



**PENGARUH VARIASI DEBIT AIR PENDINGIN
TERHADAP HASIL KONDENSASI PADA PROTOTIPE
REAKTOR PIROLISIS SAMPAH PLASTIK**

SKRIPSI

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

UNNES
oleh
Rudhiyanto
5201411092
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Rudhiyanto
NIM : 5201411092
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Debit Air Pendingin Terhadap Hasil Kondensasi Pada Prototipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Tanda Tangan Tanggal

Ketua : Dr. Muhammad Khumaedi, M.Pd
NIP 196209131991021001
Sekretaris : Wahyudi, S.Pd., M.Eng
NIP 198003192005011001

(*Muham*) 21/9/15
(*Wahyudi*) 21/9/15

Dewan Penguji

Pembimbing : Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.
NIP 196809241994031002
Penguji Utama I : Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd.
NIP 195210021981031001
Penguji Utama II : Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T. (
NIP 196901061994031003
Penguji Pendamping : Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.
NIP 196809241994031002

(*Basyirun*) 17/9/15
(*Winarno*) 18/9/15
(*Dwi Widjanarko*) 18/9/15
(*Basyirun*) 18/9/15

Ditetapkan tanggal:

Mengesahkan,
Dean Fakultas Teknik



Dr. Muhammad Harlanu, M.Pd
NIP 196602151991021001

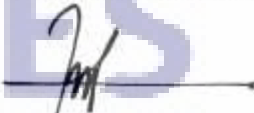
PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Rudhiyanto
NIM : 5201411092
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Debit Air Pendingin Terhadap Hasil Kondensasi Pada Prototipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 20 Agustus 2015

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Yang membuat pernyataan

Rudhiyanto
NIM 5201411092

ABSTRAK

Rudhiyanto. 2015. Pengaruh Variasi Debit Air Pendingin Terhadap Hasil Kondensasi Pada Prototipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.

Kata Kunci: Kondensasi, Kondensor, Sampah Plastik, Pirolisis.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh debit air pendingin pada kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik terhadap jumlah kondensat minyak plastik yang dihasilkan. Variasi debit air pendingin kondensor yang digunakan yaitu sebesar 2 liter/menit, 2,5 liter/menit, 3 liter/menit, 3,5 liter/menit dan 4 liter/menit.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Data hasil penelitian dianalisis dengan cara mengamati secara langsung hasil eksperimen kemudian menentukan dan menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam bentuk grafik dan tabel. Dua hal yang diamati dalam penelitian ini adalah pengaruh variasi debit air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan dan pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air pendingin kondensor sangat berpengaruh terhadap jumlah minyak yang dihasilkan. Dalam penelitian ini didapatkan debit yang paling optimal untuk proses kondensasi dari dua jenis plastik *HDPE (high density polyethylene)* dan *PP (polypropylene)*. Debit optimal untuk masing-masing jenis sampah plastik HDPE dan PP adalah 3,5 liter/menit dan 4 liter/menit. Volume minyak maksimal yang dihasilkan dari masing-masing jenis plastik HDPE dan PP sebanyak 400 ml dan 360 ml.

Hasil penelitian untuk nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik menunjukkan pengaruh yang kuat terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan. Dalam penelitian ini laju perpindahan panas terbaik didapatkan untuk masing-masing jenis plastik HDPE dan PP sebesar 1.218 Watt dan 1.642 Watt. Nilai laju perpindahan panas yang didapatkan berbanding lurus dengan jumlah minyak plastik yang dihasilkan, dengan laju perpindahan panas yang tinggi akan didapatkan kondensat minyak plastik yang lebih banyak dan dengan laju perpindahan panas yang rendah akan didapatkan kondensat minyak plastik yang lebih rendah. Sehingga disarankan untuk mendapatkan hasil minyak yang maksimal dilakukan proses kondensasi dengan debit yang optimal dan laju perpindahan panas yang tinggi.

ABSTRACT

Rudhiyanto. 2015. *The Influence of Water Discharge Variation on the Amount of Results Condensation In Prototype Plastic Waste Pyrolysis Reactor.* Essay. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Semarang State of University. Dr. Basyirun, S.Pd., M.T.

Keywords: Condensation , Condenser, Plastic Waste, Pyrolysis.

The purpose of this research was to know the influence of cooling water discharge on condenser prototype plastic waste pyrolysis reactor to amount of produced plastic oil condensate. Cooling water discharge of condenser were 2 liters / minute, 2.5 liters / minute, 3 liters / minute, 3.5 liters / minute and 4 liters/ minute.

The research used experimental method. Experiment output data analyzed by direct observation, then concluded and determined output data research into table and graph. Two things that were observed in this research was the effect of variation in the cooling water discharge to the amount of produced plastic oil and influence of the value of heat transfer rate to the amount of produced plastic oil.

The research results showed that the condenser cooling water discharge greatly affect to the volume of oil produced. In this research, the most optimal discharge for the condensation of two types of plastic HDPE (high density polyethylene) and PP (polypropylene). For each type of plastic HDPE and PP derived optimal discharge is respectively 3.5 liters/minute and 4 liter/minute. The maximum volume of oil produced from each type of plastic is 400 ml and 360 ml.

The research results for the value of the rate of heat transfer occurs in the condenser prototype plastic waste pyrolysis reactor showed a great affect on the amount of produced plastic oil. In this research the best heat transfer rate obtained for each type of plastic HDPE and PP with the value of the heat transfer rate of 1218 Watt and 1642 Watt. The Obtained heat transfer rate value is proportional to the amount of plastic oil produced, with high rate of heat transfer plastic oil condensate will get more and with a low rate of heat transfer will be obtained lower plastic oil condensate. So it was suggested for obtained a maximum plastic oil is carried process with the optimal flow and heat transfer rate higher.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat diselesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Debit Air Pendingin Terhadap Hasil Kondensasi Pada Prototipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Muhammad Harlanu, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. M. Khumaedi, M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Wahyudi, S.Pd., M.Eng., Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Basyirun, S.Pd, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd Penguji I yang telah memberi saran dan masukan dalam memperbaiki skripsi ini.

