

**HALAMAN JUDUL**

**PENGARUH VARIASI SUDUT ORIENTASI KONDENSOR (0°, 15°, 30°)  
TERHADAP HASIL PIROLISIS LIMBAH BUSA POLIURETAN  
DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 18 LPM**

**SKRIPSI**

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



**Disusun Oleh :**

**Agus Malik Sugiarto**

**(20130130270)**

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

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensator (0°, 15°, dan 30°) Terhadap Hasil Pirolisis Limbah Busa Poliuretan dengan Debit Air Pendingin 18 Lpm**

*The Influence of Condenser Angles Variations (0°, 15°, and 30°) on The Result Pyrolyzed Polyurethane Foam Waste With Flow 18 LPM Coolant Flow Rate*

**Dipersiapkan dan disusun oleh:**

Agus Malik Sugiarto  
NIM. 2013 013 0270

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 22 Desember 2017

**Pembimbing Utama**

Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng.  
NIK. 19790106 200310 123053

**Pembimbing Pendamping**

Wahyudi, S.T., M.T.  
NIK. 19700823 199702 123032

**Penguji**

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

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, 2 Januari 2018

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

Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIK. 19740302 200104 123049

**PERNYATAAN  
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agus Malik Sugiarto  
NIM : 20130130270  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa sekripsi yang berjudul : **“PENGARUH VARIASI SUDUT ORIENTASI KONDENSOR (0°, 15°, 30°) TERHADAP HASIL PIROLISIS LIMBAH BUSA POLIURETAN DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 18 LPM”** ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, **kecuali** yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

**Yogyakarta, Desember 2017**

**Agus Malik Sugiarto  
20130130270**

## **MOTTO**

*“Sukseslah Malik, karena orang tuamu layak bahagia di hari tua”*

*(Malika Sugiarto)*

*“Waktumu terbatas. Jangan menyia-nyiakannya dengan menjalani hidup orang lain “*

*( Steve jobs )*

*“Jangan pernah menunggu. Waktunya tidak akan pernah tepat”*

*( Napoleon Hil l)*

*“Sing Penting Yakin”*

*( Lepnardo Arizona )*

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

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 Khusaedin dan Ibu Mulyati yang telah memberikan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan motivasi serta do'anya dan yang selalu menantikan akan keberhasilan saya dalam menyelesaikan pendidikan ini.
2. Kedua kaka tercinta Toyib Imam Ibrahim dan Toyib Hasanudin terimakasih atas dukungannya.
3. Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Utama skripsi. Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran serta masukan ide serta penjelasannya.
4. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan dan masukan-masukannya.
5. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku Penguji Tugas Akhir. 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 Teknik Mesin UMY khususnya angkatan 2013, terima kasih atas kebersamaannya selama berjuang di Teknik Mesin UMY.
8. Rekan grup pirolisis terima kasih atas kerjasama, do'a dan dukungannya.
9. Sahabat karib Agoy, Bigok, Iqbal, Rifa'i, Fahmi, Kiki, Si Mbah, Gurun, Leo, dan Jaya.
10. Seluruh Staf dan Karyawan UMY atas segala pelayanan akademiknya.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini.

## INTISARI

Sampah merupakan masalah serius yang belum juga teratasi. Selain itu menipisnya ketersediaan BBM sudah mulai terjadi. Pada tahun 2004, Indonesia mengimpor rigid poliuretan sebanyak 12004,685 ton. Kebutuhan poliuretan untuk Negara Indonesia mencapai 35 ribu ton pada tahun 2014 dan seluruh kebutuhan poliuretan tersebut masih dipenuhi melalui impor dari luar negeri. Produksi busa poliuretan sendiri terbuat dari polioliol yang berasal dari minyak bumi, tetapi ketersediaan minyak bumi semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Semakin banyak jumlah konsumsi busa poliuretan maka semakin banyak jumlah limbah yang dihasilkan menyebabkan perlunya pengolahan terhadap limbah busa poliuretan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengolah sampah menjadi minyak yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar khususnya sampah busa poliuretan.

Percobaan pirolisis ini dilakukan menggunakan sampah busa poliuretan (*Polyurethane foam*) sebanyak 3 kg. Setiap percobaan menggunakan sampah busa poliuretan sebanyak 1 kg dengan ukuran 10x10 cm. Pengujian dilakukan pada suhu 300 ° C-350 °C dengan menggunakan bahan bakar gas LPG 3 kg, tiap percobaan menggunakan debit air pendingin yang sama yaitu 18 LPM. Sudut yang digunakan bervariasi yaitu 0 °, 15 °, dan 30 °. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali selama 100 menit. Setelah proses pirolisis selesai dilakukan pengujian terhadap hasil minyak busa poliuretan guna mengetahui karakteristik minyak busa poliuretan meliputi nilai kalor, *flash point*, densitas dan viskositas.

Produksi minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut 15° menghasilkan 578 ml dan perpindahan kalor 637,27 Watt. Produksi minyak terendah didapat pada percobaan dengan sudut 0° menghasilkan minyak 349 ml dan laju perpindahan kalor tertinggi 634,14 watt, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak 540 ml dan nilai laju perpindahan kalor tertinggi 620,03 Watt. Persentase hasil minyak tertinggi terdapat pada percobaan dengan sudut 15° dengan 55,5% minyak dan 27,4% abu. Karakteristik minyak busa poliuretan yang didapat sebesar nilai kalor 6.661.895 Cal/gr, *Flash point* 78-80°C, densitas 0,96176 gr/ml, Viskositas 16,5 mPa.s.

