

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR (0° , 15° , DAN 30°)
MENGUNAKAN KONFIGURASI ALIRAN *COUNTER FLOW* DENGAN
DEBIT AIR PENDINGIN 12 LPM TERHADAP HASIL PIROLISIS
PLASTIK LDPE**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :
AHMAD ABDU ROZAK
(20130130281)

**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 12 LPM Terhadap Hasil
Pirolisis Plastik LDPE**

*Effect of Condenser Orientation Angle Variation (0° , 15° , and 30°) With Flow
Counter Flow Configuration And 12 LPM Water Debit on LDPE Plastic
Pyrolysis Results*

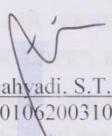
Dipersiapkan dan disusun oleh:

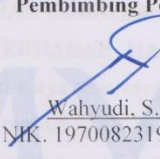
Ahmad Abdu Rozak
2013 013 0281

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

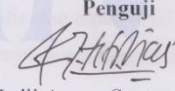
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


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


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

Penguji

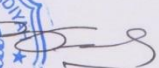

Tito Hadji Agung Santoso., S.T., M.T.
NIK. 19720222 200310 123054

**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 Kaniel, S.T., M.M., M.Eng.Sc. Ph.D.
NIK. 19740302200104123049

PERNYATAAN
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Abdu Rozak
NIM : 20130130281
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Sesungguhnya dengan ini saya menyatakan bahwa naskah Skripsi yang berjudul **“PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR (0°, 15°, DAN 30°) MENGGUNAKAN KONFIGURASI ALIRAN *COUNTER FLOW* DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 12 LPM TERHADAP HASIL PIROLISIS PLASTIK LDPE”**, ini merupakan hasil dari karya tulis saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasi oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, Mei 2018

Ahmad Abdu Rozak
20130130281

MOTTO

**“Maka jangan sekali-kali membiarkan kehidupan dunia ini memperdayamu.
(Q.S Fatir:5)”**

**“Jadikanlah hidup lebih bermanfaat gunakanlah waktu dengan sebaik
mungkin, jangan sia-siakan waktumu”**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala rasa syukur kepada Allah SWT dan atas do'a dari orang-orang yang tercinta, dengan mengucap alhamdulillah Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan mengucap rasa syukur dan bangga saya mempersembahkan Skripsi ini untuk :

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, H. Wardoyo Al Sadi dan HJ. Barokah yang telah memberikan kasih sayang kepada anaknya yang tak terhingga dan selalu memberikan do'a yang terbaik serta bimbingan dalam segala hal apapun.
2. Kakak, terimakasih atas do'a dan dukungannya.
3. Teman-teman group pirolisis Bibit Hariadi, Riza, Ali Uli Nuha selaku rekan yang berjuang bersama dalam menyelesaikan penelitian Skripsi terimakasih atas dukungan dan do'anya.
4. Teman-teman Teknik Mesin UMY angkatan 2013 khususnya untuk kelas F, terimakasih atas kebersamaannya selama berjuang di Teknik Mesin UMY.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah dengan mengucapkan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR (0°, 15°, DAN 30°) MENGGUNAKAN ALIRAN KONFIGURASI *COUNTER FLOW* DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 12 LPM TERHADAP HASIL PIROLISIS PLASTIK LDPE”** sebagai salah satu syarat dalam mencapai gelar sarjana Teknik Mesin, di Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penelitian hingga dapat menyelesaikan penulisan Skripsi.
3. Bapak Wahyudi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penelitian hingga dapat menyelesaikan penulisan Skripsi.
4. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan masukan dalam Skripsi.
5. Bapak H. Wardoyo Al Sadi yang selalu memberikan masukan dan arahan serta doa yang terbaik kepada anaknya sehingga gelar Sarjana dapat diperoleh.
6. Ibu HJ. Barokah yang dengan tulus dan ikhlas memberikan kasih sayang yang tak terhingga, selalu mendukung dan memberi motivasi dalam segala hal apapun dari saat kecil hingga menjadi Sarjana Teknik Mesin tercapai.
7. Kakak Eviyana yang selalu memberi motivasi serta do'a dalam pengerjaan Skripsi.

