu 60 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ )	315,771 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	131,04 kJ/kg
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$1,534987 \times 10^5$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	184,73075 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,13333 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	5,04 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	36,653 liter air
Presentase asap cair	4,75 %
Presentase arang	66 %
Komponen yang hilang	29,25%
Kerja alat	19 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2440,84072 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	11524,1768 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	80005,5896 W
<i>Rate of condensation of steam</i> ( $\dot{m}$ )	0,03277788 kg/s

#### 4.2.2 Perhitungan dalam waktu 120 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 120 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit pada percobaan pertama. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.8

**Tabel 4.8:** Hasil perhitungan dalam waktu 120 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ )	329,841 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	128, kJ/kg
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$4,659781 \times 10^5$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	200,9 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,13333 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	0,042 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	478,33 liter air
Presentase asap cair	8,5 %
Presentase arang	66 %
Komponen yang hilang	25,4%
Kerja alat	17 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2464,31578 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	11136,834 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	77538,67 W
<i>Rate of condensation of steam</i> ( $\dot{m}$ )	0,03146458 kg/s

#### 4.2.3 Perhitungan dalam waktu 180 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 180 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit pada percobaan pertama. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.9:

**Tabel 4.9:** Hasil perhitungan dalam waktu 180 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap ( $Q_1$ )	329,841 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	132,72 kJ/kg
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$4,020203 \times 10^5$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	197,12075 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,1333 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor( $Q_x$ )	5,04 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	39,11126 liter air
Presentase asap cair	11 %
Presentase arang	66 %
Komponen yang hilang	23%
Kerja alat	14,7 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2444,24891 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	10895,9993 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	80061,3859 W
<i>Rate of condensation of steam</i> ( $\dot{m}$ )	0,0330823 kg/s

#### 4.2.4 Perhitungan dalam waktu 240 menit

Untuk mendapatkan hasil perhitungan proses pirolisis selama waktu 240 menit dapat menggunakan persamaan yang digunakan pada perhitungan proses pirolisis selama 60 menit pada percobaan pertama. Maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4.10

**Tabel 4.10:** Hasil perhitungan dalam waktu 240 menit

Perhitungan	Hasil
Energi yang dilepas oleh asap ( $Q_1$ )	303,912 kJ/kg
Energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ )	131,04 kJ/kg
Kecepatan alir asap cair( $v$ )	$3,152204 \times 10^5$ m/s
Energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair ( $Q_a$ )	172,87175 kJ/kg
Volume asap ( $V$ )	1,1333 m <sup>3</sup>
Energi yang diserap air kondensor ( $Q_x$ )	3,36 kJ/kg
Bobot air yang dibutuhkan untuk mengembunkan	51,45 liter air
Presentase asap cair	11,5 %
Presentase arang	66 %
Komponen yang hilang	22,5%
Kerja alat	11,5 g/jam.m
<i>Enthalpy evaporation</i>	$2444,53292 \times 10^3$ J/kg
<i>Koefisien perpindahan panas konveksi</i>	10878,875 W/m <sup>2</sup> .°C
Luas penampang	0,398989227 m <sup>2</sup>
Perpindahan panas kondensasi	81168,3584 W
<i>Rate of condensation of steam</i> ( $\dot{m}$ )	0,03320404 kg/s

Dari perhitungan dalam waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, dan 240 menit maka diperoleh hasil seperti pada tabel di bawah ini;

**Tabel 4.11:** Data hasil perhitungan pertama

Waktu	60 menit	120 menit	180 menit	240 menit
Volume (ml)	92	62	24	17
$Q_1$ (kJ/kg)	306,726	311,952	293,661	298,284
$Q_2$ (kJ/kg)	128,52	131,46	132,72	131,04
$Q_a$ (kJ/kg)	178,20575	180,49175	160,94075	167,24375
$Q_x$ (kJ/kg)	16,8	4,2	3,36	3,36

