

TUGAS AKHIR

Perancangan Dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Mesin



Oleh:

HERMANSYAH DAMANIK

143310623

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

2020

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji Dan Syukur Saya Panjatkan Atas Kehadirat Allah SWT Karena Atas Izinnyalah Akhirnya Saya Dapat Menyelesaikan Tugas Ini Tidak Lupa Pula Shalawat Serta Salam Kepada Junjungan Nabi Besar Muhammad SAW Yang Membawa Kita Dari Alam Kegelapan Menuju Alam Yang Terang Benerang.

Adapun Judul Tugas Akhir Ini Adalah **“Perancangan Dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa”**. 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 Kusen Damanik Dan Ibu Nur Aminah Sitorus, Terimakasih Yang Tak Terhingga Atas Segala Kasih Sayang, Dorongan Semangat, Bantuan Baik Moril Maupun Material Dan Segala-galanya Kepada Saya Selama Ini.

2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik UIR.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UIR.
4. Bapak Dody Yulianto, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Yang Telah Bersedia Untuk Meluangkan Waktu Membimbing, Memeriksa, Dan Memberikan Arahan Serta Saran Dalam Penyusunan Laporan Ini.
5. 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.
6. 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, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pirolisis	5
2.2 Komponen Alat Asap Cair	6
2.2.1 Reaktor Pirolisis	6
2.2.2 Kompur Gas	11
2.2.3 Gas (LPG)	12
2.2.4 Pipa Penghubung	13
2.2.5 Kondensor	14
2.2.6 Pipa Kondensor	18
2.2.7 Perhitungan Kerja Alat	18

2.3 Kelapa	20
2.3.1 Bagian Buah Kelapa	20
2.4 Asap Cair	22
2.5 Proses Pirolisis	24
2.6 Karakteristik Dan Kandungan Asap Cair	25
2.6.1 Karakteristik Asap Cair	25
2.6.2 Kandungan Asap Cair	26
2.6.3 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor	28

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu Dan Tempat	31
3.2 Diagram Alir Penelitian	31
3.3 Alat Dan Bahan	34
3.3.1 Alat	34
3.3.2 Bahan Pengujian	39
3.4 Pembuatan Dan Perakitan Alat	40
3.5 Pengujian Alat	41

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat	42
4.2 Pembahasan Penelitian	47
4.2.1 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Pipa Penghubung	47
4.2.2 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor Pada Waktu 60	

Menit	48
4.2.3 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor Pada Waktu 120,180, 240 Menit.....	53
4.3 Analisa Data	54
4.3.1 Analisa <i>Enthalpy Evaporation</i>	54
4.3.2 Analisa Koefisien Perpindahan Panas Konveksi	55
4.3.3 Analisa Perpindahan Panas Kondensasi	56
4.3.4 Analisa <i>Of Condensation Of Steam</i>	57
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rancang Bangun Alat Pirolisis.....	5
Gambar 2.2 Reaktor <i>Fixed-Bed Pirolisis</i>	6
Gambar 2.3 Reaktor <i>Bubbling Fluidized Bed</i>	7
Gambar 2.4 Reaktor <i>Circulating Fluidized Bed</i>	8
Gambar 2.5 Reaktor <i>Ultra Rapid Pyrolyzer</i>	8
Gambar 2.6 Reaktor <i>Rotating Clone</i>	9
Gambar 2.7 Reaktor <i>Ablative Pyrolyzer</i>	10
Gambar 2.8 Reaktor <i>Vacum Pyrolyzer</i>	10
Gambar 2.9 Kompor Gas Lpg	12
Gambar 2.10 Tabung Gas Lpg	12
Gambar 2.11 Kondensor	17
Gambar 2.12 Pohon Kelapa	20
Gambar 2.13 Alat Pirolisi	24
Gambar 2.14 Karakteristik Asap Cair.....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.2 Sketsa Alat Pirolisis.....	35
Gambar 3.3 Kompor Atau Pemanas	35
Gambar 3.4 Reaktor.....	36
Gambar 3.5 Pipa Penyalur.....	37
Gambar 3.6 Pipa Spiral	37
Gambar 3.7 Tabung Kondensor	38
Gambar 3.8 Gelas Ukur	39
Gambar 3.9 Tempurung Kelapa	40
Gambar 4.1 Rangka	42
Gambar 4.2 Kompor gas	42
Gambar 4.3 Rancang Reaktor	43
Gambar 4.4 Pipa Penghubung	44
Gambar 4.5 Bahan Uji	47

Gambar 4.6 Grafik *Enthalpy Evaporation*56
Gambar 4.7 Grafik Koefisien Perpindahan Panas Konveksi57
Gambar 4.8 Grafik Perpindahan Panas58
Gambar 4.9 Grafik *Of Condensation Of Steam*59



DAFTAR TABEL

4.1 Tabel Data Penelitian	47
4.2 Tabel Hasil Perhitungan 120 Menit	53
4.3 Tabel Hasil Perhitungan 180 Menit	53
4.4 Tabel Hasil Perhitungan 240 Menit	54



Design and Manufacture of Household Scale Pyrolysis Equipment Using Coconut Shell Waste

Hermansyah Damanik, Dody Yulianto

Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Riau Islamic
University

Jalan Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru 28284

Email: hermansyah04091995@gmail.com

This study aims to create a household scale pyrolysis tool using a coconut shell to get the results in accordance with what was designed. In this test the test material must be completely dry so that when burning the smoke produced is more optimal. The components in this design consist of the frame, heater, reactor, conduit pipe, spiral pipe, condenser container, liquid smoke reservoir and the design tools such as stopwatch, scale, thermocouple, and thermometer. The test results will be tested every 1 hour for up to 4 hours, and from the tests that have been carried out liquid smoke obtained every 1 hour there are differences in the test results. From the analysis of the heat transfer coefficient the highest value is at the test time of 180 minutes which is 16.93 W / m² while the lowest value occurs at the time of testing 120 minutes with a value of 15.411 W / m² while the highest condensation heat transfer value occurs at 60 minutes with a value of 111,648. From the research results obtained the best results occur within 1 hour.

Keywords: Reactor, Condenser, Percentage

Perancangan Dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa

Hermansyah Damanik, Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jalan Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru 28284

Email: hermansyah04091995@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pirolisis berskala rumah tangga menggunakan tempurung kelapa untuk mendapatkan hasil rancangan yang sesuai dengan apa yang dirancang. Dalam pengujian ini bahan uji harus benar-benar kering agar saat pembakaran asap yang dihasilkan lebih optimal. Adapun komponen-komponen dalam rancangan ini terdiri dari rangka, pemanas, reaktor, pipa penyalur, pipa spiral, wadah kondensor, penampung asap cair dan adapun alat bantu dari perancangan tersebut antara lain stopwatch, timbangan, thermocouple, dan thermometer. Hasil pengujian akan di uji setiap 1 jam nya sampai selama 4 jam, dan Dari pengujian yang telah dilakukan asap cair yang di peroleh setiap 1 jam terdapat perbedaan pada hasil uji. Dari hasil analisa koefisien perpindahan panas nilai tertinggi terdapat pada waktu pengujian 180 menit yaitu $16,93 \text{ W/m}^2$ sedangkan nilai terendah terjadi pada waktu pengujian 120 menit dengan nilai $15,411 \text{ W/m}^2$ sedangkan nilai perpindahan panas kondensasi yang tertinggi terjadi pada waktu 60 menit dengan nilai 111,648. Dari hasil penelitian didapat hasil yang terbaik terjadi pada waktu 1 jam.

Kata Kunci: Reaktor, Kondensor, Presentase

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut (Rodiah dkk, 2006) asap cair adalah cairan kondensat dari asap yang telah mengalami penyimpanan dan penyaringan untuk memisahkan tar dan bahan-bahan partikulat. Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu. Selama pembakaran, komponen kayu seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin akan mengalami pirolisis yang menghasilkan tiga kelompok senyawa yaitu senyawa mudah menguap yang dapat dikondensasikan, gas-gas yang tidak dapat dikondensasikan dan zat padat berupa arang (Rodiah dkk, 2006).

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 yang dijelaskan (Sri Komarayati, 2015) bahwasannya di Jepang, asap cair bambu sudah lama dikenal sejak ratusan tahun silam dan dimanfaatkan untuk bermacam-macam keperluan, seperti sebagai obat detoksifikasi. Selain itu (Sri Komarayati, 2015) menjelaskan bahwasannya dibidang 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 (Renny dkk, 2015) dimana bahan baku yang digunakan adalah sekam padi jenis padi IR64. Penelitian (Prasetyowati dkk, 2014) tentang pembuatan asap cair dari cangkang buah karet sebagai koagulan lateks. Ada juga Penelitian (Renny dkk, 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 in, 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. Penelitian sebelumnya (Yuliyani dan Sapto, 2013) merancang alat pirolisis sederhana dengan redistelator mempunyai kapasitas 6 kg dan mampu menghasilkan asap cair berkualitas dengan mutu grade 2 untuk pengawet makanan. Pada pengujian dengan bahan 3 kg mampu memproduksi asap sebanyak 1375 mL selama 3-4 jam.

Oleh karena itu, maka penulis ingin melakukan perancangan dan pembuatan alat pirolisis berskala rumah tangga menggunakan tempurung kelapa, untuk mendapatkan hasil rancangan yang optimal.

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 menentukan desain alat asap cair, untuk skala rumah tangga?
2. Bagaimana mekanisme kinerja alat asap cair, untuk skala rumah tangga?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

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

1. Mendapatkan desain alat asap cair skala rumah tangga.
2. Mendapatkan mekanisme kinerja alat asap cair skala rumah tangga.

1.4 BATASAN MASALAH

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

1. Perancangan yang dilakukan meliputi komponen pirolisis, dimana komponen utama nya yaitu reaktor, kondensor dan pipa penghubung.
2. Pembuatan alat pirolisis di sesuaikan dengan hasil dari rancangan.
3. Bahan pipa yang di gunakan di kondensor adalah tembaga.
4. Penelitian menggunakan bahan dari limbah tempurung kelapa.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penyusun ini bisa di jadikan proposal judul untuk tugas akhir terbagi dalam empat bab secara garis besar dapat di jelaskan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tujuan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan perancangan dan pembuatan alat pirolisis yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, peralatan yang di gunakan, 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.