8. Sahabat-sahabatku Danang, Malik, Dimas, Ali, Riza, Dharu, Gurun, Leonardo, Dewa dan teman-teman teknik mesin angkatan 2013 khususnya untuk kelas F, sebagai penyemangat dan motivator dalam mengerjakan Skripsi ini.
9. Team Pirolisis, Bibit Hariadi, Ali Uli Nuha, Riza yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta saling membantu dari awal penelitian hingga Skripsi ini selesai.
10. Staff pengajar, Laboratorium dan Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah ikut serta dalam membantu pelaksanaan Skripsi.
11. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan Skripsi yang tak dapat disebutkan semua satu per satu.

Penulis sangat menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini mengingat kemampuan dan pengalaman dalam penyusunan Skripsi ini yang sangat terbatas. Untuk itu, penulis sangat mengharap kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat di kalangan akademik dan masyarakat luas.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 2018

Penulis

Ahmad Abdu Rozak
20130130281

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN | iii |
| MOTTO | iv |
| PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xv |
| INTISARI | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI | 5 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2. Dasar Teori | 12 |
| 2.2.1. Plastik | 11 |
| 2.2.2. Pirolisis | 14 |
| 2.2.3. Bahan Bakar Cair | 16 |
| 2.2.4. Karakteristik Bahan Bakar | 17 |
| 2.2.4.1. Titik nyala (<i>Flash Point</i>) | 17 |
| 2.2.4.2. Viskositas (<i>viscosity</i>) | 17 |
| 2.2.4.3. Nilai kalor (<i>Calorific Value</i>) | 19 |
| 2.2.5. Perpindahan Panas | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5.1. Konduksi | 20 |
| 2.2.5.2. Radiasi | 20 |
| 2.2.5.3. Konveksi | 21 |
| 2.2.6. Tipe aliran penukar kalor | 23 |
| 2.2.6.1. Konveksi | 23 |
| 2.2.6.2. Aliran sejajar (<i>parallel flow</i>) Konveksi | 23 |
| 2.2.7. Penukar perpindahan kalor | 24 |
| 2.2.8. Klasifikasi alat penukar kalor | 24 |
| 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 (LPG)</i> | 28 |
| 3.2.3. Air pendingin | 28 |
| 3.2.4. Aluminium foil | 28 |
| 3.2.5. <i>Glass wool</i> | 29 |
| 3.3. Alat penelitian | 29 |
| 3.3.1. Bagian-bagian alat Pirolisis | 30 |
| 3.3.2. Pompa air | 31 |
| 3.3.3. Kompor | 32 |
| 3.3.4. Gelas ukur | 32 |
| 3.3.5. Timbangan | 32 |
| 3.3.6. Stopwatch | 33 |
| 3.3.7. <i>Thermometer</i> | 33 |
| 3.3.8. <i>Flow meter</i> | 34 |
| 3.3.9. Radiator | 34 |
| 3.3.10. Tabung air pendingin | 35 |
| 3.3.11. Kondensor | 35 |
| 3.3.12. Reaktor | 37 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 3.3.13. | <i>Viscometer NDJ 8s</i> | 37 |
| 3.3.14. | <i>Calorimeter</i> | 38 |
| 3.3.15. | <i>Flash Point</i> | 39 |
| 3.3.16. | Timbangan digital (Alat uji densitas) | 39 |
| 3.3.17. | Pipa dan selang air | 40 |
| 3.3.18. | Gunting | 40 |