6. Dr. Dwi Widjanako, S.Pd., S.T., M.T. Penguji II yang telah memberi saran dan masukan dalam menyempurnakan skripsi ini.
7. Ibu dan Bapak Tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi.
8. Himpro Teknik Mesin FT Unnes dan CRC Teknik Mesin Unnes yang telah memberikan pengalaman yang sangat berharga dan tak terlupakan.
9. Sahabatku Hendra Prasetyo, Fahmi Zuhda B, Septian, dan semua sahabat-sahabatku yang selalu ada dan memberi semangat.
10. Semua pihak yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia pendidikan pada khususnya.

Semarang, 20 Agustus 2015



Penulis



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori.....	8
1. Kondensasi	8
2. Kondensor.....	10
3. Aliran Fluida	13
4. Efektivitas Perpindahan Panas	15
5. Pirolisis	16
6. Sampah Plastik	18
B. Kajian Penelitian yang Relevan	20
C. Kerangka Pikir Penelitian.....	21
D. Hipotesis Penelitian.....	23

BAB III METODE PENELITIAN

A.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	24
1.	Waktu Penelitian	24
2.	Tempat Pelaksanaan	24
B.	Desain Penelitian.....	24
C.	Alat dan Bahan Penelitian.....	25
1.	Alat Penelitian	25
2.	Bahan Penelitian.....	25
D.	Parameter Penelitian.....	25
1.	Variabel Independen.....	25
2.	Variabel Dependen	25
3.	Variabel Kontrol.....	26
E.	Teknik Pengumpulan Data.....	26
1.	Skema Peralatan Penelitian	26
a.	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	28
b.	Proses Penelitian.....	29
c.	Data Penelitian.....	31
F.	Teknik Analisis Data.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Hasil Penelitian	33
1.	Pengaruh Variasi Debit Terhadap Hasil Minyak Plastik..	33
2.	Pengaruh Nilai Laju Perpindahan Panas Pada Kondensor Terhadap Hasil Minyak CEDI SEMADANG.....	34
B.	Pembahasan.....	36
1.	Pengaruh Variasi Debit Air pendingin Terhadap Hasil Minyak Plastik	36
2.	Pengaruh Nilai Laju Perpindahan Panas Pada Kondensor Terhadap Hasil Minyak Plastik.....	39
C.	Keterbatasan Penelitian	46

BAB V PENUTUP

A.	Simpulan.....	47
----	---------------	----

B. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN	52



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Profil Kondensasi Film.....	9
Gambar 2.2. Profil Kondensasi Tetes	9
Gambar 2.3. <i>Parallel flow</i>	11
Gambar 2.4. <i>Counter flow</i>	11
Gambar 2.5. Aliran Laminar	14
Gambar 2.6. Aliran Turbulen	14
Gambar 2.7. Nomor Kode Plastik	19
Gambar 3.1. Rangkaian Reaktor Pirolisis Sampah Plastik	26
Gambar 3.2. Rangkaian detail kondensor <i>double pipe water-cooled condenser</i>	27
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1. Jumlah minyak plastik yang dihasilkan dengan lima variasi debit air pendingin untuk plastik jenis HDPE dan PP.	37
Gambar 4.2. Pengaruh debit air pendingin terhadap nilai laju perpindahan panas untuk proses kondensasi uap plastik jenis HDPE dan PP	40
Gambar 4.3. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik jenis HDPE.....	42
Gambar 4.4. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik jenis PP.....	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Parameter operasi proses pirolisis	17
Tabel 2.2. Jenis plastik dan penggunaannya.....	19
Tabel 2.3. Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik.....	20
Tabel 3.1. Desain Penelitian	24
Tabel 3.2. Pengaruh debit air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan pada jenis plastik HDPE dan PP.	31
Tabel 3.3. Pengaruh debit air pendingin terhadap nilai laju perpindahan panas untuk proses kondensasi uap plastik jenis HDPE dan PP	31
Tabel 4.1. Pengaruh debit air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan pada jenis plastik HDPE dan PP.	33
Tabel 4.2. Pengaruh debit air pendingin terhadap nilai laju perpindahan panas untuk proses kondensasi uap plastik jenis HDPE dan PP.	35
Tabel 4.3. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik pada jenis plastik HDPE.....	35
Tabel 4.4. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik pada jenis plastik PP.....	36
Tabel 4.5. Interpretasi Nilai R.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran.1. Hasil Penelitian	53
Lampiran.2. Dokumentasi Penelitian.....	55
Lampiran.3. Surat Tugas Dosen Pembimbing dan Penguji	62



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kondensasi merupakan proses yang terjadi ketika uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang suhunya lebih rendah (Kreith, 1991: 524). Dalam proses kondensasi terjadi proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Kondensor merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi sebagai media terjadinya proses kondensasi. Proses kondensasi di dalam kondensor terjadi dengan cara penurunan temperature dari salah satu fluida kerjanya. Di dalam kondensor terjadi proses perpindahan panas dari uap yang berperan sebagai fluida panas dan air yang berperan sebagai fluida dingin. Proses kondensasi memiliki banyak peran dalam kehidupan sehari-hari, contoh penggunaannya antarlain digunakan dalam unit pendingin, pusat pembangkit tenaga, unit pengkondisi udara, proses di industri dan sistem turbin gas.

