

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI SUDUT ORIENTASI KONDENSOR (0°, 15°, DAN
30°) DENGAN KONFIGURASI ALIRAN *COUNTER FLOW* DAN DEBIT
AIR 18 LPM TERHADAP HASIL PIROLISIS PLASTIK LDPE**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

BIBIT HARIADI

(20130130298)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2018

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor (0° , 15° , dan 30°) Dengan
Konfigurasi Aliran *Counter Flow* Dan Debit Air 18 LPM Terhadap Hasil
Pirólisis Plastik LDPE**

*Effect of Condenser Orientation Angle Variation (0° , 15° , and 30°) With Flow
Counter Flow Configuration And 18 LPM Water Debit on LDPE Plastic
Pyrolysis Results*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Bibit Hariadi
2013 013 0298

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal, 22 Mei 2018

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng.
NIK. 19790106200310123053

Wahyudi, S.T., M.T.
NIK. 19700823199702123032

Penguji

Tito Hadji Agung Santoso., S.T., M.T.
NIK. 19720222 200310 123054

**Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar sarjana**

Tanggal, 30 Mei 2018

**Mengetahui,
Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY**

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D.
NIK. 19740302200104123049

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugasakhir ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 31 Mei 2018

Bibit Hariadi
20130130298

MOTTO

“Dalam pepatah jawa mengatakan sopo nandur sopo ngunduh yang artinya siapa yang menanam pasti akan memetik hasilnya”.

“ Satu pekerjaan sederhana yang selesai, lebih baik daripada seribu rencana hebat yang tidak dilaksanakan”.

(Mario Teguh)

PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT dan atas do'a dari orang-orang yang tercinta, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa syukur dan bangga saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, Bapak Sowarno dan Ibu Tuginah yang telah memberikan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan motivasi serta do'anya, yang selalu menantikan akan keberhasilan saya dalam menyelesaikan pendidikan ini.
2. Kakak dan adik tercinta Olid Mahudi dan Bangki tBurhanudin, terima kasih atas dukungan, do'a serta motivasinya selama ini dari awal menempuh pendidikan perguruan tinggi sampai menyelesaikannya.
3. Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing I Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan dan masukan-masukannya sertamasukan ide serta penjelasannya.
4. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku Pembimbing II Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan dan masukan-masukannya.
5. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku Penguji Tugas Akhir dan Pembimbing Akademik selama saya kuliah. Terima kasih atas bimbingan dan masukan-masukannya.
6. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Teman-teman Mesin UMY khususnya angkatan 2013, terima kasih atas kebersamaannya selama berjuang di Teknik Mesin UMY.
8. Ahmad Abdu Rozak, Ali UlinuhadanRiza Adnan, selaku rekan berjuang dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.

9. Segenap Dosen dan Laboran Teknik Mesin, terima kasih atas bimbingan dan pelajaran yang telah diberikan selama ini.
10. Seluruh Staf dan Karyawan UMY atas segala pelayanan akademiknya.
11. Seluruh keluarga yang telah membantu secara moril maupun materil.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala nikmat dan karunianya, Shalawat serta salam selalu kita limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *shallallahu'alaihi wasalam*, sehingga Tugas Akhir ini telah selesai disusun. Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah yang disusun untuk syarat memperoleh gelar Sarjana S1 pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas Akhir ini berisi tentang Pengaruh Sudut Orientasi Kondensor Terhadap Hasil Pirolisis Plastik LDPE. Tugas Akhir ini dilengkapi dengan proses - proses penelitian yang disertai dengan gambar-gambar dan grafik untuk memberikan pemahaman kepada pembaca agar mudah dimengerti. Tugas Akhir ini juga dilengkapi dengan hasil pengujian yang dibandingkan dengan pengujian orang lain yang menguji tentang penelitian pirolisis plastik dengan bahan yang berbeda.

Penulis berharap bahwa Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk masyarakat, sehingga masyarakat dapat mengembangkan lebih lanjut tentang penggunaan energi dari sampah yang susah terurai ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini dan penulis juga sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga bisa menjadi masukan untuk penyusunan karya berikutnya.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah untuk kita semua sehingga senantiasa mendapat petunjuk-Nya.

Wasalammualaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 31 Mei 2018

Penulis

Bibit Hariadi
20130130298

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Bagi Mahasiswa.....	4
1.5.2 Bagi Akademik	4
1.5.3 Bagi Industri	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	11
2.2.1 Pengertian Pirolisis	11
2.2.2 Pengertian Plastik	12
2.2.3 Jenis-jenis Plastik.....	13
2.2.4 Pengertian Bahan Bakar	15
2.2.4.1 Pengertian Bahan Minyak.....	15
2.2.4.2 Bahan Bakar Cair.....	16

2.2.5	Karakteristik Bahan Bakar.....	16
2.2.51	Titik Nyala Api(<i>Flash Point</i>).....	17
2.2.52	Nilai Kalor	17
2.2.53	Densitas.....	18
2.2.54	Viskositas.....	18
2.2.6	Perpindahan Kalor	20
2.2.61	Perpindahan Kalor Konduksi	20
2.2.62	Perpindahan Kalor Konveksi	21
2.2.63	Perpindahan Kalor Radiasi	21
2.2.64	Perpindahan Kalor Pada Kondensor	22
2.2.7	Tipe Penukar Kalor.....	23
2.2.7.1	Aliran Sejajar (<i>parallel flow</i>).....	24
2.2.7.2	Aliran Berlawanan (<i>counter flow</i>)	25
BAB III	METODE PENELITIAN	27
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.1.1	Waktu Penelitian.....	27
3.1.2	Tempat Penelitian	27
3.2	Bahan Penelitian.....	27
3.2.1	Plastik LDPE	27
3.2.2	<i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG).....	28
3.2.3	Air Pendingin.....	28
3.3	Alat Penelitian.....	29
3.3.1	Bagian – Bagian Alat Pirolisis.....	30
3.3.2	Kompor	30
3.3.3	Pompa Air	31
3.3.4	Timbangan	31
3.3.5	Gelas Ukur	32
3.3.6	<i>Thermocouple Reader</i>	33
3.3.7	Stopwatch	33
3.3.8	Flow Meter.....	33
3.3.9	Tabung Air Pendingin.....	34

3.3.10	Reaktor	35
3.3.11	Radiator	36
3.3.12	Kondensor	36
3.3.13	Manometer.....	37
3.3.14	<i>Flash Point Tester</i>	38
3.3.15	<i>Viscometer</i> NDJ 8S	38
3.3.16	Timbangan Digital dan Gelas Ukur.....	39
3.3.17	<i>Calorimeter</i>	40
3.3.18	Glasswool dan Aluminium Foil	41
3.3.19	Anemometer	42
3.3.20	Pipa dan Selang Air	42
3.3.21	Gunting.....	42
3.4	Parameter Penelitian.....	42
3.5	Teknik Pengumpulan Data	43
3.6	Proses Penelitian	44
3.6.1	Persiapan Sebelum Percobaan	45
3.6.2	Proses Pirolisis Plastik.....	45
3.6.3	Pengujian Hasil Minyak Pirolisis	46
3.6.4	Pelaksanaan Setelah Percobaan	46
3.7	Data Penelitian	46
3.8	Teknik Analisis Data.....	47
3.9	Pengujian Hasil Bahan Bakar Cair.....	48
3.9.1	Pengujian Viskositas	48
3.9.2	Pengujian Nilai Kalor.....	49
3.9.3	Pengujian Densitas	49
3.9.4	Pengujian <i>Flash Point</i>	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Data Hasil Pengujian.....	50
4.2	Data Terkalibrasi	50
4.2.1	Percobaan 1, Debit 618 LPM sudut 0°	50
4.2.2	Percobaan 2, Debit 18 LPM sudut 15°	51

4.2.3 Percobaan 3, Debit 18 LPM sudut 30°	53
4.3 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak.....	54
4.4 Korelasi Waktu Terhadap Laju Pendinginan	56
4.5 Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu Pada Bahan	60
4.6 Korelasi Hasil Minyak terhadap Bahan Bakar yang Terpakai	61
4.7 Karakteristik Hasil.....	65
4.8 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya	67
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan Kalor Konduksi	20
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Konveksi	21
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Radiasi.....	22
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Pada Kondensor	23
Gambar 2.2 Skema <i>Counter Flow</i> (Cengel, 2003).....	24
Gambar 2.2 Skema <i>Counter Flow</i> (Cengel, 2003).....	25
Gambar 3.1 Plastik LDPE Ukuran 4x4 cm	28
Gambar 3.2 Tabung Gas LPG 3 kg.....	28
Gambar 3.3 Skema Alat Pirolisis	29
Gambar 3.4 Alat Pirolisis.....	30
Gambar 3.5 Kompor Gas	31
Gambar 3.6 Pompa Air	31
Gambar 3.7 Timbangan Digital Gantung.....	32
Gambar 3.8 Timbangan Digital Duduk.....	32
Gambar 3.9 Gelas Ukur.....	32
Gambar 3.10 <i>Thermocouple Reader</i>	33
Gambar 3.11 <i>Flow Meter</i>	34
Gambar 3.12 Tabung Air Pendingin	34
Gambar 3.13 Reaktor	35
Gambar 3.14 Radiator	36
Gambar 3.15 Kondensor	36
Gambar 3.16 Skema Kondensor	37
Gambar 3.17 Manometer	38
Gambar 3.18 <i>Flash Point Tester</i>	38
Gambar 3.19 <i>Viscometer</i> NDJ 8S	39
Gambar 3.20 Timbangan dan Gelas Ukur	40
Gambar 3.21 Calorimeter.....	41
Gambar 3.22 Glasswool.....	41
Gambar 3.23 Alumimium Foil.....	41
Gambar 3.24 Anemometer	42