| 3.4. | Parameter penelitian | 40 |
| 3.5. | Teknik pengumpulan data | 41 |
| 3.6. | Proses penelitian | 43 |
| 3.6.1. | Persiapan sebelum percobaan | 43 |
| 3.6.2. | Proses pirolisis plastik | 43 |
| 3.6.3. | Pengujian minyak hasil proses pirolisis | 44 |
| 3.6.4. | Pelaksanaan setelah percobaan | 44 |
| 3.7. | Data penelitian | 44 |
| 3.8. | Teknik analisa data | 45 |
| 3.9. | Pengujian hasil bahan bakar cair | 46 |
| 3.9.1. | Pengujian viskositas | 46 |
| 3.9.2. | Pengujian nilai kalor | 47 |
| 3.9.3. | Pengujian densitas | 47 |
| 3.9.4. | Pengujian <i>Flash point</i> | 47 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 48 |
| 4.1. | Data hasil pengujian | 48 |
| 4.2. | Data terkalibrasi | 48 |
| 4.2.1. | Percobaan 1, sudut 0° dengan debit 12 LPM | 48 |
| 4.2.2. | Percobaan 2, sudut 15° dengan debit 12 LPM | 50 |
| 4.2.3. | Percobaan 3, sudut 30° dengan debit 12 LPM | 51 |
| 4.3. | Korelasi waktu terhadap hasil produksi minyak | 53 |
| 4.4. | Korelasi waktu terhadap laju pendinginan | 56 |
| 4.5. | Korelasi hasil minyak dan sisa abu terhadap bahan pada setiap pengujian | 60 |
| 4.6. | Korelasi hasil minyak terhadap bahan bakar yang terpakai | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7. Karakteristik hasil minyak..... | 64 |
| 4.8. Perbandingan dengan hasil sebelumnya | 64 |
| BAB V PENUTUP | 67 |
| 5.1. Kesimpulan | 67 |
| 5.2. Saran | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1. | Skema dan grafik rata-rata ΔT <i>counter flow</i> | 23 |
| Gambar 2.2. | Skema <i>parallel flow</i> (Cengel, 2003) | 23 |
| Gambar 2.3. | Koefisien perpindahan kalor total | 25 |
| Gambar 3.1 | Plastik LDPE ukuran 5x5 cm | 27 |
| Gambar 3.2. | Tabung LPG 3 kg | 28 |
| Gambar 3.3. | Aluminium foil | 28 |
| Gambar 3.4. | <i>Glass wool</i> | 29 |
| Gambar 3.5. | Sketsa pirolisis | 30 |
| Gambar 3.6. | Alat pirolisis | 31 |
| Gambar 3.7. | Pompa air | 31 |
| Gambar 3.8. | Kompor gas | 32 |
| Gambar 3.9. | Gelas ukur | 32 |
| Gambar 3.10. | Timbangan digital gantung | 33 |
| Gambar 3.11. | Timbangan digital duduk | 33 |
| Gambar 3.12. | <i>Thermometer</i> | 34 |
| Gambar 3.13. | <i>Flow meter</i> | 34 |
| Gambar 3.14. | Radiator | 35 |
| Gambar 3.15. | Tabung air pendingin | 35 |
| Gambar 3.16. | Kondensor | 36 |
| Gambar 3.17. | Sketsa Kondensor | 36 |
| Gambar 3.18. | Reaktor | 37 |
| Gambar 3.19. | Bagian-bagian <i>viscometer</i> NDJ 8S | 38 |
| Gambar 3.10. | <i>Calorimeter</i> | 39 |
| Gambar 3.21. | <i>Flash point tester</i> | 39 |
| Gambar 3.22. | Timbangan dan gelas ukur | 40 |
| Gambar 3.23. | Diagram alir pengujian | 42 |
| Gambar 4.1. | Grafik korelasi waktu dengan hasil minyak | 54 |
| Gambar 4.2. | Grafik korelasi waktu dengan hasil minyak (Wijaya, 2017).. | 55 |
| Gambar 4.3. | Grafik korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan | 58 |