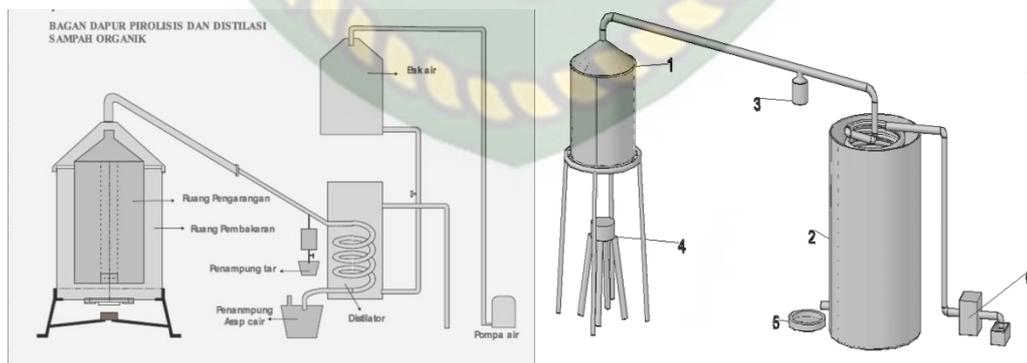
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis

Pirolisis merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Secara umum ada dua tipe alat untuk proses pirolisa yang dibedakan berdasarkan pada perbedaan pemberian energi panas. Kedua tipe tersebut adalah tipe *kiln* dan tipe *retort*. Pada tipe *kiln* energi panas diperoleh dari pembakaran sebagian bahan baku. Sedangkan pada tipe *retort*, energi panas diperoleh dari luar system (Pukoliwutang dkk, 2017).

Reaksi pirolisis akan menghasilkan produk berupa padatan, cairan dan gas. Pirolisis memiliki tujuan untuk melepaskan *volatile matter* yang terkandung pada biomassa cukup tinggi. Bahan yang dapat dikonversi secara pirolisa adalah bahan yang mempunyai kandungan selulosa tinggi. (Nuryati dkk, 2015)



Gambar 2.1 Rancang Bangun Alat Pirolisis

(Sumber: Slamet dan Hidayat 2017)

2.2 Komponen Alat Asap Cair

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

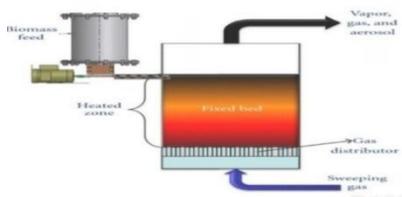
2.2.1 Reaktor Pirolisis

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).

Adapun jenis-jenis reactor pirolisis adalah sebagai berikut:

1. Fixed-Bed Pirolisis

Fixed-Bed pirolisis merupakan reactor tetap yang paling lama digunakan. Salah satu keuntungan menggunakan tipe ini yaitu cukup sederhana, dan harga yang masih cukup murah. Tipe jenis ini juga dapat menangani biomassa yang memiliki kandungan air yang cukup banyak. Kekurangan dari tipe ini yaitu memiliki kandungan tar yang cukup tinggi yaitu 10-20%.

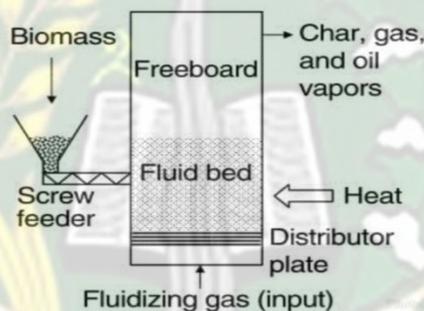


Gambar 2.2Reaktor *Fixed-Bed Pirolisis*

(Sumber : Verma dkk, 2012)

2. *Bubbling-Bed Pirolisis*

Reaktor ini didapat beroperasi pada tekanan normal 1 atm dengan temperature sedang 400-600°C dan dapat menghasilkan minyak bio-oil hingga 75% dari total massa. Biomassa masuk dalam reactor melalui *screw feeder* dan akan bercampur dengan media berupa pasir silica atau katalis, sementara itu dari bawah bed mengalir *fluidizing gas* untuk mempercepat uap pirolisis keluar dari reaktor.



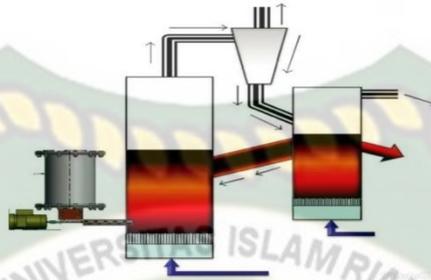
Gambar 2.3 Reaktor *Bubbling Fluidized Bed*

(Sumber : Basu, 2010)

3. *Circulating Fluidized Bed*

Circulating fluidized bed merupakan jenis reactor pirolisis yang mirip dengan *Bubbling-Bed pyrolyzer*. Letak perbedaannya pada saluran keluar uap pirolisis yang dilengkapi dengan *cyclone* untuk memisahkan antara uap pirolisis dan partikel pengikut (arang dan pasir silica atau katalis). Biomassa dan pasir silica panas bercampur dan dihembuskan *fluidizing gas* daribawah reaktor sehingga biomassa dan pasir masuk kedalam *cyclone* sementara uap pirolisis

keluar melalui saluran *outlet cyclone*. Reaktor ini memiliki keuntungan yang memperoleh konversi yang tinggi dan tar yang diproduksi rendah.

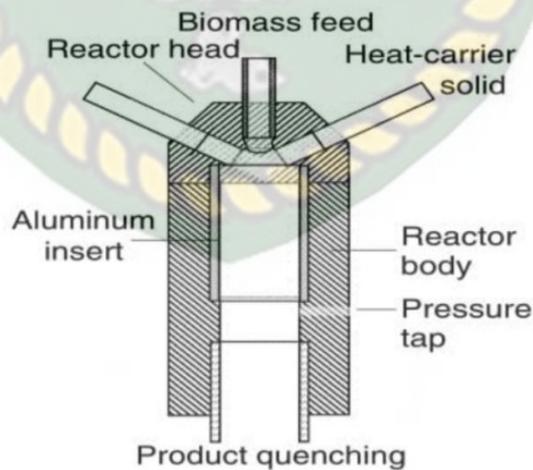


Gambar 2.4 Reaktor *Circulating Fluidized Bed*

(Sumber : Verma dkk, 2012)

4. *Ultra-Rapid Prolyzer*

Reaktor ini adalah tipe reaktor dengan laju pemanasan yang cukup tinggi dengan capaian suhu 650°C . Dengan suhu tinggi mampu menghasilkan produk cairan hingga 90% dari biomassa yang digunakan.

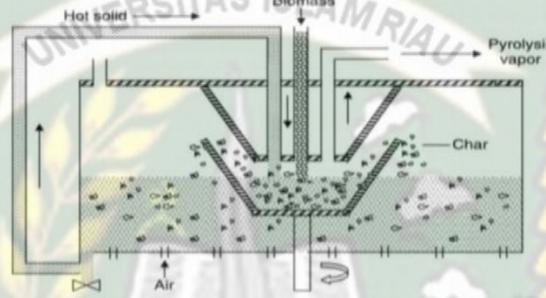


Gambar 2.5 Reaktor *Ultra Rapid Pyrolyzer*

(Sumber : Basu, 2010)

5. *Rotating Clone*

Reaktor ini bekerja dengan mencampurkan pasir silika panas dengan biomassa yang kemudian menjadi uap pirolisis. *Volatile matter* yang keluar dari biomassa kemudian gas. Sisa arang yang diperoleh digunakan sebagai media pemanas pasir silika.

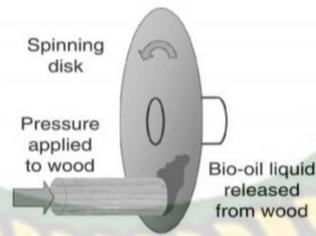


Gambar 2.6 Reaktor *Rotating Clone*

(Sumber : Basu, 2010)

6. *Ablative Pyrolyzer*

Reaktor ini berbeda dengan reaktor pirolisis pada umumnya. Reaktor tipe *Ablative pyrolyzer* menghasilkan panas bersumber dari gesekan antara piringan berputar dan biomassa yang telah dipirolisis. Akibatnya biomassa akan terdekomposisi menjadi uap dan arang. Karena pemanasan dari internal maka laju pemanasan biomassa sangat tinggi sehingga diperoleh jumlah *bio-oil* yang besar.

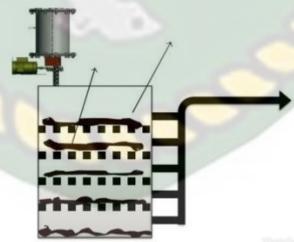


Gambar 2.7 Reaktor *Ablative Pyrolyzer*

(Sumber : Basu, 2010)

7. *Vacuum Pyrolyzer*

Reaktor ini memiliki beberapa tingkatan, pada tingkatan yang paling atas memiliki suhu 200°C dan pada tingkatan yang paling bawah memiliki suhu 400°C. Selanjutnya biomassa dimasukkan kedalam bagian atas dan akan mengalami pengeringan selama biomassa turun kebawah hingga menjadi arang. Pada reactor ini tidak memerlukan *fluidizing gas* sehingga biaya operasionalnya murah.



Gambar 2.8 Reaktor *Vacuum Pyrolyzer*

(Sumber : Verma dkk, 2012)

Reaktor pirolisis pada umumnya terbuat dari *stainless steel* seperti penelitian (Renny dkk, 2011) dimana reactor terbuat dari *stainless steel* 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 steel* dikarenakan bahan tersebut dapat menghantarkan panas yang cukup cepat sehingga proses untuk pembakaran tidak akan membutuhkan waktu yang lama, Untuk merancang dimensi luas permukaan reaktor dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \pi \cdot r(r + 2t + s)$$

Dimana:

L : luas permukaan reaktor (m²)

r : jari-jari reaktor (m)

t : tinggi reaktor (m)

s : panjang penutup reaktor (m)

2.2.2 Kompor Gas LPG

Kompor gas LPG adalah alat yang masak yang menghasilkan panas tinggi, dimana bahan bakar berupa LPG untuk memberikan pemanas, baik untuk memanaskan ruangan dimana kompor itu berada atau untuk memanaskan kompor tersebut dan benda yang di letakkan di atas kompor dengan menggunakan bahan bakar LPG.