Kondensasi merupakan salah satu proses kerja yang digunakan dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik yang dikembangkan jurusan Teknik Mesin Unnes. Kondensasi dalam prototipe ini terjadi di dalam kondensor berpendingin air dengan tipe *double pipe* atau bisa juga disebut *double pipe water-cooled condenser*. Kondensor dalam prototipe ini merupakan salah satu dari dua komponen utama yang terdapat di dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik yaitu yang berupa tabung reaktor dan kondensor. Minyak plastik yang dihasilkan dari prototipe ini ditentukan oleh keadaan komponen dan proses

kerja yang terjadi di dalamnya. Kondensor yang berperan sebagai salah satu komponen utama prototipe akan sangat menentukan hasil minyak yang didapat. Karena seperti kita ketahui sendiri bahwa efektivitas kerja kondensor dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: desain, suhu, dan proses pengoprasian.

Desain kondensor merupakan ketetapan komponen yang biasanya dipilih dan disesuaikan dengan kebutuhan kerja kondensor. Kondensor dalam prototipe ini merupakan kondensor berpendingin air dengan tipe *double pipe water-cooled condenser*. Kondensor dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini digunakan untuk menukarkan panas hingga fluida yang berupa uap plastik mengembun. Di dalam kondensor proses kerja dipengaruhi bentuk geometri dan konduktivitas bahan yang dipakai. Bentuk geometri kondensor menentukan luasan penampang perpindahan panas pada kondensor. Bentuk geometri juga menentukan batasan kemampuan kerja kondensor di dalam menukarkan panas. Konduktivitas bahan yang digunakan dalam kondensor juga memberikan pengaruh tinggi terhadap proses kerja kondensor. Bahan dengan nilai konduktivitas yang tinggi seperti aluminium dan tembaga akan mampu memindahkan panas dengan baik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa desain kondensor mempengaruhi dan menentukan proses kerja kondensor.

Suhu merupakan suatu parameter untuk menilai suatu keadaan itu panas atau dingin. Perbedaan suhu merupakan penentu proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor. kondensor dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini berfungsi untuk mengembunkan uap dan bekerja dengan

prinsip perpindahan panas. Proses perpindahan panas ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain: kerapatan isolasi kondensor, suhu lingkungan sekitar dan jenis fluida pendingin. Suhu lingkungan sekitar akan mempengaruhi suhu kerja di dalam kondensor yaitu ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari suhu fluida pendingin kondensor. Suhu pendingin yang telah terpengaruh suhu lingkungan akan berkurang keefektifannya di dalam memberikan pendinginan pada kondensor. Namun pengaruh suhu lingkungan terhadap fluida pendingin dalam kondensor dapat teratasi dengan adanya isolasi kondensor yang baik. Isolasi kondensor akan menjaga suhu lingkungan sekitar yang akan masuk dan mempengaruhi ke dalam sistem. Jenis fluida pendingin juga menentukan proses perpindahan panas kondensor karena masing-masing fluida memiliki konduktivitas *thermal* dan koefisien transfer panas konveksi yang berbeda-beda. Air merupakan salah satu fluida yang memiliki konduktivitas *thermal* dan koefisien transfer panas yang baik.

Proses pengoprasian kondensor merupakan hal yang paling menentukan hasil kondensasi karena di dalam pengoprasian kondensor perlu ditentukan beberapa standar pengoprasian yang paling efektif dan efisien. Kembali pada dasar kerja kondensor yang bekerja dengan prinsip perpindahan panas, dalam pengoprasian kondensor ada beberapa hal yang mempengaruhi antara lain: arah aliran, debit aliran dan faktor pengotoran (*fouling factor*). Arah aliran fluida di dalam kondensor mempengaruhi efektivitas perpindahan panas karena akan ada perbedaan yang signifikan ketika arah aliran kedua fluida itu searah ataupun berlawanan arah. Ketika aliran fluida di dalam kondensor searah, maka suhu

akhir fluida dingin tidak akan dapat mencapai kesamaan atau lebih dari suhu keluar fluida panas. Ketika aliran di dalam kondensor lawan arah, maka suhu keluar fluida dingin akan dapat melampaui suhu keluar fluida panas. Debit air pendingin kondensor akan mempengaruhi kecepatan aliran fluida pendingin di dalam kondensor. Kecepatan aliran di dalam kondensor akan menentukan proses perpindahan panas secara konveksi yang terjadi di dalam kondensor. Kemudian dengan seiring berjalanya waktu, jika pemakaian sudah terlampau lama maka dalam pengoprasian kondensor juga akan dipengaruhi oleh faktor pengotoran. Faktor pengotoran ini akan menghambat proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor karena adanya kotoran, endapan dan korosi yang terjadi di dalam kondensor.

Berdasarkan uraian di atas teridentifikasi beberapa faktor penentu efektivitas kerja kondensor dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik yang akan mempengaruhi hasil jumlah minyak plastik yang dihasilkan. Maka dalam penelitian ini akan diteliti salah satu faktor pengaruh terbesar yaitu pada pengaruh debit air pendingin kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.

B. Identifikasi Masalah

Hasil kondensasi dipengaruhi oleh seberapa besar efektivitas kerja kondensor. Efektivitas kondensor dipengaruhi oleh beberapa faktor yang teridentifikasi pada latar belakang masalah diatas. Faktor faktor yang mempengaruhinya antara lain adalah: desain kondensor, nilai konduktivitas bahan, kerapatan isolasi kondensor, suhu lingkungan pengoprasian, jenis fluida

pendingin, arah aliran fluida, debit air pendingin dan *fouling factor* (faktor pengotoran).