Gambar 3.25 Diagram Alir Pengujian	44
Gambar 4.1 Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak	51
Gambar 4.2 Grafik Korelasi Waktu Terhadap Nilai Laju Pendinginan.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik minyak plastik hasil penelitian (Wijaya, 2017).....	6
Tabel 2.2 Perbandingan Karakteristik minyak hasil penelitian (Andriyanto, 2017) dengan Bahan Bakar Lain.....	6
Tabel 2.3 Karakteristik minyak plastik hasil penelitian (Rifai, 2018).....	7
Tabel 2.4 Karakteristik Minyak Plastik (Guaravdkk, 2014).....	7
Tabel 2.5 Hasil Pengujian Pirolis (Kadir, 2012).....	8
Tabel 2.6 Hasil Pirolisis (Nurdianto dkk, 2016).....	8
Tabel 2.7 Karakteristik Minyak Plastik (Nurdianto dkk, 2016).....	9
Tabel 2.8 Minyak Plastik Hasil Proses Pirolisis Pertama (Dharma dkk, 2015).....	10
Tabel 2.9 Minyak Plastik Hasil Proses Pirolisis Kedua (Dharma dkk, 2015).....	10
Tabel 2.10 Proses Pirolisis Plastik PP, PET, dan PE (Surono dkk, 2016).....	11
Tabel 2.11 Nilai Kalor dari Bahan Plastik PP, PE, dan Bahan Bakar lainnya (Surono dkk, 2016).....	11
Tabel 2.12 <i>Flash Point Biodiesel</i> (Dermanto, 2014).....	17
Tabel 3.1 Lembar Pengambilan Data Suhu dan Hasil Minyak Pirolisis.....	47
Tabel 4.1 Data Percobaan Sudut 0 ⁰	48
Tabel 4.2 Data Percobaan Sudut 0 ⁰ (Wijaya, 2017).....	51
Tabel 4.3 Data Percobaan Sudut 15 ⁰	52
Tabel 4.4 Data Percobaan Sudut 15 ⁰ (Wijaya, 2017).....	52
Tabel 4.5 Data Percobaan Sudut 30 ⁰	53
Tabel 4.6 Data Percobaan Sudut 30 ⁰ (Wijaya, 2017).....	54
Tabel 4.7 Persentase Hasil Minyak, Sisa Abu dan Gas.....	60
Tabel 4.8 Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar yang Terpakai dengan Penelitian (Wijaya, 2017).....	63
Tabel 4.9 Perbandingan Karakteristik Hasil Minyak Plastik dengan Penelitian (Wijaya, 2017).....	65
Tabel 4.10 Perbandingan Karakteristik BBM.....	66
Tabel 4.11 Perbandingan Hasil Minyak Dengan Penelitian Lain.....	67

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

LPM	=	Debit air (LiterPerMenit)
PP	=	<i>Polypropylene</i>
T	=	TemperaturFluida
BBM	=	Bahan Bakar Minyak
LPG	=	<i>Liquefied Petroleum Gas</i>
Q	=	Laju perpindahan kalor (Watt)
m	=	Laju massa fluida (kg/s)
c	=	Kalor jenis air (4180 J / Kg °C)
T ₃	=	Suhu keluar fluida pendingin (°C)
T ₂	=	Suhu masuk fluida pendingin (°C)
T ₁	=	Suhu masuk fluida gas (°C)
T ₄	=	Suhu keluar fluida gas (°C)
TR	=	Suhu pada reaktor (°C)
η	=	Efisiensi bahan bakar (%)
m _{MP}	=	Massa minyak (Kg)
m _{LPG}	=	Massa gas LPG (Kg)
nk _{MM}	=	Nilai kalor minyak (J/kg), didapat dari hasil uji kalor
nk _{LPG}	=	Nilai kalor gas LPG (J/kg), didapat dari standar gas LPG