Gambar 2.9 Kompor Gas LPG

(Sumber : Frendika Amarta, 2017)

2.2.3 Gas (LPG)

Gas minyak bumi cair yang terutama terdiri atas hidrokarbon, hidrokarbon propane dan butane (biasanya suatu campuran isomer butana), yang dipisahkan dari gas alam atau fluida kilang minyak dengan absorpsi dan penyulingan. LPG dibuat di pabrik pengolahan gas alam atau di kilang minyak. Kalor jenis dari gas LPG adalah $11920 \text{ K cal / kg } ^\circ\text{C}$ atau $49897,12 \text{ Kj / kg } ^\circ\text{C}$.



Gambar 2.10 Tabung Gas LPG

(Sumber : Frendika Amarta, 2017)

2.2.4 Pipa Penghubung

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energy dalam aliran. Pipa ditentukan berdasarkan nominalnya. *Tube* adalah salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya.

Dalam suatu perusahaan industri, pipa merupakan salah satu peralatan pokok diluar rangkaian proses yang dipergunakan untuk mengalirkan suatu fluida, yaitu berupa fluida cair dan fluida gas. Fluida yang mengalir memiliki temperatur dan tekanan yang berbeda. Bentuk konstruksi pipa yang terdapat diperusahaan industry dipengaruhi oleh jenis fluida yang akan dialirkan melalui pipa tersebut dengan mempertimbangkan pengaruh lingkungan yang ada.

Dalam rancangan bangun pipa perlu memperhatikan faktor – faktor sebagai berikut :

1. Safety
2. Kemudahan dalam operasi dan pemeliharaan
3. Pengembangan dimasa mendatang

Untuk menunjang kelancaran penyaluran fluida, memperkecil kehilangan fluida yang dialirkan, menghindarkan terhadap bahaya kebakaran dan untuk mempermudah pemeliharaan maka pipa dilengkapi dengan berbagai fasilitas penunjang dengan jumlah dan dimensi tertentu.

Pipa memiliki jenis yang dapat diklasifikasikan dengan berdasarkan zat yang akan disalurkan, yaitu :

1. Pipa air
2. Pipa minyak
3. Pipa gas
4. Pipa uap
5. Pipa udara
6. Pipa lumpur
7. Pipa *drainase* dan sebagainya.

2.2.5 Kondensor

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

Menurut (Holman, 2010), 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 (Herdyana, dkk. 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, kelebihanannya 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 kepermukaan 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 (Herdyana dkk, 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 tabung 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 di dalam *tube* yang lain. Air mengalir melalui pipa bagian dalam, ketika refrigerant mengalir berlawanan arah pada ruangan tar dalam dan luar *tube*.

2. Kondensor Dengan Pendingin Udara (*Air Cooled*)

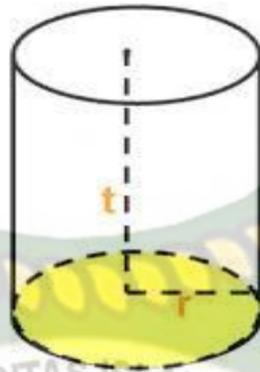
Faktor penting untuk menentukan kapasitas kondensor adalah:

- 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 menerapkan dingin yang dirakit menjadi satu unit atau kondensor yang menggunakan udara dan air sebagai media pendinginnya.



Gambar 2.11 Kondensor

(Frendika Amarta, 2017)

Rumus Hitung Tabung

Untuk merancang luas permukaan pada tabung kondensor menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \pi r^2 + 2\pi \cdot t$$

$$L = \pi r(r + 2 \cdot t)$$

Dimana:

L : luas permukaan tabung kondensor (m)

r : jari-jari tabung kondensos (m)

t : tinggi tabung kondesor (m)

V : volume tabung kondensor (m³)

D : diameter tabung kondensor (m)

2.2.6 Pipa Kondensor

Pipa kondensor merupakan bagian terpenting pada alat pirolisis ini, karena pada kondensor terjadi perubahan fasa dari gas menjadi cair, pipa kondensor adalah pipa yang digunakan sebagai tempat terjadinya proses pengembunan berlangsung didalam kondensor. Jenis pipa yang digunakan pada alat pirolisis ini adalah jenis pipa tembaga.

Untuk menghitung perancangan pada pipa kondensor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

* Menghitung jumlah lilitan.

$$N : \frac{L}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot r \cdot p^2}}$$

Dimana:

N : jumlah lilitan

L : panjang pipa (m)

r : jari-jari pipa spiral (m)

p : jarak antara pipa (m)

2.2.7 Perhitungan Kerja Alat

Kinerja alat penghasil asap cair terutama didasarkan pada bobot destilat yang tertampung setiap lama pirolisis yang dihasilkan kondensor, rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kinerja alat (g/jam.m)} = \frac{mAC}{t \times p}$$

Dimana:

mAC : massa asap cair hasil pirolisi (g)

t : waktu pirolisis (jam)

p : panjang kondensor (m)

kapasitas alat adalah kemampuan suatu alat untuk menghasilkan produk persatuan waktu, kapasitas efektif sebuah alat dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut:

$$KA = \frac{Vol}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

KA : kapasitas efektif alat (liter/jam)

Vol : volume bioetanol yang dihasilkan (liter)

t : waktu yang dibutuhkan selama pirolisis (jam)

Untuk menentukan volume asap, dikonversikan dulu bobot asap yang tercatat dengan massa jenisnya dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut:

$$\rho_{asap} = \frac{m_{asap}}{V_{asap}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

ρ : massa jenis asap (m^3/kg); diasumsikan sebagai massa jenis uap air = $0,0163 m^3/kg$.

m : bobot asap (kg); diasumsikan = bobot tempurung kelapa sebelum kinerja alat pirolisis – bobot tempurung kelapa sesudah kinerja alat pirolisis.

V : Volum asap (m^3).

2.3 Kelapa

Kelapa atau *cocos nucifera* adalah anggota tunggal dalam marga *coco* dari suku aren – aren. Semua bagian tumbuhan ini bias dimanfaatkan oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serbaguna, terutama bagi masyarakat pesisir.



Gambar 2.12 Pohon Kelapa
(Sumber : Frendika Amarta, 2017)

Tumbuhan ini diperkirakan berasal dari pesisir Samudera Hindia di sisi Asia, namun kini telah menyebar luas diseluruh pantai tropika.

2.3.1 Bagian Buah Kelapa

Kelapa Mempunyai Bagian – Bagian Yaitu :

1. Kulit Luar

Kulit luar merupakan lapisan tipis (0,14 mm) yang mempunyai permukaan licin dengan warna bervariasi tergantung pada kematangan

buah. Jika tidak ada goresan atau robek, maka kulit luar mempunyai sifat kedap air.

2. Sabut Kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35% dari berat keseluruhan buah. Sabut kelapa terdiri atas serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Serat merupakan bagian yang berharga dari sabut. Setiap butir kelapa mengandung serat 525 gram (75% dari sabut).

3. Tempurung

Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri atas lignin, selulosa, metoksil, dan berbagai mineral. Kandungan bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapa. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya. Berat tempurung sekitar 15 – 19% dari berat keseluruhan.

4. Air kelapa

Air kelapa mengandung sedikit karbohidrat, protein, lemak, dan beberapa mineral. Kandungan gizi ini tergantung pada umur buah. Air kelapa dapat digunakan sebagai media pertumbuhan..

5. Kulit dan daging buah

Kulit daging buah adalah lapisan tipis coklat pada bagian terluar daging buah. Daging buah merupakan lapisan tebal (8 – 15 mm) berwarna putih. Bagian ini mengandung zat gizi, kandungan zat gizi tersebut beragam sesuai dengan tingkat kematangan buah.

2.4 ASAP CAIR

Asap cair adalah cairan *condensate* dari asap yang telah mengalami penyaringan untuk memisahkan tar dengan bahan-bahan tertentu (Rodiah dkk, 2007). 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 (M.Yunus, 2010). Menurut (Ika&Sapto, 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 *Cheres misinoff*, dalam buku E. Sjostrom (1995), pirolisis atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organic dalam jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya di dalam *furnace*. Proses ini menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk *methanol*, uap-uap asap astetat, tar-tar dan *hidrokarbon*. Material padat yang tertinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan area permukaan sempit (Tuti dkk, 2009). Adapun pengertian dari pirolisis adalah proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organic 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 dkk, 2007).

Faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis menurut subriyer dkk (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 tempurung kelapa 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

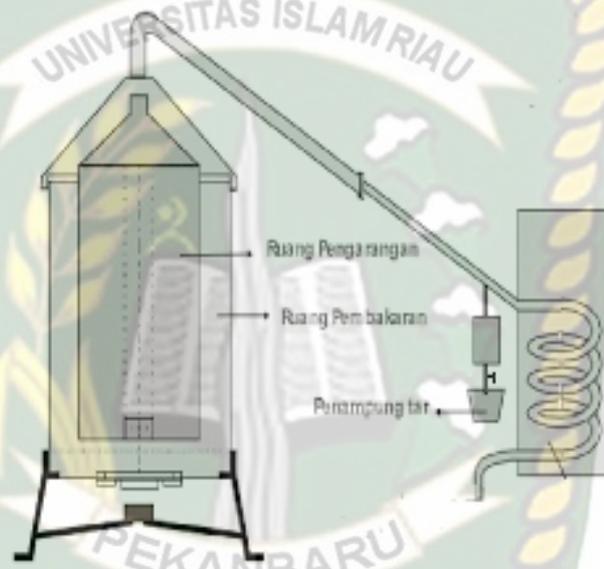
Keberhasilan proses pirolisa juga dipengaruhi oleh ukuran bahan, main cepat pemerataan panas keseluruhan umpan, makin sempurna jalannya pirolisa.

4. Kadar Air

Pengaruh kadar air umpanya itu 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%.