% asap cair	4,6	7,7	8,9	9,75
% arang	65	65	65	65
% komponen hilang	30,4	27,3	26,1	25,25
Kerja alat (g/jam.m)	18,4	15,4	11,87	9,75
<i>Enthalpy evaporation</i> (J/kg)	$2434,61767 \times 10^3$	$2436,32198 \times 10^3$	$2436,89007 \times 10^3$	$2436,89007 \times 10^3$
<i>Koefisien</i> perpindahan panas konveksi (W/m <sup>2</sup> .°C)	11499,1686	11371,436	11330,0547	11330,0547
Perpindahan panas kondensasi (W)	72489,8374	74406,822	75040,1496	75040,1496
<i>Rate of condensation of steam</i>	0,02977463	0,03054	0,03079341	0,03079341

Tabel 4.12: Data hasil perhitungan kedua

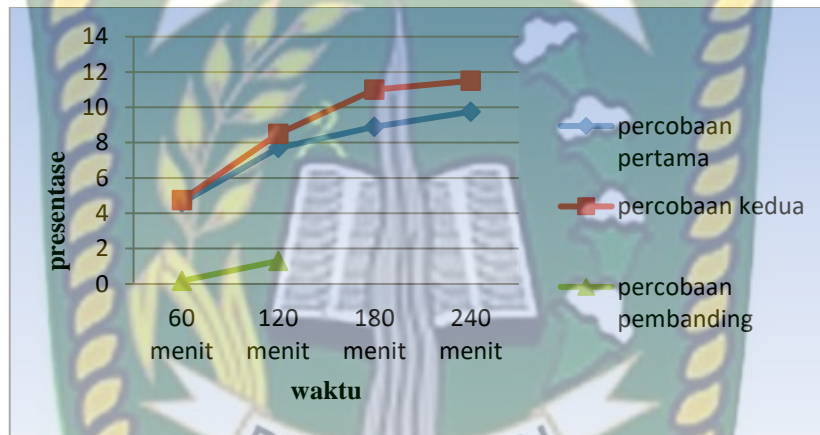
Waktu	60 menit	120 menit	180 menit	240 menit
Volume (ml)	95	75	50	10
Q <sub>1</sub> (kJ/kg)	315,771	329,841	329,841	303,912
Q <sub>2</sub> (kJ/kg)	131,04	128,94	132,72	131,04
Q <sub>a</sub> (kJ/kg)	184,73075	200,9	197,12075	172,87175
Q <sub>x</sub> (kJ/kg)	5,04	0,42	5,04	3,36
% asap cair	4,75	8,5	11	11,5
% arang	66	66	66	66
% komponen hilang	29,25	25,4	23	22,5
Kerja alat (g/jam.m)	19	17	14,7	11,5
<i>Enthalpy evaporation</i> (J/kg)	$2440,84072 \times 10^3$	$2464,31578 \times 10^3$	$2444,24891 \times 10^3$	$2444,53292 \times 10^3$
<i>Koefisien</i> perpindahan panas konveksi (W/m <sup>2</sup> .°C)	11524,1768	11136,834	10895,993	10878,875
Perpindahan panas kondensasi (W)	80005,5896	77538,67	80061,3859	81168,358
<i>Rate of condensation of steam</i>	0,03277788	0,0314645	0,0330823	0,033204