INTISARI

Kondensor adalah alat yang digunakan untuk mengkondensasi asap menjadi minyak pada proses pirolisis. Sudut kemiringan kondensor berpengaruh pada minyak yang dihasilkan dalam proses pirolisis. Semakin tegak sudut kondensor maka laju aliran asapnya semakin cepat sedangkan semakin datar sudut kondensor maka laju aliran asapnya semakin lambat. Sistem pendinginan yang bagus harus memperhatikan kecepatan laju fluidanya, baik fluida yang didinginkan maupun fluida pendinginnya. Semakin besar debit air pendingin yang digunakan maka akan semakin cepat laju aliran pendinginan asapnya sedangkan semakin kecil debit air pendingin maka semakin lambat laju aliran pendinginan asapnya. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sudut kemiringan kondensor yang paling baik agar hasil minyak pirolisis yang didapat maksimal.

Percobaan pirolisis ini menggunakan bahan baku sampah plastik LDPE sebanyak 3 kg. Setiap percobaan menggunakan 1 kg sampah plastik LDPE yang sudah dipotong dengan ukuran 4x4 cm. Suhu yang digunakan pada pengujian yaitu 300 °C – 350 °C. Aliran pendinginan pada kondensor yang digunakan yaitu jenis aliran *counter flow* dan debit air pendingin yang digunakan sebesar 18 LPM, dengan variasi sudut kondensor yang digunakan yaitu 0°, 15°, dan 30°. Waktu yang dibutuhkan untuk pengujian 1 kg sampah plastik LDPE yaitu membutuhkan waktu 100 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut 15° karena kemiringan kondensornya pas tidak terlalu tegak dan tidak terlalu datar sehingga aliran asapnya tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat. Pada sudut 30° menghasilkan minyak paling sedikit karena kemiringan kondensor pada sudut 30° terlalu tegak sehingga asap yang belum terkondensasi sempurna terbuang lewat cerobong asap. Pada percobaan sudut 0° kemiringan kondensor terlalu datar sehingga asap yang mengalir ke kondensor lambat dan asap akan mengkondensat di pipa – pipa tembaga yang dapat menghalangi air pendingin ketika mengalir mendinginkan pipa. Percobaan dengan sudut 15° menghasilkan 690 ml dan perpindahan kalor tertinggi 1802,46 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0° menghasilkan minyak 580 ml dan laju perpindahan kalor tertinggi 1552,94 Watt, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak 540 ml dan nilai laju perpindahan kalor tertinggi 1.167,06 Watt.

Kata kunci: Pirolisis, plastik LDPE, sudut kemiringan kondensor, debit air pendingin

ABSTRACT

The condenser is a device used to condense smoke into oil in a pyrolysis process. The angle of the condenser affects the oil produced in the pyrolysis process. The more upright the condenser angle the faster the smoke flow rate the more flat the condenser angle the slower the smoke flow rate. A good cooling system should pay attention to the speed of its fluid flow, both the cooled fluid and the cooling fluid. The greater the cooling water discharge used, the faster the cooling flow rate of the smoke, the smaller the cooling water flow the slower the cooling flow rate will be. Therefore, this study was conducted to determine the best angle of the condenser for maximum pyrolysis oil yield.

This pyrolysis experiment uses 3 kg of LDPE plastic waste material. Each experiment uses 1 kg of LDPE plastic trash that has been cut with size 4x4 cm. The temperature used in the test is 300 °C - 350 °C. Cooling flow at condenser used is flow counter and flow rate of cooling water used 18 LPM, with variation of condenser angle used is 0°, 15°, and 30°. The time required for testing 1 kg of LDPE plastic waste takes 100 minutes.

The results showed that the highest oil production was obtained in an experiment with an angle of 15° because the condenser slope was fitted not too straight and not too flat so the smoke flow was not too fast and not too slow. At an angle of 30° it produces the least amount of oil because the condenser slope at an angle of 30° is too erect so that the completely uncondensed smoke is wasted through the chimney. In an angle experiment 0° the condenser slope is too flat so that the smoke flowing into the condenser is slow and the smoke will condense in the copper pipes which can block the cooling water as it cools the pipe. The experiment with an angle of 15° yielded 690 ml and the highest heat transfer of 1.802,46 Watt. While an experiment with an angle of 0° yields 580 ml of oil and a highest heat transfer rate of 1.552,94 Watt, and an experiment with an angle of 30° yields 540 ml of oil and a high heat transfer rate of 1.167,06 Watt.

Keywords: *Pyrolysis, LDPE plastic, condenser slope angle, coolant water discharge*