Prototipe reaktor pirolisis sampah palstik yang dikembangkan Teknik Mesin Unnes mempunyai spesifikasi sebagai berikut. Kondensor yang digunakan yaitu kondensor bertipe *double pipe* menggunakan fluida pendingin berupa air. Bahan kondensor adalah Tembaga dan *stainless stell*. Isolator kondensor digunakan *glass woll* yang dililitkan di bagian pipa luar kondensor dan di bagian pipa-pipa penghantar.

Kondensor yang dipakai dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini dari beberapa spesifikasinya telah memenuhi syarat untuk tidak terpengaruh oleh beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja kondensor. Namun masih ada beberapa faktor lain yang belum terpenuhi. Salah satu faktor yang masih besar mempengaruhi dan menentukan efektivitas kerja kondensor adalah debit air pendingin. Untuk itu dalam penelitian ini akan diteliti seberapa besar debit air pendingin kondensor mempengaruhi hasil kondensasi dan laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor.

C. Pembatasan Masalah

Mengingat ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil kondensasi pada kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik , maka hal yang diteliti dalam penelitian ini hanya dibatasi pada pengaruh variasi debit air pendingin kondensor dengan ketentuan:

1. Variasi debit air pendingin kondensor yang digunakan sebesar 2 liter/menit, 2,5 liter/menit, 3 liter/menit, 3,5 liter/menit dan 4 liter/menit.

2. Variasi jenis sampah plastik yang digunakan yaitu sampah plastik jenis *HDPE (High Density Polyethylene)* dan *PP (polypropylene)*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dirumuskan pada.

1. Seberapa besar pengaruh variasi debit air pendingin kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh nilai laju perpindahan panas pada kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh variasi debit air pendingin kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh nilai laju perpindahan panas di dalam kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kemanfaatan sebagai berikut:

1. Setelah mengetahui adanya pengaruh variasi debit air pendingin kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengkondensasian uap plastik yang lebih

efektif dan optimal di dalam proses pengoprasian prototipe reaktor pirolisis sampah plastik.

2. Setelah mengetahui pengaruh laju perpindahan panas terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan, diharapkan mampu memberikan informasi tentang adanya hubungan nilai laju perpindahan panas terhadap hasil kondensasi minyak plastik dan diharapkan dapat memberikan informasi untuk perancangan penyempurnaan prototipe reaktor pirolisis sampah plastik kedepannya khususnya pada bagian kondensor.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Kondensasi

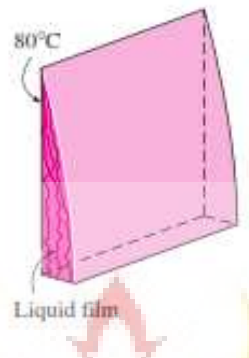
Kondensasi terjadi ketika uap menyentuh permukaan yang temperaturnya di bawah temperature jenuh dari uap tersebut. Ketika kondensat cair terbentuk pada permukaan, kondensat ini akan mengalir karena pengaruh gravitasi (Welty dkk, 2004: 152). Dalam kondensasi terjadi proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Dalam proses merubah gas menjadi cair dapat dilakukan dengan cara menaikkan tekanannya atau dengan menurunkan temperaturnya. Dua metode itu yang lebih murah dan mudah adalah dengan menurunkan temperature yang biasanya menggunakan media air atau udara sebagai media pendinginannya.

Jenis fenomena kondensasi yang sering terjadi dibagi menjadi dua yaitu:

a. Kondensasi film (*film wise condensation*)

Kondensasi film terjadi ketika cairan membasahi permukaan, menyebar dan membentuk suatu film (Welty dkk, 2004: 152). Kondensasi jenis ini merupakan kondensasi yang umum terjadi pada kebanyakan sistem. Dalam kondensasi ini kondensat berbentuk butiran, membasahi permukaan dan jatuh bergabung membentuk lapisan cairan yang saling menyatu. Lapisan cairan yang terbentuk akan mengalir karena diakibatkan gravitasi, gesekan uap, dan lain-lain. Kondensasi film paling banyak terjadi pada aplikasi keteknikan. Aliran cairan kondensat akan memunculkan fenomena seperti aliran laminar, aliran gelombang

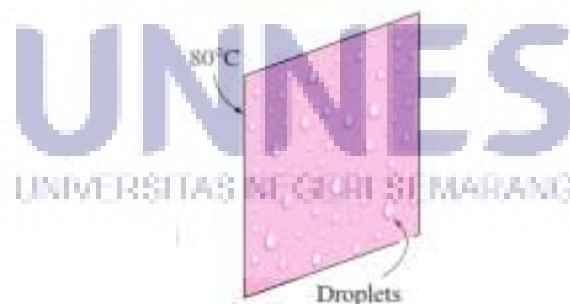
(*wavy*), transisi laminar-turbulen, dan butiran yang jatuh pada permukaan lapisan cairan.



Gambar 2.1. Profil kondensasi film
Sumber: Cengel, 2002: 532

b. Kondensasi secara tetes (*dropwise condensation*)

Kondensasi secara tetes (*dropwise condensation*) terjadi ketika tetesan tetesan bergerak menuruni permukaan, bergabung ketika mereka bersentuhan dengan kondensat lainnya (Welty dkk, 2004: 152). Dalam kondensasi jenis ini dibutuhkan laju transfer panas yang tinggi untuk mempertahankan terjadinya tetesan tetesan embun.