#### 4.3.4 Analisa data

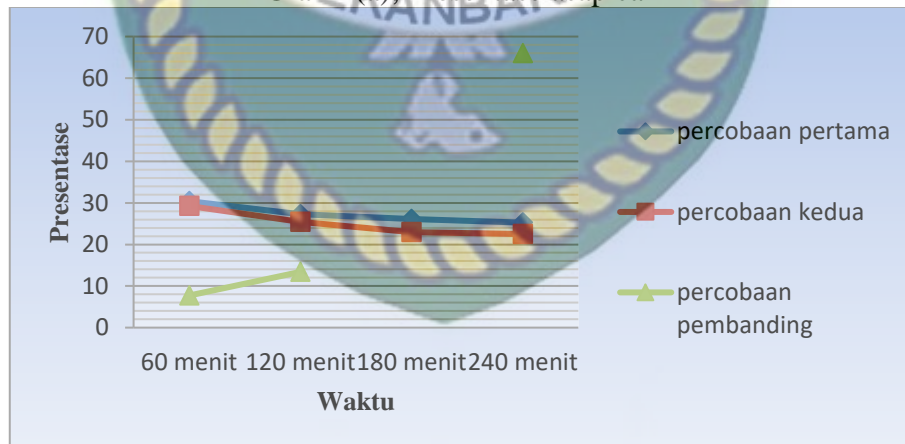
Hasil pengujian yang telah diperoleh menjadi hasil perhitungan yang kemudian dianalisa setiap peristiwa-peristiwa yang terjadi pada proses pirolisis. Analisa tersebut dijelaskan dalam bentuk grafik seperti dibawah ini.

##### 4.3.1 Analisa presentase pada proses pirolisis

Hasil presentase proses pirolisis pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dianalisa pada grafik, seperti pada gambar dibawah ini:



Grafik (a); Presentase asap cair



Grafik (b); Presentase komponen yang hilang

**Gambar 4.2** Grafik presentase pada proses pirolisis

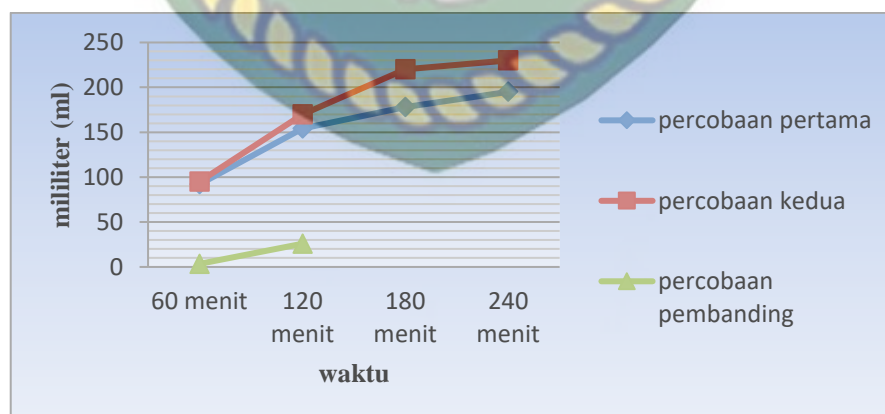
Gambar 4.2 memperlihatkan presentase pada proses pirolisis dimana dapat kita lihat perbandingan besarnya presentase asap cair dan presentase komponen

yang hilang. Pada gambar diperlihatkan nilai presentase asap cair pada percobaan kedua memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan yang lain sebesar 9,75% pada waktu 240 menit, pada waktu 120 menit sebesar 7,7%. Sedangkan presentase asap cair terendah terjadi pada percobaan pembeding dimana percobaan ini dilakukan oleh (Renny et al,2015) yang memperoleh hasil sebesar 0,17% pada waktu 60 menit dan 1,35% pada waktu 120 menit.

Sedangkan untuk nilai presentase komponen yang hilang nilai tertinggi terjadi pada percobaan pertama dengan nilai tertinggi sebesar 30,4% pada waktu 60 menit, disusul percobaan kedua dengan nilai 29,25% pada waktu 60 menit. Untuk nilai terendah terjadi pada percobaan pembeding dengan nilai 7,72% terjadai pada waktu 60 menit.