2.5 PROSES PIROLISIS

Alat pengolah tempurung kelapa merupakan alat sederhana yang menggunakan tungku yang berbentuk tabung dan api sebagai sumber kalor untuk memperoleh asap dari bahan tersebut, dan pipa sebagai penghubung antara tungku dengan bak pendingin.



Gambar 2.13 Alat Pirolisis

(Sumber: Slamet dan Hidayat, 2017)

Prinsip kerja alat ini adalah kompor gas LPG sebagai pembakaran bahan (tempurung kelapa) dan LPG 3 kg sebagai bahan bakar, bahan didalam tungku dipanaskan sehingga memperoleh asap dan didinginkan melalui saluran pipa sehingga menjadi cair.

Pembakaran bahan (tempurung kelapa) pada suhu tinggi yakni antara 200°C – 400°C pada tungku bertekanan. Dengan proses ini akan dihasilkan arang serta asap. Asap ini kemudian dialirkan dan didinginkan sehingga mengembun

menjadi cairan. Cairan ini yang kemudian dikenal dengan liquid smoke atau asap cair. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik biasanya cairan ini disuling (destilasi) ulang untuk memisahkan komponen berat dan komponen ringan, dengan memanfaatkan perbedaan titik didih masing – masing komponen.

2.6 Karakteristik Dan Kandungan Asap Cair

2.6.1 Karakteristik Asap Cair

Adapun karakteristik dan manfaat dari asap cair menurut Ika & Sapto (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 antiseptic 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, warna 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 2.14



Gambar 2.14 Karakteristik Asap Cair

(Sumber: Slamet dan Hidayat, 2017)

2.6.2 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. 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 *benzene* 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 *vanillin* dan *siringaldehida*.
3. Senyawa-senyawa asam. Senyawa asam mempunyai peran sebagai bakteri dan membentuk citarasa produk asapan. Senyawa ini antara lain adalah *asam astetat*, *propionat*, *butirat*, dan *valerat*.
4. Senyawa hidro karbon polisiklisaromatis. Senyawa *hidrokarbon polisiklisaromatis* (HPA) dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Seperti *ibenzopirena* merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena sifat karsinogen (M.Yunus, 2010), 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 aromatic polisiklik (*polysiclic 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 CO₂ dan H₂O, membentuk hidrokarbon aromatic polisiklik. Komponen yang dibawa oleh asap kedaging yang sedang diasapi dan terakumulasi pada daging yang diasapi (Syamsir, 2012). Senyawa benzo(a) pirena mempunyai titik didih 310°C dan dapat menyebabkan kanker kulit jika dioleskan langsung pada permukaan kulit. Akan tetapi membutuhkan waktu yang lama (M.Yunus, 2010).

2.6.3 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor

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

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{h_{*fg}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

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

$$\dot{Q} = hA_s(T_{sat} - T_s) \dots\dots\dots (4)$$

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:

$$h = 0,943 \left[\frac{g \cdot \rho_l \cdot h_{*fg} \cdot k_l}{\mu_l \cdot (T_{sat} - T_s) \cdot D} \right]^{0,25} \dots\dots\dots (5)$$

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 sebagaiberikut:

$$h_{*fg} = h_{fg} + 0,68 C_{pl} (T_{sat} - T_s) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

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

C_{pl} = *Specific heat* (J/kg.°C)

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



BAB III

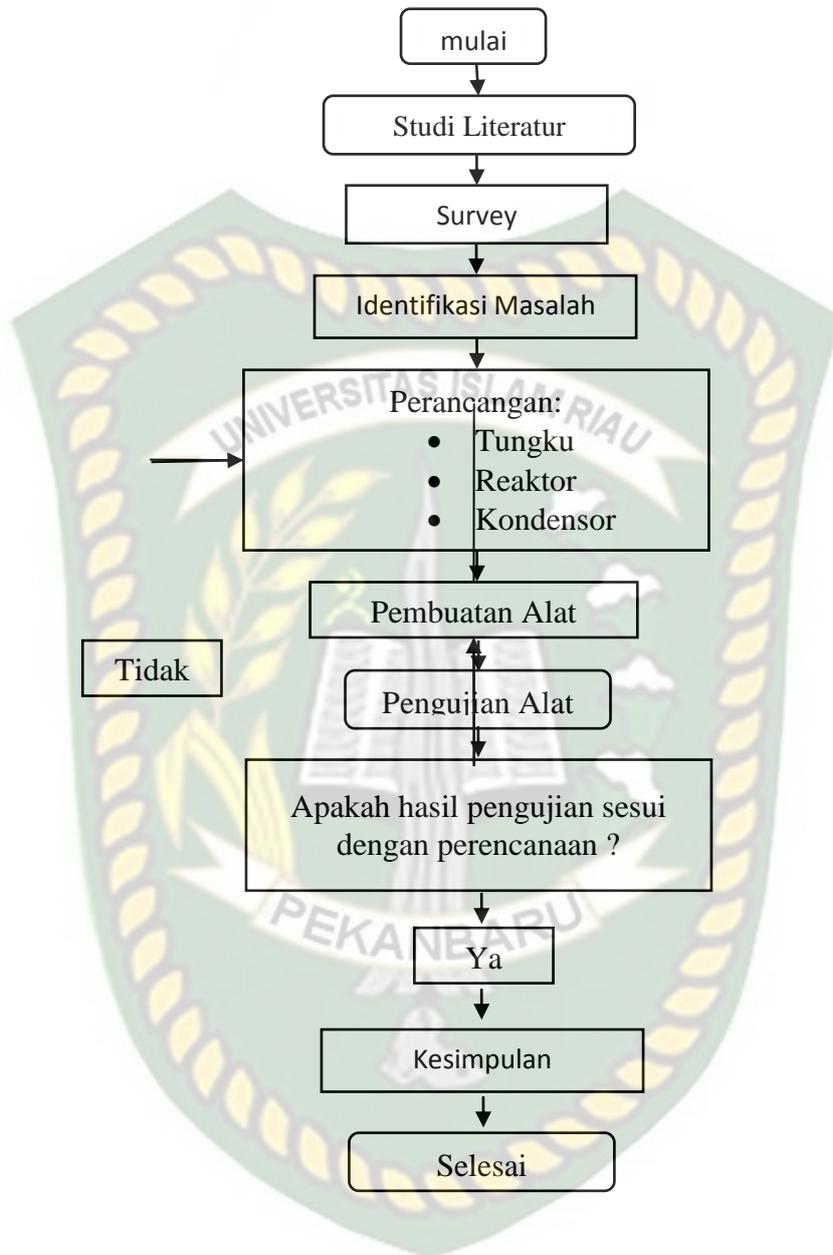
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

1. Waktu penelitian direncanakan maksimal 6 bulan, terhitung dari bulan februari sampai juli tahun 2019.
2. Proses pembuatan alat dilakukan di perumahan kartama jl.kartama Gg.kita dan dibimbing oleh dosen pembimbing.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah suatu gambaran utama yang dipergunakan untuk dasar-dasar dalam bertindak. Seperti halnya pada penelitian diperlukan suatu diagram alir yang bertujuan untuk mempermudah dalam pelaksanaan proses penelitian. Langkah-langkah dalam pengumpulan data penelitian dapat digambarkan seperti diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir

Berdasarkan diagram alir di atas, dapat di jelaskan bahwa dalam penelitian Tugas Akhir terdapat tahapan yang di lakukan guna hasil yang di dapatkan dalam Analisa ini tepat sasaran dan sesuai dengan yang di harapkan. Adapun penjelasan Antara lain:

a. Studi Literatur

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

b. Survey

Konsep dalam pembahasan dalam survey ini yaitu, melakukan peninjauan ke lapangan untuk mengangkat dan menganalisa suatu judul yang akan di ambil dalam Tugas Akhir ini.

c. Identifikasi Masalah

Menganalisa masalah-masalah yang ada pada alat sebelumnya sehingga alat dapat dikembangkan lagi agar lebih baik.

d. Perancangan

Dalam tahapan ini mulai melakukan perhitungan, mendesain, dan menentukan jenis bahan yang di butuhkan pada alat pirolisis.

e. Pembuatan Alat

Dalam tahapan ini dilakukan pembuatan dimulai dari merakit rangka, membuat pipa penyalur antara reaktor dan kondensor, dan komponen lainnya hingga selesai.

f. Pengujian

Melakukan pengujian pada alat pirolisis untuk mendapatkan asap cair.

g. Kesimpulan

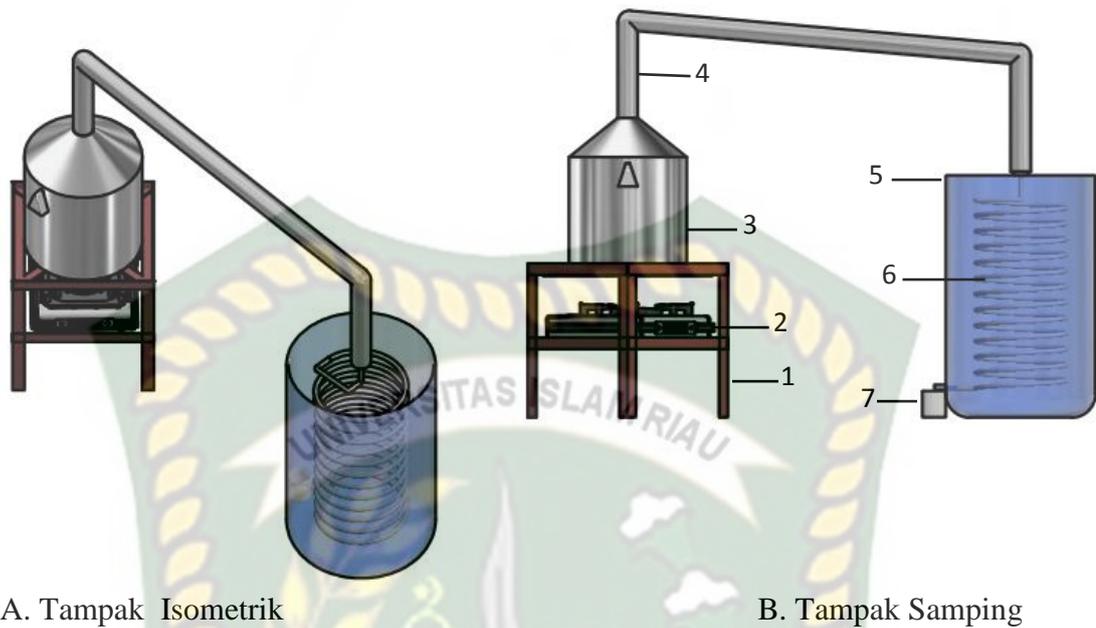
Hasil yang di dapat dari pengujian atau pengolahan data yang di lakukan di lapangan dari awal proses pembuatan alat sampai alat selesai.