Gambar 2.2. Profil kondensasi Tetes
Sumber: Cengel, 2002: 532

Kedua jenis fenomena kondensasi tersebut mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kondensasi secara tetes merupakan kondensasi

yang sulit dilakukan atau dipertahankan secara komersial, karena dalam kondensasi ini laju transfer panas yang dibutuhkan sangat tinggi. Dengan alasan itu maka semua peralatan didesain berdasarkan kondensasi secara film.

2. Kondensor

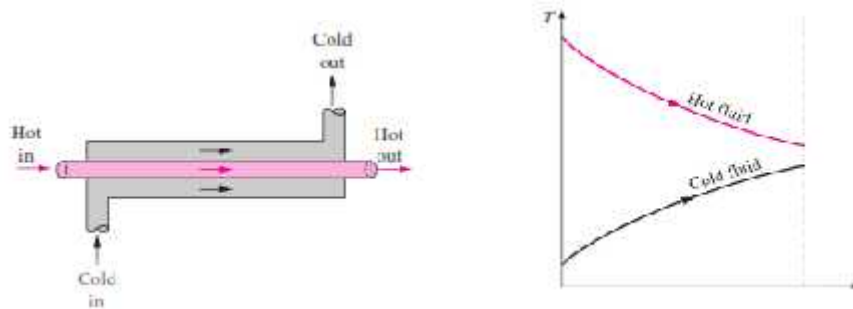
Kondensor merupakan salah satu dari penukar panas jenis rekuperator, rekuperator adalah salah satu alat perpindahan panas yang bekerja dimana suatu fluida terpisah oleh fluida lain oleh suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas (Kreith, 1991: 547). Menurut fungsinya kondensor sering digunakan untuk mengembunkan uap menjadi cairan. Kondensor yang bekerja dengan prinsip perpindahan panas akan memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lain. Di dalam kondensor terjadi dua proses perpindahan panas yaitu perpindahan panas secara konduksi dan secara konveksi. Konduksi panas terjadi dari fluida panas yang memindahkan panasnya ke fluida dingin melalui perantara dinding kondensor. Konveksi panas terjadi dari perpindahan panas aliran yang dilakukan oleh aliran fluida kerja kondensor.

Klasifikasi kondensor (*Heat Exchanger*) berdasarkan arah aliran fluida kerja dibagi menjadi tiga tipe yaitu aliran paralel atau aliran searah (*cocurrent*), aliran melawan arus atau aliran berlawanan (*countercurrent*) dan aliran silang (*crossflow*) (Welty dkk, 2004: 163).

a. Penukar kalor tipe aliran sejajar (*parallel flow*)

Penukar kalor tipe aliran sejajar atau sering disebut dengan *parallel flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan fluida dingin masuk dan keluar pada

arah yang sama (Cengel, 2002: 668).

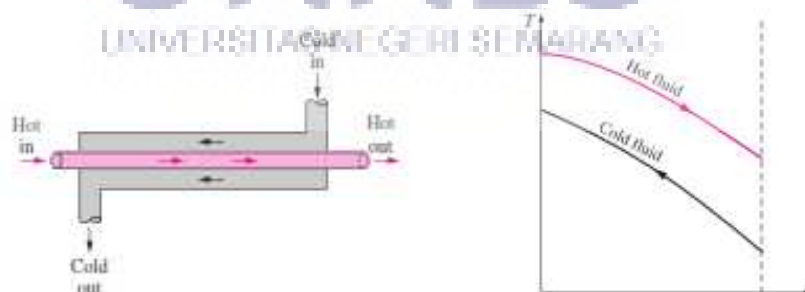


Gambar 2.3. *Parallel flow*
Sumber: Cengel, 2002: 668

Pada jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar. Dengan demikian temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor saat keluar dari penukar kalor. Jenis ini merupakan penukar kalor yang paling tidak efektif.

b. Penukar kalor tipe aliran berlawanan (*counter flow*)

Penukar kalor tipe aliran berlawanan atau sering disebut *counter flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan dingin memasuki penukar kalor melalui ujung yang berhadapan dan mengalir dengan arah berlawanan (Cengel, 2002: 668).



Gambar 2.4. *Counter flow*
Sumber: Cengel, 2002: 668

Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor saat meninggalkan penukar kalor. Bahkan idealnya apabila luas permukaan perpindahan kalor adalah tak berhingga dan tidak terjadi rugi-rugi kalor ke lingkungan, maka temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar dari penukar kalor bisa menyamai temperatur fluida yang memberikan kalor saat memasuki penukar kalor. Dengan teori seperti ini jenis penukar kalor berlawanan arah merupakan penukar kalor yang paling efektif.

c. Penukar kalor dengan aliran silang (*cross flow*)

Penukar kalor dengan aliran silang atau sering disebut *cross flow* yaitu penukar kalor dimana biasanya di dalam penukar kalor tersebut terjadi perpindahan antara dua fluida yang saling tegak lurus satu sama lain (Cengel, 2002: 669). Contoh yang sering ditemui adalah pada radiator mobil dimana arah aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas.

Kondensor yang digunakan dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini merupakan kondensor tipe *double pipe water-cooled condenser* dengan jenis aliran berlawanan. Kondensor ini dipilih karena jika dilihat dari klasifikasi jenis kondensor berdasarkan arah alirannya kondensor ini merupakan kondensor yang paling efektif untuk menukarkan panas.