Gambar 4.4. Grafik korelasi waktu terhadap nilai laju pendinginan (Wijaya, 2017) 59

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Hasil data penelitian (Landi dan Arijanto, 2017) | 6 |
| Tabel 2.2. | Hasil data penelitian (Pani dkk, 2017) | 7 |
| Tabel 2.3. | Hasil data penelitian (Santoso, 2017) | 7 |
| Tabel 2.4. | Hasil data penelitian (Andriyanto, 2017)..... | 8 |
| Tabel 2.5. | Hasil data penelitian (Wijaya, 2017)) | 9 |
| Tabel 2.6. | Hasil data penelitian (Iswadi dkk, 2017) | 10 |
| Tabel 2.7. | Hasil data penelitian (Endang K dkk, 2016)..... | 11 |
| Tabel 2.8. | Karakteristik minyak plastik hasil penelitian (Gaurav dkk, 2014)11 | |
| Tabel 2.9. | Tabel <i>Flash point biodiesel</i> (Dermanto, 2014) | 17 |
| Tabel 3.1. | Lembar pengambilan data suhu dan hasil minyak plastik | 45 |
| Tabel 4.1. | Data percobaan sudut 0° dengan debit 12 LPM) | 48 |
| Tabel 4.2. | Data percobaan sudut 0° (Wijaya, 2017)..... | 49 |
| Tabel 4.3. | Data percobaan sudut 15° dengan debit 12 LPM..... | 50 |
| Tabel 4.4. | Data Percobaan Sudut 15° (Wijaya, 2017) | 51 |
| Tabel 4.5. | Data percobaan sudut 30° dengan debit 12 LPM | 52 |
| Tabel 4.6. | Data Percobaan Sudut 30° (Wijaya, 2017)..... | 53 |
| Tabel 4.7. | Persentase hasil minyak, sisa abu dan gas | 56 |
| Tabel 4.8. | Perbandingan nilai laju perpidahan kalor | 60 |
| Tabel 4.9. | Persentase hasil minyak, sisa abu dan gas | 60 |
| Tabel 4.10. | Perbandingan efisiensi bahan bakar yang terpakai dengan penelitian (Wijaya, 2017) | 64 |
| Tabel 4.11. | Karakteristik minyak plastik Tabel 2.3. | 64 |
| Tabel 4.12. | Perbandingan karakteristik BBM..... | 65 |
| Tabel 4.13. | Perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya..... | 66 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | | |
|----------------|---|----------------------------------|
| BBM | = | Bahan Bakar Minyak |
| LPG | = | <i>Liquefied Petroleum Gas</i> |
| LPM | = | Liter per Menit |
| SBR | = | <i>Stiren Butadien Rubber</i> |
| Q | = | Laju perpindahan kalor |
| m | = | Laju massa fluida (kg/s) |
| c | = | Kalor jenis air (4180 J / kg °C) |
| T ₁ | = | Suhu masuk fluida gas |
| T ₂ | = | Suhu masuk fluida pendingin |
| T ₃ | = | Suhu keluar fluida pendingin |
| T ₄ | = | Suhu keluar fluida gas |
| T ₅ | = | Suhu pada reaktor |
| T ₆ | = | Suhu pada reaktor |
| T ₇ | = | Suhu pada reaktor |
| T ₈ | = | Suhu pada reaktor |
| α | = | Sudut kemiringan kondensor |

INTISARI

Plastik banyak digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman. Oleh karena itu sampah plastik yang dihasilkan juga banyak. Kondensor adalah salah satu bagian yang penting dalam proses pirolisis. Untuk mengetahui pengaruh dari minyak hasil pirolisis maka dilakukan variasi sudut kondensor diantaranya yaitu menggunakan sudut 0° , 15° , dan 30° .

Pirolisis ini dilakukan dengan bahan baku sampah plastik jenis LDPE (*low density polyethylene*) sebanyak 1 kg. Pengujian dilakukan pada suhu 300°C - 350°C , menggunakan aliran *counter flow*. Tiap percobaan menggunakan debit air pendingin yang sama yaitu 12 LPM. Sudut kondensor yang digunakan bervariasi yaitu 0° , 15° , dan 30° .

Pada penelitian menghasilkan minyak plastik total 550 ml pada sudut 0° , percobaan dengan sudut 15° menghasilkan minyak plastik sebanyak 615 ml, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak plastik sebanyak 635 ml. Perpindahan kalor tertinggi 1286,28 Watt pada sudut 0° , pada percobaan 15° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1457,22 Watt dan pada percobaan 30° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1552,73 Watt.

Kata kunci : Pirolisis, Plastik LDPE, Variasi sudut kondensor, Minyak pirolisis.

ABSTRACT

Plastic is widely used as food and beverage packaging. Therefore, the plastic waste is increase. The condenser is an important part of the pyrolysis process. Variation of condenser angle (0° , 15° , and 30°) on pyrolysis is used to configure the effect on pyrolysis oil.

This pyrolysis was conducted with LDPE (low density polyethylene) as much as 1 kg. The temperature was used between 300°C - 350°C , with counter flow. Each experiment used the same cooling water flow (12 LPM). The condenser angle used varies 0° , 15° , and 30° .

The result of this study produced a total plastic oil of 550 ml at 0° , experiment with an angle of 15° produced 615 ml plastic oil, and experiment with 30° angle produced 635 ml plastic oil. The highest heat transfer was 1286,28 Watt at angle 0° , 1457,22 Watt in experiment with angle 15° , and 1552,73 Watt on experiment with angle 30° .

Keywords : pyrolysis, LDPE plastic, condenser angle variation, pyrolysis oil.