3.3 Alat Dan Bahan

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

3.3.1 Alat

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



Gambar 3.2 Sketsa Alat Pirolisis

1. Rangka

Rangka untuk kedudukan pemanas dan reaktor ini menggunakan besi siku yang berukuran panjang 37cm, lebar 33,5cm, tinggi 38cm dan baut serta mur berukuran 12.

2. Kompor Atau Pemanas

Pemanas yang digunakan adalah kompor gas yang berukuran sedang.



Gambar 3.3 Kompor Atau Pemanas
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3. Reaktor Pirolisis

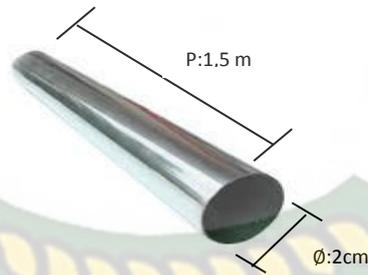
Reaktor ini terbuat dari *stainless steel* yang berbentuk tabung berukuran diameter 30 cm, tinggi 40 cm dan ujungnya berbentuk kerucut. Tinggi cerobong sekitar 25 cm.



Gambar 3.4 Reaktor

4. Pipa Penyalur

Pipa penyalur ini terbuat dari bahan *stainless steel* dengan panjang 1,5 meter dan diameter 2 in. Pipa penyalur dan reaktor di sambung menggunakan las untuk menghindari kebocoran asap saat proses berlangsung.



Gambar 3.5 Pipa Penyalur

5. Pipa Spiral

Pipa spiral pada kondensor terbuat dari tembaga dengan ukuran 0.5 panjang 5 meter dengan jumlah lilitan enam buah.



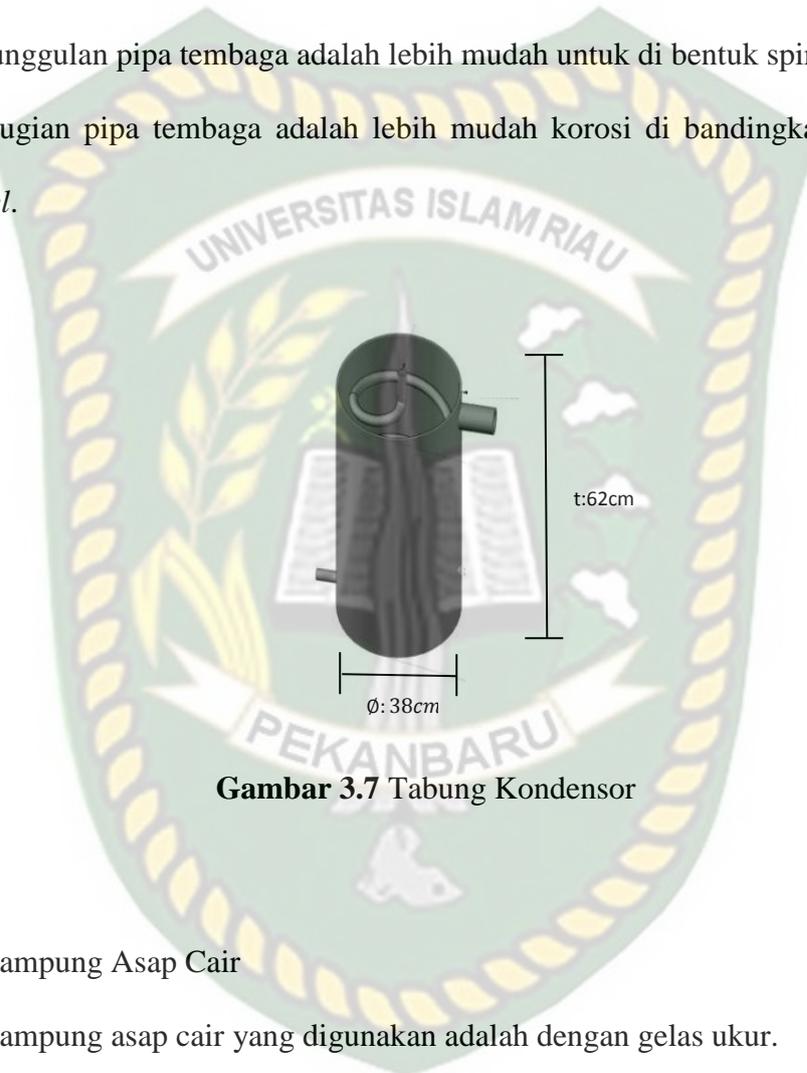
Gambar 3.6 Pipa Spiral
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

6. Wadah Kondensor

Kondensor berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 62 cm dan diameter 38cm. 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°C.
- b. Keunggulan pipa tembaga adalah lebih mudah untuk di bentuk spiral.
- c. Kerugian pipa tembaga adalah lebih mudah korosi di bandingkan *stainless steel*.



Gambar 3.7 Tabung Kondensor

7. Penampung Asap Cair

Penampung asap cair yang digunakan adalah dengan gelas ukur.



Gambar 3.8 Gelas Ukur
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Ada pula alat-alat pendukung dalam penelitian pirolisis yaitu:

1. *Stopwatch*

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

2. Timbangan

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

3.3.2 Bahan Pengujian

Bahan yang akan di uji dalam penelitian pirolisis ini adalah tempurung kelapa yang sudah dikeringkan terlebih dahulu.



Gambar 3.9 Tempurung kelapa
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

3.4 Pembuatan Dan Perakitan Alat

Adapun tahapan-tahapan perakitan alat pirolisis dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

1. Persipkan bahan-bahan seperti dandang nasi ukuran 5 kg, besi siku, baut ukuran 12 serta mur, mesin las serta kawat las, 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, kompor atau pemanas.
2. Rakit reaktor 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 reaktor dengan menggunakan besi siku sesuai dengan ukuran.
4. Pada kondensor, pipa tembaga dibuat spiral dengan diameter 24 cm, tinggi 55 cm, Pada drum dipasangkan untuk mengalirkan air pada kondensor.

3.5 Pengujian Alat

Dalam pengujian alat ini di lakukan beberapa tahapan diantaranya:

1. Mempersiapkan tempurung kelapa yang sudah dibersihkan, dikeringkan dan ditimbang dengan kapasitas 2 kg.
2. Masukkan tempurung kelapa yang digunakan untuk membuat asap cair ke dalam reaktor.
3. Nyalakan pemanas atau kompor gas untuk memanaskan bahan yang ada didalam reaktor agar bahan yang di dalam akan terbakar sehingga menghasilkan asap.
4. Gunakan *stopwatch* untuk menghitung lama nya pengujian.
5. Hitung kapasitas asap cair yang dihasilkan dalam waktu 1 jam menggunakan gelas ukur.

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat

1. Rangka untuk kedudukan pemanas dan reaktor ini menggunakan besi siku.

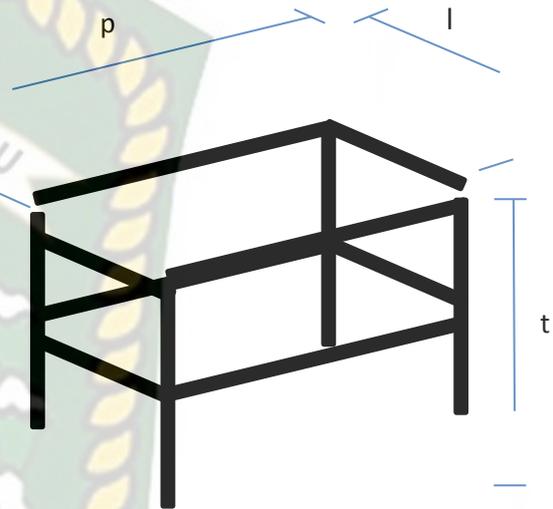
- Dimensi rangka

Lebar rangka : 33,5 cm

Tinggi rangka : 38 cm

Panjang rangka : 37 cm

Baut serta mur : 12 mm



Gambar 4.1 Kerangka

2. Kompor Atau Pemanas

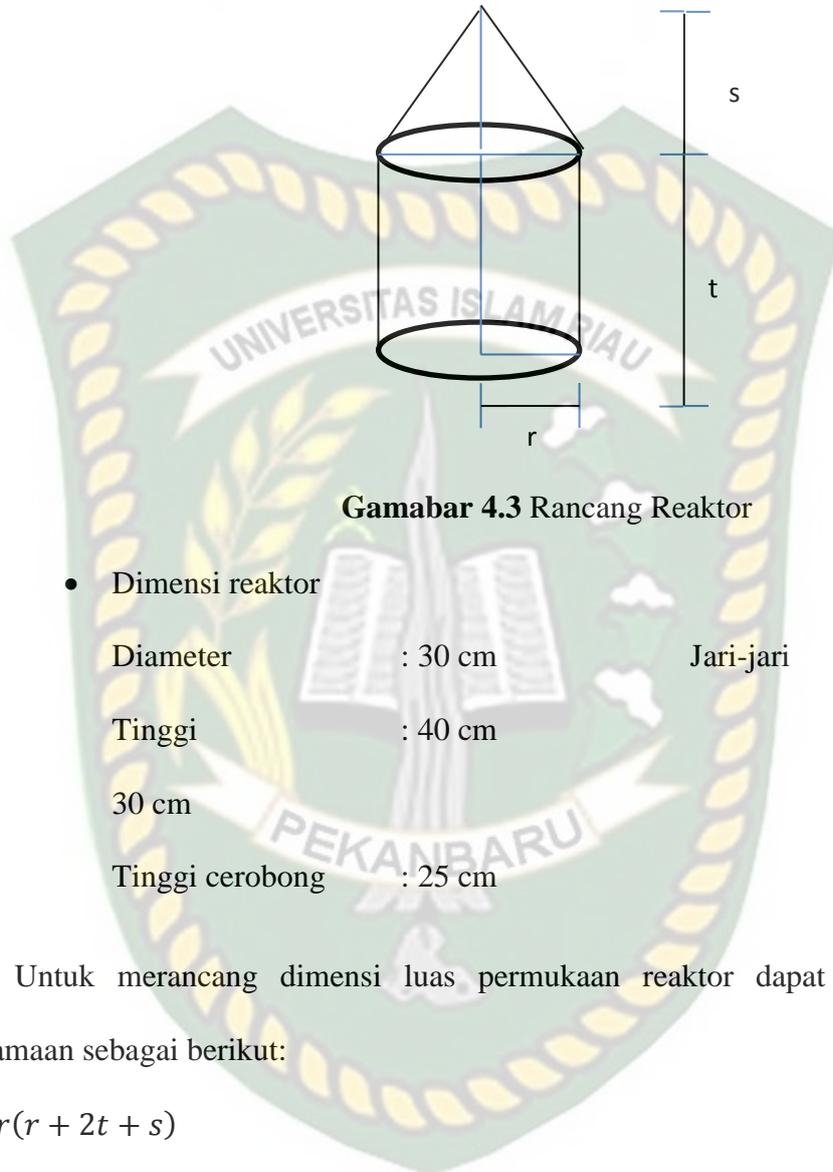
Pemanas yang digunakan adalah kompor gas yang berukuran sedang.