3. Aliran Fluida

a. Jenis jenis Aliran Fluida

Aliran fluida dapat diaktegorikan menjadi tiga jenis yaitu laminar, transisi dan turbulen. Penentuan jenis aliran fluida didasarkan pada seberapa besar bilangan Reynolds yang dimiliki oleh suatu aliran fluida. Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dijadikan sebagai tolok ukur suatu aliran itu dinamakan laminar, transisi atau turbulen. Kondisi yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan Reynolds pada suatu aliran antara lain kecepatan fluida, kerapatan (*Density*), viskositas dan diameter pipa aliran fluida. Menurut Munson dkk (2005: 6) Untuk menentukan bilangan Reynolds dapat dicari dengan rumus:

$$RE = \frac{\rho V D}{\mu} \dots\dots\dots (2.1)$$

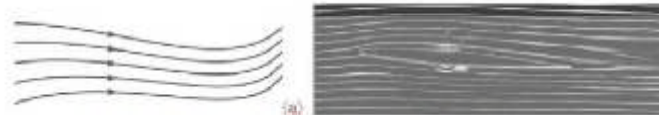
Dimana : V = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)
 D = Diameter dalam pipa (m)
 ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)
 μ = viskositas dinamik fluida (N.s/m²)

1) Aliran Laminar

Menurut Giancoli (2005: 268) aliran laminar adalah aliran dari beberapa partikel fluida yang mengalir dalam suatu garis edar dengan tenang dan garis edar itu tidak saling bersilangan satu sama lain. Aliran laminar adalah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas Newton yaitu:

$$\tau = f \frac{du}{dy} \dots\dots\dots (2.2)$$

Aliran dikatakan sebagai aliran laminar jika dalam aliran itu mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2100.



Gambar 2.5. Aliran laminar
Sumber: Giancoli, 2005: 268

2) Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang ditandai dengan ketidaktentuan, ringan, membentuk pusaran air seperti lingkaran atau bisa disebut pusaran arus (Giancoli, 2005: 268). Aliran turbulen terjadi ketika gerakan dari partikel-partikel fluida tidak menentu karena adanya percampuran serta putaran partikel antar lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata di seluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran. Aliran dikatakan sebagai aliran turbulen ketika aliran itu mempunyai nilai bilangan Reynold lebih dari 4000.



Gambar 2.6. Aliran Turbulan
Sumber: Giancoli, 2005: 268

3) Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran dikatakan sebagai aliran transisi ketika aliran itu mempunyai nilai bilangan Reynold antara 2100 – 4000 (Munson dkk, 2005: 25).

b. Debit Aliran Fluida

Debit aliran adalah nilai yang dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada suatu pipa eksperimen. Rumus perhitungan debit aliran adalah:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : Q = debit aliran (liter/menit)
 V = volume fluida (l)
 t = waktu (menit)

4. Efektivitas Perpindahan Panas

Efektivitas perpindahan panas dapat dilihat dari seberapa besar perpindahan panas yang terjadi di dalam suatu penukar panas. Menurut Holman (1988: 490) Laju perpindahan panas dalam suatu pipa ganda dapat dihitung dengan rumus.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : q = besar laju perpindahan panas (W)
 U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m²°C)
 A = Luas penampang perpindahan panas (m²)
 ΔT_m = Beda suhu rata-rata dalam penukar kalor (°C)

Pada saat proses transfer panas, beda suhu antara fluida panas dan fluida dingin pada waktu masuk dan pada waktu keluar tidaklah sama, maka perlu ditentukan nilai rata-rata beda suhu untuk bisa menentukan besar kalor yang dipindahkan fluida pada alat penukar kalor (kondensor). Pada aliran sejajar, dua

fluida masuk bersama-sama dalam alat penukar kalor, bergerak dalam arah yang sama dan keluar bersama-sama pula. Sedangkan pada aliran berlawanan, dua fluida bergerak dengan arah yang berlawanan dan pada aliran menyilang, dua fluida saling menyilang/bergerak saling tegak lurus.

Menurut Holman (1988: 498) perpindahan panas dapat dihitung dari besar energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau besar energi yang diterima oleh fluida dingin, dan untuk masing masing jenis aliran dirumuskan sebagai berikut:

Untuk aliran searah,

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$q = m_c c_c (T_{c2} - T_{c1}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk aliran berlawanan arah,

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$q = m_c c_c (T_{c1} - T_{c2}) \dots\dots\dots (2.8)$$

5. Pirolisis

Pirolisis atau devolatilisasi adalah proses fraksinasi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan volatil matters pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya, Produk cair yang menguap mengandung tar dan polyaromatic hidrokarbon (Ramadhan dan Ali _ : 45).

Menurut kondisi operasinya, pirolisis dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis kategori yaitu slow, fast, dan flash pirolisis (Jahirul dkk, 2012: 4956).

Tabel 2.1. Parameter operasi proses pirolisis
 Sumber : Jahirul dkk, 2012: 4956

Proses pirolisis	Waktu tinggal (s)	Ukuran partikel (mm)	Suhu (K)
Slow	450-500	5-50	550-950
Fast	0,5-10	<1	850-1250
Flash	<0,5	<0,2	1050-1300

Faktor-faktor yang mempengaruhi produk pirolisis (Elykurniati, 2009: 15-16) adalah:

a. Waktu

Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung, produk yang dihasilkannya (bahan bakar cair dan arang) makin naik.

b. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan, karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak produk (residu padat, tar, dan gas) yang dihasilkan.

c. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap hasil. Makin besar ukuran partikel luas permukaan persatuan berat makin kecil sehingga proses karbonisasi berlangsung lambat.

d. Berat Partikel

Semakin banyak bahan yang dimasukkan menyebabkan hasil bahan bakar cair (tar) dan arang meningkat.

6. Sampah Plastik

a. Pengertian Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen (Surono, 2013: 33).

Secara umum, kelebihan plastik dibanding dengan material lain, diantaranya adalah kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik (Surono, 2013: 33).