#### 4.3.2 Analisa hasil asap cair

Adapun hasil analisa hasil asap cair pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar dibawah ini:



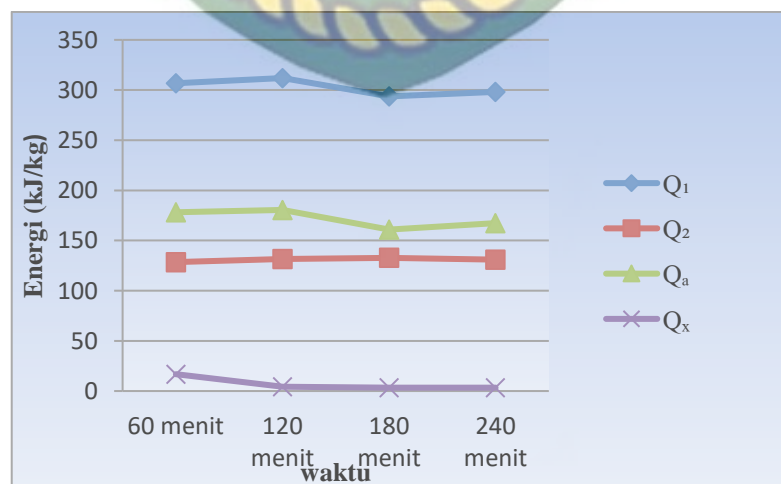
**Gambar 4.3** Grafik hasil asap cair

Gambar 4.7 memperlihatkan grafik hasil percobaan pertama, percobaan kedua dan percobaan pembeding (Renny et al,2015). Dari grafik tersebut dapat

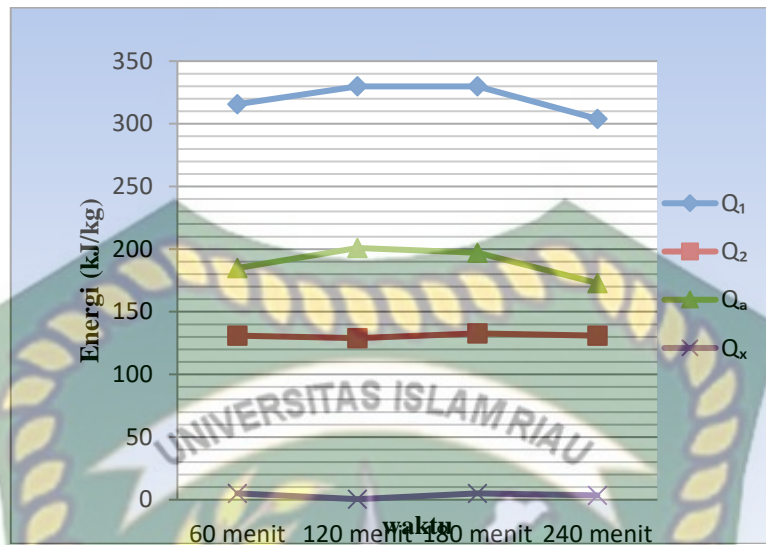
kita simpulkan bahwasannya hasil asap cair lebih banyak di hasilkan pada percobaan kedua dimana percobaan tersebut menggunakan pompa untuk mensirkulasikan air pendingin pada kondensor sehingga proses pendinginan lebih baik dibandingkan dengan percobaan pertama yang tidak menggunakan pompa dan percobaan pembeding. Pada percobaan pertama hasil asap cair sebesar 92 ml menit 60, 154 ml pada menit 120, 178 ml pada menit 180, dan 195 ml pada menit 240, pada percobaan kedua hasil asap cair pada menit 60 sebesar 95 ml, menit 120 sebesar 170 ml, menit 180 sebesar 220 ml, dan menit 240 sebesar 230 ml. Sedangkan pada percobaan pembeding dengan hasil 3,4 ml pada menit 60 dan 25,83 ml pada waktu 120 menit.