Gambar 4.2 Kompor Gas

3. Reaktor Pirolisis

Reaktor ini terbuat dari *stainless steel* yang berbentuk tabung dan memiliki ujung yang berbentuk kerucut.



Gamabar 4.3 Rancang Reaktor

- Dimensi reaktor

Diameter	: 30 cm	Jari-jari	: ½ x d
Tinggi	: 40 cm		: ½ x
30 cm			
Tinggi cerobong	: 25 cm		: 15 cm

Untuk merancang dimensi luas permukaan reaktor dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \pi \cdot r(r + 2t + s)$$

$$L = 3.14 \times 15 \text{ cm} (15 \text{ cm} + 2 \times 40 \text{ cm} + 25 \text{ cm})$$

$$L = 47.1 \text{ cm} (120 \text{ cm})$$

$$L = 5652 \text{ cm}^2$$

4. Pipa Penyalur Antara Reaktor Dan Kondensor.

Pipa penyalur ini terbuat dari bahan *stainless steel* dan Pipa penyalur dan reaktor di sambung menggunakan las untuk menghindari kebocoran asap saat proses berlangsung.

- Dimensi pipa

Panjang : 150 cm

Diameter : 2 in , $2 \text{ in} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 5.08 \text{ cm}$



Gambar 4.4 Pipa Pernghubung

5. Pipa Spiral

Pipa spiral pada kondensor terbuat dari tembaga.

- Dimensi pipa spiral

Diameter : $0.5 \text{ in}, 0.5 \text{ in} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 1.27 \text{ cm}$

Panjang : 450 cm

Jarak antara pipa : 11 cm

Perancangan jumlah lilitan pada pipa kondensor

$$N = \frac{L}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot r \cdot p^2}}$$

$$N = \frac{450 \text{ cm}}{\sqrt{2 \times 3.14 \times 0.635 \text{ cm} \times (11 \text{ cm})^2}}$$

$$N = \frac{450 \text{ cm}}{\sqrt{482.5238 \text{ cm}^2}}$$

$$N = \frac{450 \text{ cm}}{21.9665 \text{ cm}}$$

$$N = 20.5 \quad \Rightarrow \quad 21 \text{ Lilitan}$$

6. wadah kondesor

Kondesor berbentuk silinder dan pipa yang di gunakan untuk kondesor adalah tembaga.

- Dimensi kondesor
Tinggi : 62 cm
Diameter : 38 cm

Untuk merancang luas permukaan pada tabung kondesor menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = \pi r^2 + 2\pi \cdot t$$

$$L = \pi r(r + 2 \cdot t)$$

$$L = 3.14 \times 19 \text{ cm} (19 \text{ cm} + 2 \times 62 \text{ cm})$$

$$L = 59.66 \text{ cm} (143 \text{ cm})$$

$$L = 8531.38 \text{ cm}^2$$

Volume pada tabung kondesor dapat dapat dihitung menggunakan persamaan sbagai brikut:

$$V = \pi r^2 \cdot t$$

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot t$$

$$V = \frac{1}{4} 3.14 \times (38 \text{ cm})^2 \cdot 62 \text{ cm}$$

$$V = 1133.54 \text{ cm}^2 \times 62 \text{ cm}$$

$$V = 70279.48 \text{ cm}^3$$

7. Penampung Asap Cair

Penampung asap cair yang digunakan adalah dengan gelas ukur dimana gelas ukur tersebut digunakan untuk menghitung kapasitas asap cair yang dihasilkan.

8. *Stopwatch*

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

9. Timbangan

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

10. Bahan Pengujian

Bahan yang akan di uji dalam penelitian pirolisis ini adalah tempurung kelapa yang sudah dikeringkan terlebih dahulu.



Gambar 4.5 : Bahan Uji

4.2 Pembahasan Penelitian

Untuk melakukan perhitungan harus menggunakan data pada table 4.1

Tabel 4.1: Data Penelitian

Waktu (menit)	Suhu reaktor (°C)	Suhu Inlet(°C)	Suhu Outlet(°C)	Volume Asap	Suhu asap cair(°C)	T_{sat} (°C)	Kecepatan asap (m/s)
60	159,1	31,4	29,4	92	30,6	47,2	0,7
120	155,6	31,1	31,3	154	31,3	47,2	0,7
180	150,6	31,6	31,0	178	31,6	47,2	0,7
240	148,3	30,4	31,0	195	31,2	47,2	0,7

4.2.1 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Pipa Penghubung

Pada pipa penghubung terjadi perpindahan panas secara konveksi, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus perpindahan panas kondeksi.

Diketahui:

Suhu panas pada area dalam pipa (T_{sat}) = 47,2 °C

Suhu diluar pipa (suhu udara normal) = 25,5 °C

Koefisien pipa stainless stail = $15 \frac{W}{m^{\circ}K}$

Diameter pipa = 2 inch

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \times A \times \Delta T}{L}$$

$$H = \frac{15 \frac{W}{m^{\circ}K} \times (3,14 \times 1,6129 m^2) \times (320,35 - 298,65)^{\circ}K}{5m}$$

$$H = \frac{1648,496 Wm}{5m}$$

$$H = 329,69 W$$

4.2.2 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor Pada Waktu 60 Menit

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

Diketahui:

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

$$T_s = (31,4 + 29,4)/2 = 30,4^{\circ}C$$

$$T_f = (T_{sat} + T_s)/2 = 38,8^{\circ}C$$

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 mendapatkan nilai μ_l , C_{pl} , k_l , h_{fg} , dapat dilihat dengan tabel A-9 sifat-sifat udara dan menggunakan rumus interpolasi, menggunakan suhu 38,8°C:

- Mencari massa jenis (ρ)

Diketahui; ρ suhu 35 °C = 0,0398 kg/m³

ρ suhu 40 °C = 0,0512 kg/m³

Ditanya; ρ suhu 38,8 °C = ..?

$$\frac{(38,8-35)^{\circ}\text{C}}{(40-35)^{\circ}\text{C}} = \frac{\rho-0,0398 \text{ kg/m}^3}{(0,0512-0,0398)\text{kg/m}^3}$$

$$\frac{3,8^{\circ}\text{C}}{5^{\circ}\text{C}} = \frac{\rho-0,0398 \text{ kg/m}^3}{0,0115 \text{ kg/m}^3}$$

$$\rho = (0,0398+0,00874) \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 0,04844 \text{ kg/m}^3$$

- Mencari *Dynamic viscosity* (μ)

Diketahui: μ suhu 35°C = 1,016 × 10⁻⁵ kg/m.s

μ suhu 40 °C = 1,031 × 10⁻⁵ kg/m.s

Ditanya : ?

$$\frac{(38,8-35)^{\circ}\text{C}}{(40-35)^{\circ}\text{C}} = \frac{\mu-0,0398 \frac{\text{kg}}{\text{ms}}}{(1,016 \times 10^{-5} - 1,031 \times 10^{-5}) \text{kg/ms}}$$

$$\frac{3,8^{\circ}\text{C}}{5^{\circ}\text{C}} = \frac{\mu-0,0398 \frac{\text{kg}}{\text{ms}}}{0,015 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$

$$\mu = ((0,015 \times 10^{-5}) + (1,016 \times 10^{-5})) \text{kg/m.s}$$

$$\mu = 1,027 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

- Mencari *Specific Heat* (C_{pl})

Diketahui : C_{pl} suhu $35^\circ\text{C} = 1880 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$

C_{pl} suhu $40^\circ\text{C} = 1885 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$

Ditanya : C_{pl} suhu $38,8^\circ\text{C} = ?$

$$\frac{(38,8-35)^\circ\text{C}}{(40-35)^\circ\text{C}} = \frac{\mu-1880 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}}{(1885-1880)\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$\frac{3,8^\circ\text{C}}{5^\circ\text{C}} = \frac{\mu-1880 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}}{5 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$\mu = (1880 + 3,8)\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu = 1883,8 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

- Mencari *Thermal Conductivity liquid* (k_l)

Diketahui : k_l suhu $35^\circ\text{C} = 0,0192 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

k_l suhu $40^\circ\text{C} = 0,0196 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

Ditanya : k_l suhu $38,8^\circ\text{C} = ?$

$$\frac{(38,8-35)^\circ\text{C}}{(40-35)^\circ\text{C}} = \frac{k_l-0,0192 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}}{(0,0196-0,0192)\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$\frac{3,8^\circ\text{C}}{5^\circ\text{C}} = \frac{k_l-0,0192 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}}{0,0004 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$k_l = (0,0192 + 0,0004)\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$$

$$k_l = 0,019504 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$$

- Mencari *Enthalpy Vaporating* (h_{fg})

Diketahui : h_{fg} suhu $45\text{ }^{\circ}\text{C} = 2395 \times 10^3 \text{ J/kg}$

h_{fg} suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C} = 2383 \times 10^3 \text{ J/kg}$