Sebagian besar plastik yang ada di masyarakat merupakan jenis plastik polietilena. Ada dua jenis polietilena yaitu *HDPE* (*high density polyethylene*) dan *PP* (*polypropylene*). *HDPE* banyak digunakan sebagai botol oli dan kantong kresek dan *PP* banyak digunakan sebagai botol minuman gelas.

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (Surono, 2013: 33).

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya.



Gambar 2.7. Nomor kode plastik

Sumber: Kurniawan, 2012

Tabel 2.2. Jenis Plastik dan penggunaannya

Sumber: Sharobem, 2010: 13

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	<i>PET (polyethylene terephthalate)</i>	Botol minuman dan kantong makanan
2	<i>HDPE (High-density Polyethylene)</i>	Botol minuman, kantong makanan, detergen botol, kantong belanja dan ritel
3	<i>PVC (Polyvinyl Chloride)</i>	Kemasan makanan dan bukan makanan, tabung medis, dinding, bingkai jendela, ubin lantai, dan alas karpet
4	<i>LDPE (Low-density Polyethylene)</i>	Wadah roti dan makanan beku, botol yang bisa diremas
5	<i>PP (Polypropylene atau Polypropene)</i>	Botol obat dan kantong makanan
6	<i>PS (Polystyrene)</i>	Gelas, piring, dan karton telur
7	<i>Other (O)</i> , jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	Botol air yang dapat digunakan lagi, botol makanan dan minuman

b. Sifat Thermal Plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi.

Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perenggangan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan

mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010: 52-54)

Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik
Sumber: Budiyantoro, 2010: 54

No	Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperatur Kerja Maks (°C)
1	PP (<i>Polypropylene</i>)	168	5	80
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	134	-110	82
3	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	330	-115	260
4	PA (<i>Polyamide</i>)	260	50	100
5	PET (<i>polyethylene Terephthalate</i>)	250	70	100
6	ABS (<i>Acrylonitrile Butyrate</i>)	-	110	85
7	PS (<i>Polystyrene</i>)	-	90	70
8	PMMA (<i>polymethylmethacrylate</i>)	-	100	85
9	PC (<i>Polycarbonate</i>)	-	150	246
10	PVC (<i>PolyvinylChloride</i>)	-	90	71

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan kinerja kondensor dan proses pengolahan limbah sampah plastik menjadi minyak plastik adalah sebagai berikut :

Penelitian berkaitan dengan efisiensi kerja *heat exchanger* telah dilakukan oleh Handoyo (2000: 86) dengan judul penelitian “Pengaruh kecepatan aliran terhadap efektivitas “*Shell and tube Heat Exchanger*” dari situ disimpulkan bahwa :

Efektivitas *shell-and-tube heat exchanger* meningkat jika fluida, baik di sisi *shell* maupun di sisi *tube*, mengalir dengan kecepatan lebih

tinggi hingga suatu harga maksimum dan kemudian akan menurun meskipun kecepatan fluida meningkat terus.

Efektivitas *shell-and-tube heat exchanger* lebih tinggi jika udara panas mengalir di *tube* dan udara dingin mengalir di *shell*.

Penelitian tentang *Heat Exchanger* telah dilakukan oleh Setyoko (2008: 152) dengan judul penelitian “Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* Dengan Metode Fouling Faktor”. Pada penelitian itu disimpulkan bahwa *Heat Exchanger* adalah salah satu alat penukar panas yang efektif. Dalam penelitian terlihat adanya panas yang terbuang ke lingkungan. Perpindahan panas dalam *Heat Exchanger* terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi.

Penelitian yang lain tentang proses pirolisis dengan beberapa jenis plastik telah dilakukan oleh Surono (2013: 39). Dengan judul penelitian “Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak”. Hasil penelitian mendapatkan kesimpulan bahwa “Campuran plastik PE dan PP yang diproses dengan *thermo cracking* pada temperature 450 °C selama 2 jam dan selanjutnya dikondensasikan pada temperatur 21 °C akan menghasilkan minyak yang mempunyai jumlah atom Carbon yang setara dengan solar.

C. Kerangka Pikir Penelitian

kondensor berpendingin air merupakan kondensor yang banyak digunakan dalam suatu unit pendingin. Salah satu contoh penggunaan kondensor berpendingin air yaitu pada prototipe reaktor pirolisis sampah plastik yang dikembangkan jurusan Teknik Mesin Unnes. Kondensor yang dipakai adalah kondensor tipe *double pipe water-cooled condenser*. Proses pengolahan sampah plastik dengan prinsip pirolisis telah banyak dilakukan dan diteliti. Namun

sampai saat ini belum pernah diteliti mengenai proses kondensasi dan penggunaan kondensor yang efektif dan efisien untuk mendapatkan minyak plastik hasil pirolisis yang maksimal. Padahal dalam suatu proses kondensasi di dalam kondensor ada banyak faktor yang mempengaruhi kinerja kondensor. Salah satu faktor yang mempengaruhi dalam pengoprasian kondensor adalah debit air pendingin. Untuk itu perlu diuji dan diteliti mengenai seberapa besar debit air pendingin yang paling optimal untuk mengkondensasikan uap plastik hasil pirolisis dengan kondensor tipe *double pipe water-cooled condenser*.

Uji efektivitas kerja kondensor dilakukan dengan uji coba pada kondensor yang dioprasikan dengan berbagai variasi debit air pendingin yang berbeda-beda. Nilai efektivitas kondensor diperoleh dengan melihat jumlah minyak plastik yang dihasilkan dan dengan melihat besar laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor untuk setiap kali proses pengoprasian.