### 4.3.3 Analisa energi pada proses pirolisis

Hasil energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ ), energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ), energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ), dan energi yang diserap oleh kondensor( $Q_x$ ) pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dianalisa pada grafik, seperti pada gambar 4.1 dibawah ini:



Grafik (a) percobaan pertama



Grafik (b) percobaan kedua

**Gambar 4.4** Grafik (a) percobaan pertama, grafik (b) percobaan kedua

Gambar 4.1 melihat grafik energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ ), energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ), energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ), dan energi yang diserap oleh kondensor( $Q_x$ ) pada percobaan pertama dan percobaan kedua.

Dari grafik diatas dapat kita analisa bahwasannya energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ ) tertinggi terjadi pada percobaan kedua dimana energinya bisa mencapai 329,841 kJ/kg pada waktu 120 menit, dan energi terendah terjadi pada percobaan pertama dengan nilai 293,661 kJ/kg pada waktu 180 menit. Tinggi rendahnya energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ ), dipengaruhi oleh suhu pada reaktor, jika suhu reaktor tinggi maka nilai energinya akan tinggi pula. Dari kedua percobaan perubahan energi setiap 60 menit berbeda-beda, energi tidak selalu terjadi peningkatan ataupun penurunan melainkan terjadi peristiwa naiknya energi maupun menurunnya energi. Ini disebabkan oleh suhu reaktor yang berbeda-beda pada waktu percobaan.

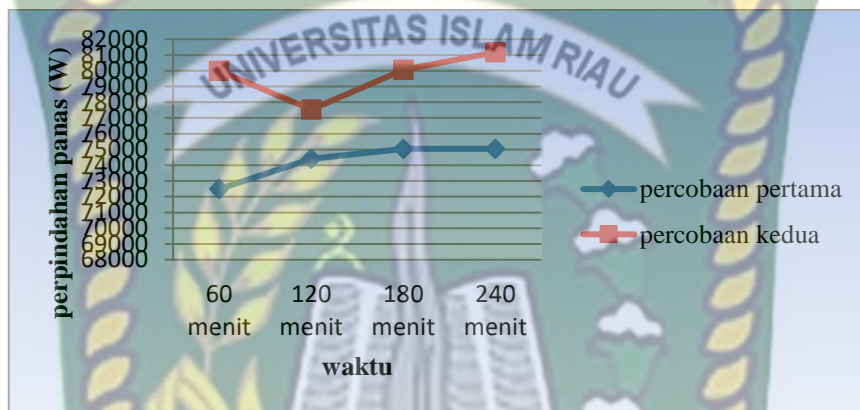
Pada energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ) untuk percobaan pertama dan kedua tidak terdapat selisih yang signifikan, dari grafik maupun dari data dapat kita lihat bahwasannya energi terbesar terjadi pada percobaan pertama pada waktu 180 menit dengan nilai 132,72 kJ/kg sedangkan nilai terendah terjadi pada percobaan pertama dan kedua dengan nilai sama 131,04 kJ/kg dan pada waktu yang sama yaitu 60 menit. Suhu asap cair mempengaruhi besarnya energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ), pada kedua percobaan suhu asap cair memiliki nilai yang hampir sama sehingga nilai energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ) akan memiliki nilai yang tidak mengalami selisih yang sangat signifikan.

Pada energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ) grafik yang ditampilkan sama persis dengan grafik  $Q_1$ . Untuk energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ) nilai tertinggi terjadi pada percobaan kedua diwaktu 180 menit dengan nilai 197,12075 kJ/g dan untuk nilai terendah terjadi pada percobaan pertama diwaktu 180 menit dengan nilai 160,94075 kJ/kg. Besar kecilnya energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ) dipengaruhi oleh besarnya energi  $Q_1$  dan selisih antara  $Q_1$  dengan  $Q_2$ . Jika nilai  $Q_1$  tinggi dan selisih dengan nilai  $Q_2$  sedikit maka nilai energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ) akan tinggi.