Ditanya : h_{fg} suhu $47,2\text{ }^{\circ}\text{C} = ?$

$$\frac{(47,2-45)^{\circ}\text{C}}{(50-45)^{\circ}\text{C}} = \frac{h_{fg}-2395 \times 10^3 \text{ J/kg}}{(2383 \times 10^3 \text{ J/kg}-2395 \times 10^3 \text{ J/kg})}$$

$$\frac{2,2^{\circ}\text{C}}{5^{\circ}\text{C}} = \frac{h_{fg}-2395 \times 10^3 \text{ J/kg}}{-12 \times 10^3 \text{ J/kg}}$$

$$h_{fg} = (2395 \times 10^3 \text{ J/kg}) - (5,28 \text{ J/kg})$$

$$h_{fg} = 2389,72 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

a. Mencari *Enthalpy Evaporation*

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

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

$$h_{*fg} = 2389,72 \times 10^3 \text{ kJ/kg} + 0,68 (1883,8 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C})(47,2^{\circ}\text{C} - 30,2^{\circ}\text{C})$$

$$h_{*fg} = 2411,496728 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

b. Mencari *Koefisien Perpindahan Panas Konveksi*

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

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

$$h = 0,943 \left[\frac{(9,81 \text{ m/s}^2)(0,04844 \text{ kg/m}^3)^2(2411,496728 \times 10^3 \text{ J/kg})(0,019504 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C})^3}{(1,027 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}) \cdot (47,2 - 30,2)^\circ\text{C}(0,0254)} \right]^{0,25}$$

$$h = 0,943 \left[\frac{0,41185}{0,00000443631} \right]^{0,25} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 0,943[17,455] \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 16,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

c. Luas Dinding Penampang 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:

$$\dot{Q} = hA_s (T_{sat} - T_s)$$

$$\dot{Q} = (16,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})(0,398989227 \text{ m}^2)(47,2^\circ\text{C} - 30,2^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q} = 111,648 \text{ W}$$

e. Rate Of Condensation Of Steam

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

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{h_{*fg}}$$

$$\dot{m} = \frac{111,648 \text{ W}}{2411,496728 \times 10^3 \text{ J/kg}}$$

$$\dot{m} = 0.0000463 \text{ kg/s}$$

4.2.3 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Kondensor Pada Waktu 120, 180, Dan 240 Menit

a. Perhitungan Pada Waktu 120 Menit

Untuk mencari hasil perhitungan penelitian pada waktu 120 menit dapat dilakukan dengan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada waktu 60 menit dapat dilihat pada tabel 4.2

4.2 Tabel Hasil Perhitungan 120 menit

<i>Enthalphy evaporation</i>	2410,220096×10 ³ J/kg
<i>Koefisien</i> perpindahan panas konveksi	15,411 W/m ² .°C
Luas penampang	0,398989227 m ²
Perpindahan panas kondensasi	98,3812 W
<i>Rate of condensation of steam</i> (\dot{m})	0,0000408 kg/s

b. Perhitungan Pada Waktu 180 Menit

Untuk mencari hasil perhitungan penelitian pada waktu 180 menit dapat dilakukan dengan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada waktu 60 menit dapat dilihat pada tabel 4.3

4.3. Tabel Hasil Perhitungan 180 Menit

<i>Enthalphy evaporation</i>	2410,092511×10 ³ J/kg
<i>Koefisien</i> perpindahan panas konveksi	16,93 W/m ² .°C
Luas penampang	0,398989227 m ²
Perpindahan panas kondensasi	108,76 W
<i>Rate of condensation of steam</i> (ṁ)	0,000045128 kg/s

c. Perhitungan Pada Waktu 240 Menit

Untuk mencari hasil perhitungan penelitian pada waktu 240 menit dapat dilakukan dengan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada waktu 60 menit dapat dilihat pada tabel 4.4

4.4 Tabel Pada Waktu 240 Menit

<i>Enthalphy evaporation</i>	2410,857919×10 ³ J/kg
<i>Koefisien</i> perpindahan panas konveksi	16,65 W/m ² .°C
Luas penampang	0,398989227 m ²
Perpindahan panas kondensasi	109,595 W
<i>Rate of condensation of steam</i> (ṁ)	0,00004545 kg/s

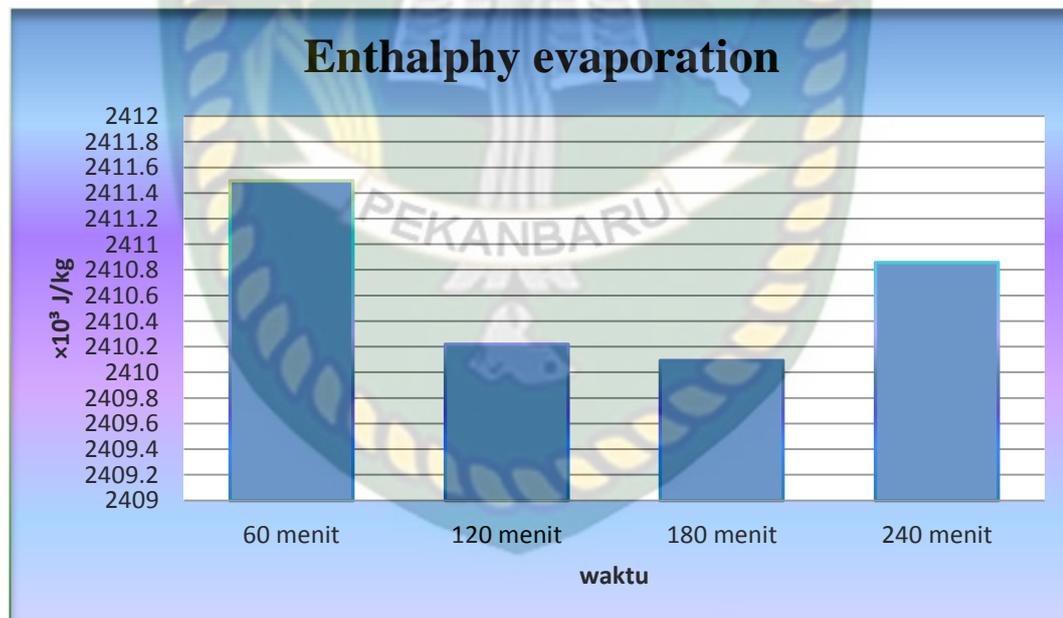
4.3 Analisa Data

Analisa data yang dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan terhadap hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Analisa ini dapat kita lakukan dengan menggunakan grafik dari data perhitungan sebelumnya.

Analisa tersebut seperti dibawah ini:

4.3.1 Analisa Enthalpy Evaporation

Adapun hasil analisa Enthalpy Evaporation dari hasil percobaan dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.6 Grafik *Enthalpy Evaporation*

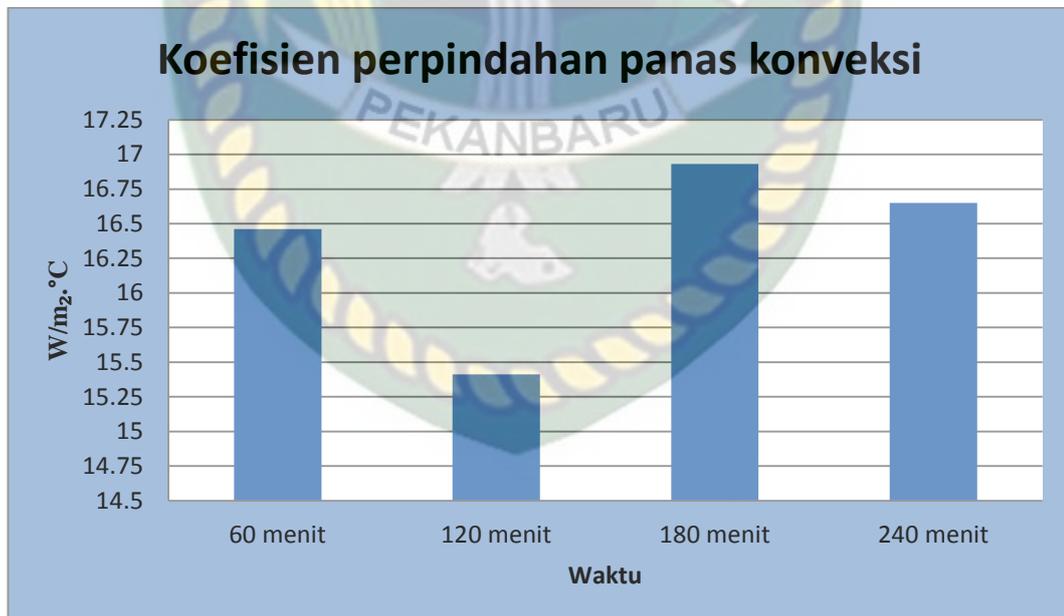
Gambar 4.1 merupakan grafik yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan. Pada grafik diatas dapat kita simpulkan bahwasannya nilai *Enthalphy*

Evaporation terjadi pada waktu 60 menit dengan nilai $2411,496728 \times 10^3$ J/kg dan nilai terendah terjadi pada waktu 180 menit dengan nilai $2410,092511 \times 10^3$ J/kg.

Pada grafik diatas nilai *Enthalphy Evaporation* pada setiap 60 menit tidak selalu terjadi penurunan nilai adakalanya nilainya naik, ini terjadi diakibatkan nilai suhu inlet dan outlet pada kondensor. Pada umumnya nilai *Enthalphy Evaporation* pada penelitian ini tidak memiliki nilai yang terlalu jauh antara menit 1(60 menit) dengan menit lainnya.