Hasil penelitian efektivitas kerja *double pipe water-cooled condenser* dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik akan memberikan informasi tentang standar proses kerja yang optimal untuk proses pengkondensasian uap plastik. Perhitungan efektivitas perpindahan panas yang terjadi dalam kondensor akan memberikan informasi tentang kualitas kondensor. Hasil data yang diperoleh dari penelitian pada kondensor tipe *double pipe water-cooled condenser* dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan prototipe reaktor pirolisis sampah plastik kedepannya, khususnya pada komponen kondensor.

D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, di mana rumusan masalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat pertanyaan (Sugiyono, 2012: 64).

Berdasarkan kajian pada pembahasan di atas hipotesis dalam penelitian ini yaitu :

1. Ada pengaruh variasi debit air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan oleh kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik.
2. Ada pengaruh nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan.

BAB V PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air pendingin kondensor sangat kuat mempengaruhi jumlah minyak plastik yang dihasilkan. Semakin besar debit air pendingin kondensor maka sejalan dengan kecepatan aliran yang ada di dalam kondensor volume minyak plastik yang dihasilkan semakin meningkat. Namun pada titik debit tertentu akan diketahui harga debit yang paling optimal untuk mendapatkan hasil minyak yang maksimal. Dalam penelitian ini harga debit paling optimal untuk jenis plastik HDPE sebesar 3,5 liter/menit dan untuk jenis plastik PP sebesar 4 liter/menit.
2. Nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor sangat kuat mempengaruhi jumlah minyak plastik yang didapatkan. Terlihat dari hasil penelitian ini bahwa semakin tinggi nilai laju perpindahan panasnya maka hasil minyak kondensat yang diperoleh semakin meningkat. Meningkat dan menurunnya nilai laju perpindahan panas yang terjadi dipengaruhi dan ditentukan oleh besar laju kecepatan masa dan perbedaan suhu yang terjadi di dalam kondensor. Perbedaan hasil yang diperoleh untuk masing masing jenis plastik HDPE dan PP terlihat dari hasil penelitian ini. Untuk plastik jenis HDPE memiliki nilai laju perpindahan panas yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan plastik jenis PP. Hal itu terjadi karena pada dasarnya

dari masing-masing jenis plastik memiliki karakteristik dan temperatur leleh yang berbeda yang sejalan dengan perbedaan titik embun dari masing masing jenis uap plastik yang berbeda pula.

B. Saran

Adapun saran yang diberikan terhadap penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh debit air pendingin terhadap jumlah minyak yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Proses kondensasi uap plastik jenis HDPE dan PP memiliki debit optimal masing masing yang berbeda, jadi disarankan untuk proses kondensasi uap plastik dari hasil pirolisis dengan prototipe reaktor pirolisis sampah plastik ini untuk jenis plastik HDPE debit optimal digunakan 3,5 liter/menit dan untuk jenis plastik PP debit optimal digunakan 4 liter/menit.
2. Dalam proses pengkondensasian uap plastik hasil pirolisis disarankan kecepatan uap plastik yang akan masuk ke dalam kondensor untuk bisa dijaga konstan agar uap plastik yang akan dikondensasikan bisa maksimal terkondensasi.
3. Perlu penyempurnaan kondensor tipe *double pipe water-cooled condensor* dalam prototipe reaktor pirolisis sampah plastik. Dari data hasil penelitian disarankan untuk dapat digunakan sebagai modal perancangan guna mendapatkan rancangan kondensor untuk prototipe reaktor pirolisis yang lebih sempurna.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kondensor pada prototipe reaktor pirolisis sampah plastik untuk dikembangkan dalam skala yang lebih besar.
5. Perlu dilakukan analisis kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik dengan menggunakan *software CFD ANSYS FLUENT*.



DAFTAR PUSTAKA

- Budiyantoro, C. 2010. *Thermoplastik dalam Industri*. Surakarta: Teknik Media
- Cengel, Yunus A. 2002. *Heat Transfer a Practical Approach*. Reno Nevada: McGrawHill.
- Elykurniati. 2009. *Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair dan Arang dengan Proses Pirolisis*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Gao, Feng. 2010. *Pyrolysis of Waste Plastic into Fuels*. Thesis. Christchurch: University of Canterbury
- Giancoli, Douglas C. 2005. *Physics Sixth Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- Handoyo, Ekadewi Anggraini. 2000 . Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas *Shell-and-Tube Heat Exchanger*. *Jurnal Teknik Mesin*. Volume 2. Nomor 2 : 86 – 90.
- Hartono. 2012. *Statistik Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Holman, J P. 1988. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- Jahirul, Mohammad I, Mohammad G. Rasul, Ashfaq Ahmed Chowdhury, and Nanjappa Ashwath. 2012. Biofuels Production through Biomass Pyrolysis- A Technological Review. *Journal Energies*. Volume 5. Halaman 4952-5001
- Kreith, Frank. 1991. *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta : Erlangga
- Kurniawan, A. 2012. *Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak*. <http://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/14/mengenal-kode-kemasan-yang-aman-dan-tidak/>. Diakses pada tanggal 20 April 2015 pukul 14.00 WIB
- Munson, Bruce R, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. 2005. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Ramadhan, Aprian dan Munawar Ali.____. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Volume 4. Nomor 1: Halaman 44-53
- Setyoko, Bambang. 2008. Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling Faktor. *Teknik*. Volume 29. Nomor 2: 148-253

- Sharobem, Timothy T. 2010. *Tertiary Recycling Of Waste Plastics: An Assesment Of Pyrolysis By Microwave Radiation*. New York: Columbia University
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan RnD*. Bandung: Alfabeta
- Surono, Untoro Budi. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*. Volume 3. Nomor 1: Halaman 32-40
- Welty, James R, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory Rorrer. 2004. *Dasar Dasar Fenomena Transport*. Jakarta: Erlangga.