Dan untuk energi yang diserap oleh kondensor( $Q_x$ ) dari grafik diatas dapat kita ketahui bahwasannya energi yang diserap oleh kondensor tidaklah besar dibandingkan dengan energi yang lainnya, energi terbesar hanya mencapai 16,8 kJ/kg terjadi dipercobaan pertama pada waktu 60 menit. Nilai terendah terjadi dipercobaan pertama pada waktu 120 menit dengan nilai 4,2 kJ/kg.

#### 4.3.4 Analisa panas kondensasi

Nilai perpindahan panas kondensasi pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dianalisa dengan melihat grafik, seperti gambar dibawah ini:

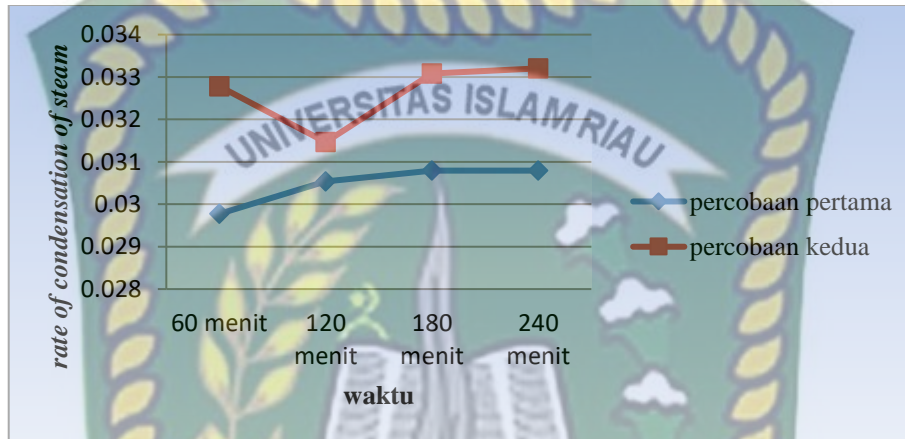


**Gambar 4.5** Grafik perpindahan panas kondensasi

Gambar 4.5 memperlihatkan grafik perpindahan panas kondensasi pada percobaan pertama dan percobaan kedua. Pada percobaan pertama nilai perpindahan panas kondensasi yang paling tinggi terjadi pada menit 180 dan menit 240 sebesar 75040,1496 W dan yang terendah pada menit 60 sebesar 72489,8374 W. Sedangkan pada percobaan kedua nilai perpindahan panas kondensasi terbesar terjadi pada menit 240 sebesar 81168,3584 W dan terendah pada menit 120 sebesar 77538,67 W. Besar kecilnya nilai perpindahan panas ini bergantung dengan suhu asap dengan suhu pada pipa kondensor. Jadi jika nilai suhu pipa kondensor pada waktu 60 menit lebih tinggi dari pada suhu pipa kondensor pada waktu 120 menit nilai perpindahan panas kondensasi akan lebih besar pada percobaan pada waktu 60 menit.

#### 4.3.5 Analisa *rate of condensation of steam*

Adapun hasil analisa *rate of condensation of steam* pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.6** Grafik *rate of condensation of steam*

Gambar 4.6 memperlihatkan grafik *rate of condensation of steam* pada percobaan pertama dan percobaan kedua. Dari grafik diatas nilai *rate of condensation of steam* pada percobaan pertama mengalami peningkatan setiap 60 menit namun tidak mengalami peningkatan ataupun penurunan pada menit akhir percobaan. Sedangkan pada percobaan kedua nilai *rate of condensation of steam* setiap 60 menit mengalami kejadian naik turun, naik pada menit 60 namun menit 120 mengalami penurunan dan mengalami kenaikan pada menit 180 dan 240. Pada percobaan pertama nilai *rate of condensation of steam* tertinggi terjadi pada menit 180 dan 240 sebesar 0,03079341 kg/s dan terendah pada menit 60 sebesar 0,02977463 kg/s, pada percobaan kedua nilai *rate of condensation of steam* tertinggi terjadi pada menit 240 sebesar 0,03320404 kg/s dan terendah pada menit 120 sebesar 0,03146458 kg/s.