4.3.2 Analisa Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Adapun hasil analisa Koefisien perpindahan panas konveksi dari hasil percobaan dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar 4.7 dibawah ini:



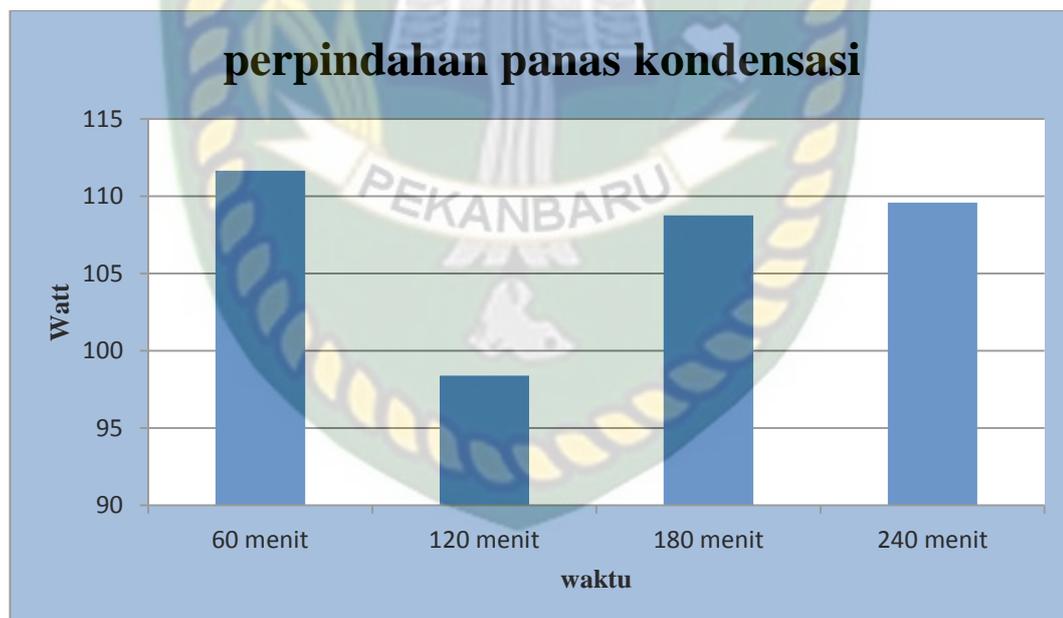
Gambar 4.7 Grafik Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Gambar 4.2 adalah grafik koefisien perpindahan konveksi pada penelitian ini, pada grafik diatas dapat kita simpulkan nilai tertinggi terjadi pada waktu 180

menit yaitu dengan nilai $16,93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ dan nilai terendah terjadi pada waktu 120 menit dengan nilai $15,411 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Grafi diatas mengalami naik dan turun pada saat penelitian, nilai massa jenis, Thermal conductivity, Specific Heat, dan Enthalphy vaporating mempengaruhi naik turunnya nilai koefisien perpindahan panas pada saat percobaan.

4.3.3 Analisa Perpindahan Panas Kondensasi

Adapun hasil analisa perpindahan panas kondensasi dari hasil percobaan dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar 4.8 dibawah ini:



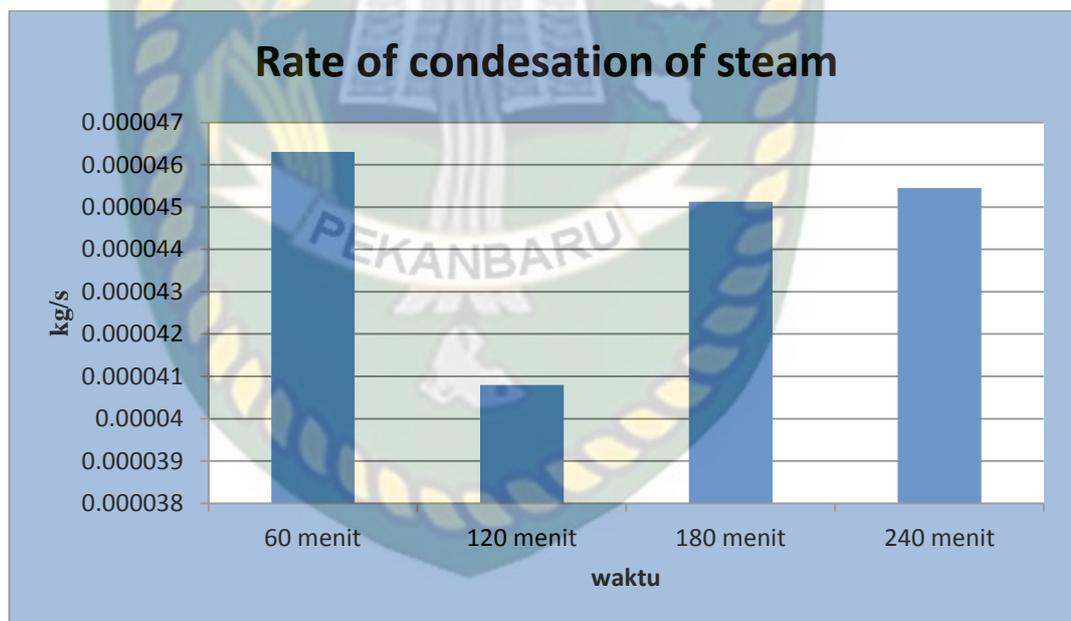
Gambar 4.8 Grafik Perpindahan Panas Kondensasi

Gambar 4.3 merupakan grafik perpindahan panas kondnsasi, dimana pada grafik tersebut nilai tertinggi terjadi pada waktu 60 menit dengan nilai $111,648 \text{ W}$ dan nilai terendah pada waktu 120 menit dengan nilai $98,3812 \text{ W}$. Grafik

perpindahan panas kondensasi mengalami naik turun setiap waktu, nilai selisih suhu inlet dan outlet pada kondensor merupakan salah satu aspek yang mempengaruhi naik dan turunnya nilai perpindahan panas kondensasi.

4.3.4 Analisa Of Condensation Of Steam

Adapun hasil analisa *of condensation of steam* dari hasil percobaan dapat dilihat pada grafik, seperti pada gambar 4.9 dibawah ini:



Gambar 4.9 Grafik *Of Condensation Of Steam*

Gambar 4.4 menunjukkan grafik hasil dari percobaan, dan diperoleh hasil yang mana nilai of condensation of steam terbesar terjadi pada waktu 60 menit dengan nilai 0,0000463 kg/s dan terendah terjadi pada waktu 120 menit yaitu

sebesar 0,0000408 kg/s. Sedangkan pada waktu 180 meni nilainya sebesar 0,0000451 kg/s, dan untuk waktu 240 menit sebesar 0,0000455 kg/s.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil asap cair sebesar 195 ml selama 4 jam.
2. Dari percobaan yang dilakukan untuk hasil asap cair untuk setiap 1 jam tidaklah sama, melainkan berbeda setiap jamnya. Ini dipengaruhi oleh proses pembakaran yang terjadi pada reaktor.
3. Nilai tertinggi dan terendah Enthalphy evaporation, perpindahan panas kondensasi, koefisien perpindahan panas, dan Rate of condensation of steam berbeda satu sama lain. Untuk nilai enthalphy evaporation tertinggi terjadi pada waktu 60 menit dan nilai terendah terjadi pada waktu 180 menit. Nilai tertinggi perpindahan panas kondensasi terjadi pada waktu 60 menit dan terendah pada waktu 120 menit. Nilai koefisien perpindahan panas tertinggi pada waktu 180 menit, terendah pada waktu 120 menit. Dan untuk nilai Rate of condensation of steam tertinggi terjadi pada waktu 60 menit, terendah pada waktu 120 menit.

5.2 Saran

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

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dari bahan yang digunakan pada pipa kondensor.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penambahan alat bantu pada proses pirolisis sehingga hasil yang diperoleh lebih baik.
3. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan inovasi proses pembakaran pada reaktor sehingga prosesnya lebih efisien dan lebih hemat biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., Rio P. dkk. 2013. Pengaruh Variabel Waktu Dan Temperatur Terhadap Pembuatan Asap Cair Dari Limbah Kayu Pelawan (*cynometra cauliflora*). Jurnal Teknik Kimia. Vol. 19, No. 1:1-8.
- Herdyana Y.P, dkk. 2017. Evaluasi Kerja Turbin Kondensor E-2302 Sebelum Dan Sesudah Dilaksanakan *Turn Around* 2016. Jurnal Konversi. Vol. 6, No.1:17-26.
- Kane, Joseph W. 1988. Fisika. New York: John Wiley & Sons
- Komariyati, S., Wibowo S., 2015. Karakteristik Asap Cair Dari Tiga jenis Bambu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol 33, No. 2:167-173.
- Marliyadi & Abdul Jami, 2012. Kriteria Pemilihan Pompa Untuk Mengalirkan Larutan Asam Fosfat Ke Mixer Settler Pada Proses Recovery Uranium Dari Asam Fosfat. Vol.9, No.1:11-18.
- Nasir, Subriyer dkk. 2008. Pengaruh Kondisi Operasi Dan Pembuatan Asap Cair Dari Ampas Tuebu Dan Serbuk Gergaji Kay Kulim. Jurnal Teknik Kimia. Vol.15, No.4:8-15.
- Nasir, S., Mariana D., dkk. 2008. Pengaruh Kondisi Operasi Pada Asap Cair Dari Ampas Tebu Dan Serbuk Gergaji Kayu Kulim. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 15, No. 4:8-15.
- Prasetyowati, dkk. 2014. Pembuatan Asap Cair Dari Cangkang Buah Karet Sebagai Koagulan Lateks. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 20, No. 4:14-21.
- Putri, R. E.,(2015). Pengembangan Alat Penghasil Asap Cair Dari Sekam Padi Untuk Menghasilkan Insektisida Organik. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas. Vol.19, No. 2:30-34.
- Sari N. S., Utomo B. S. B., dkk. 2007. Uji Coba Alat Penghasil Asap Cair Skala Laboratorium Dengan Bahan Pengasap Serbuk Gergaji Kayu Jati Sabrang Atau Sungkai (*peronema canescenes*). Jurnal pascapanen dan bioteknologi kelautan dan perikanan. Vol.2, No.1:27-34.
- Sulhatun. 2012. Pemanfaatan Asap Cair Berbasis Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengawet Alternative. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 1, No. 1:91-100.

Sunyoto, et all. 2008. Teknik Mesin Industri. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Yuliyani, I. dan Sapto P. 2013. Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana Dengan Redestilator Untuk Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa. Jurnal Politeknik Bandung. No. 1:220-224.

Yunus. 2011. Teknologi Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Sebagai Pengawet Makanan. Jurnal Sains dan Inovasi. Vol. 1, No. 7:53-61.