#### 4.3.6 Analisa koefisien perpindahan panas

Adapun hasil analisa koefisien perpindahan panas pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar dibawah ini:

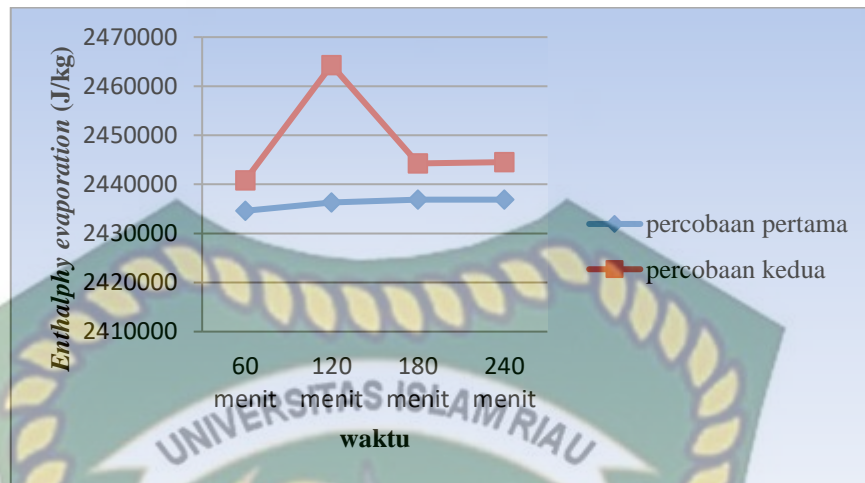


**Gambar 4.7** Grafik koefisien perpindahan panas

Gambar 4.7 memperlihatkan grafik koefisien perpindahan panas pada percobaan pertama dan kedua. Pada grafik tersebut setiap percobaan mengalami penurunan setiap 1 jam selama proses pirolisis berlangsung, namun pada percobaan pertama dapat kita lihat bahwasannya penurunan koefisien perpindahan panas tidak signifikan dibandingkan dengan percobaan kedua yang penurunannya cukup besar dibandingkan percobaan pertama.

#### 4.3.7 Analisa *enthalpy evaporation*

Adapun hasil analisa *enthalpy evaporation* pada percobaan pertama dan percobaan kedua dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.8** Grafik *enthalpy evaporation* dari hasil percobaan

Gambar 4.8 melihat grafik *enthalpy evaporation* pada percobaan pertama dan percobaan kedua, pada grafik diatas nilai *enthalpy evaporation* pada setiap percobaan mengalami keadaan yang berbeda-beda. Pada percobaan pertama umumnya mengalami peningkatan setiap 1 jam sekali selama proses pirolisis namun tidak mengalami peningkatan pada akhir percobaan, sedangkan pada percobaan kedua nilai *enthalpy evaporation* mengalami naik turun selama proses penelitian. Pada percobaan pertama nilai *enthalpy evaporation* adalah  $2434,61767 \times 10^3$  J/kg pada menit 60,  $2436,32198 \times 10^3$  J/kg pada menit 120,  $2436,89007 \times 10^3$  J/kg, dan  $2436,89007 \times 10^3$  J/kg. Dan pada percobaan kedua sebesar  $2440,84072 \times 10^3$  J/kg pada menit 60,  $2464,31578 \times 10^3$  J/kg pada menit 120,  $2444,24891 \times 10^3$  J/kg, dan  $2444,53292 \times 10^3$  J/kg pada menit 240.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode air kondensor yang mengalir dengan metode air yang tidak mengalir dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- a. Produk yang dihasilkan alat pirolisis yang menggunakan metode air kondensor yang mengalir lebih banyak dengan hasil 230 ml selama 4 jam dibandingkan dengan metode air kondensor yang tidak mengalir dengan memperoleh hasil 195 ml selama 4 jam.
- b. Presentase asap cair, presentase arang, dan presentase komponen yang hilang pada setiap penelitian memiliki presentase yang berbeda. Presentase asap cair dan presentase arang untuk penelitian menggunakan metode air kondensor yang mengalir memiliki presentase yang lebih tinggi dari penelitian menggunakan metode air kondensor yang tidak mengalir, namun untuk presentase komponen yang hilang kebalikan dari presentase asap cair dan presentase arang.
- c. Untuk hasil energi yang dilepas oleh asap( $Q_1$ ), energi yang dilepas asap cair( $Q_2$ ), energi yang dilepas selama proses pembentukan asap cair( $Q_a$ ), dan energi yang diserap oleh kondensor( $Q_K$ ) tergantung dengan suhu reaktor, suhu asap cair, suhu inlet, dan suhu outlet. Jika suhu reaktor pada penelitian pertama lebih besar dari penelitian kedua secara otomatis energi yang dilepas

oleh asap akan lebih tinggi dipenelitian pertama dibandingkan penelitian kedua.

- d. Nilai *Enthalpy evaporation*, *Rate of condensation of steam*, perpindahan panas kondensasi, dan koefisien perpindahan panas pada pengujian kedua lebih baik dibandingkan dengan pengujian kedua. Dimana pada pengujian kedua nilai pada setiap parameter lebih besar dibandingkan dengan pengujian pertama.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, maka direkomendasikan berupa saran sebagai berikut:

- a. Perlu adanya penelitian lanjut terhadap hasil asap cair sebagai bahan pengawet makanan.
- b. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian dengan cara menaikkan suhu pada reaktor (pemanas).
- c. Pada penelitian selanjutnya bisa dikembangkan lagi alat pirolisis, dimana pada pipa kondensor bahan, ukuran, dan panjang kondensor dapat divariasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A. (2018). *Heat Transfer. Deleuze and Psychology* (SECOND).
- Gabe, F. A. P. A. (2015). *Analisa termal pada rancang bangun reaktor pirolisis untuk memproduksi bahan bakar minyak dari limbah plastik febri aditya pratama arista gabe*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR.
- Nasir, S., Doni, M., & Andonie, R. (2008). Pengaruh Kondisi Operasi Pada Pembuatan Asap Cair Dari Ampas Tebu Dan Serbuk Gergaji Kayu Kulim, *15*(4).
- Prasetyowati, Hermanto, M., & Farizy, S. (2014). Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Buah Karet Sebagai Koagulan Lateks. *Jurnal Teknik Kimia*, *20*(4), 14–21.
- Putri, H. Y., Hidayanti, P. A., & Pasaribu, V. M. M. (2017). Evaluasi Kinerja Turbine Condenser E-2302 Sebelum Dan Sesudah Dilaksanakan TURN AROUND 2016. *Teknik Konversi*, *6*(1), 17–26.
- Putri, R. E., Mislaini, & Ningsih, L. S. (2015). Pengembangan Alat Penghasil Asap Cair dari Sekam Padi Untuk Menghasilkan Insektisida Organik. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas Andalas*, *19*(2), 29–36.
- Sari, R. N., Bandol Utomo, B. S., & Sedayu, B. B. (2017). Uji Coba Alat Penghasil Asap Cair Skala Laboratorium dengan Bahan Pengasap Serbuk Gergaji Kayu Jati Sabrang atau Sungkai (*Peronema canescens*). *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, *2*(1), 27–34.
- Sri Komarayati, & Wibowo, S. (2015). Karakteristik Asap Cair dari Tiga Jenis Bambu (Characteristics of Liquid Smoke from Three Bamboo Species). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, *33*(2), 167–174.

Yuliyani, I., & Prayogo, S. (2013). Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana Dengan Redestilator Untuk Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa, 286–289.

Yunus, M. (2011). Teknologi Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Sebagai Pengawet Makanan, 7(1), 53–61.