Kata kunci : Pirolisis, busa poliuretan (*polyurethane foa*)), variasi sudut kondensor, karakteristik minyak.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum wr. Wb*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunianya, Shalawat serta salam selalu kita limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam*, sehingga laporan Skripsi ini telah selesai disusun. Skripsi ini merupakan karya ilmiah yang disusun untuk syarat memperoleh gelar kesarjanaan S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Secara umum, skripsi ini berisi tentang Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ) Terhadap Hasil Pirolisis Limbah Busa Poliuretan dengan Debit Air Pendingin 18 Lpm. Skripsi ini juga membahas tentang karakteristik hasil minyak pirolisis busa poliuretan. Skripsi ini dilengkapi dengan proses-proses penelitian serta disertai grafik dan Gambar untuk memberikan pemahaman kepada pembaca agar mudah dimengerti. Skripsi ini juga dilengkapi dengan hasil pengujian yang dibandingkan dengan pengujian orang lain yang menguji tentang proses percobaan pirolisis dengan bahan yang berbeda.

Penulis juga berharap bahwa Skripsi ini bisa bermanfaat untuk masyarakat dan khususnya untuk dunia pendidikan yang bisa dijadikan referensi dalam penelitian tentang pirolisis busa poliuretan, sehingga masyarakat pada umumnya dapat mengembangkan lebih lanjut tentang penggunaan energi dari limbah busa poliuretan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Skripsi dan penulis juga sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga bisa menjadi masukan bagi kami guna penyusunan karya-karya selanjutnya.

Semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, serta hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita senantiasa mendapat petunjuk-Nya.

*Walaikumsalam wr. Wb.*

Yogyakarta, Desember 2017

Penulis

Agus Malik Sugiarto  
20130130270



## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....                                       | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                                  | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                                  | iii  |
| MOTTO .....   | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                 | v    |
| INTISARI.....   | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                      | vii  |
| DAFTAR ISI.....   | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xii  |
| DAFTAR TABEL .....  | xiii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....                         | xiv  |
| 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    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....             | 5    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                                 | 5    |
| 2.2 Landasan Teori .....                                  | 8    |
| 2.2.1 Pirolisis .....                                     | 8    |
| 2.2.2 Busa Poliuretan .....                               | 10   |
| 2.2.2.1 Pengertian Busa Poliuretan .....                  | 10   |
| 2.2.3 Bahan Bakar Cair .....                              | 10   |
| 2.2.4 Karakteristik Bahan Bakar.....                      | 11   |
| 2.2.4.1 Titik nyala ( <i>Flash Point</i> ).....           | 11   |
| 2.2.4.2 Viskositas ( <i>Viscosity</i> ) .....             | 12   |
| 2.2.4.3 Nilai Kalor.....                                  | 13   |
| 2.2.5 Tipe Aliran Berlawanan ( <i>Counter Flow</i> )..... | 14   |

|   |    |
|---|----|
| BAB III METODE PENELITIAN .....                         | 15 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....                    | 15 |
| 3.1.1 Waktu Penelitian.....                             | 15 |
| 3.1.2 Tempat Penelitian .....                           | 15 |
| 3.2 Bahan penelitian .....                              | 15 |
| 3.2.1 Busa Poliuretan ( <i>Polyurethane foam</i> )..... | 15 |
| 3.2.2 Liquefied Petroleum Gas (LPG).....                | 16 |
| 3.2.3 Air pendingin.....                                | 16 |
| 3.3 Alat penelitian.....                                | 16 |
| 3.3.1 Bagian-Bagian Alat Pirolisis .....                | 18 |
| 3.3.2 Pompa air.....                                    | 18 |
| 3.3.3 Kompor .....                                      | 19 |
| 3.3.4 Gelas ukur .....                                  | 20 |
| 3.3.5 Timbangan.....                                    | 20 |
| 3.3.6 Stopwatch.....                                    | 21 |
| 3.3.7 <i>Thermometer</i> .....                          | 21 |
| 3.3.8 <i>Flow meter</i> .....                           | 22 |
| 3.3.9 Radiator .....                                    | 22 |
| 3.3.10 Tabung Air Pendingin.....                        | 23 |
| 3.3.11 Kondensor .....                                  | 23 |
| 3.3.12 Reaktor .....                                    | 24 |
| 3.3.13 <i>Viscometer</i> NDJ 8S .....                   | 25 |
| 3.3.14 <i>Calorimeter</i> .....                         | 26 |
| 3.3.15 <i>Flash point tester</i> .....                  | 27 |
| 3.3.16 Timbangan digital dan gelas ukur.....            | 27 |
| 3.3.17 Pipa dan selang air .....                        | 28 |
| 3.3.18 Gunting.....                                     | 28 |
| 3.4 Parameter Penelitian .....                          | 28 |
| 3.5 Teknik Pengumpulan Data .....                       | 29 |
| 3.6 Proses Penelitian.....                              | 30 |
| 3.6.1 Persiapan Sebelum Percobaan .....                 | 31 |

|                                   |   |    |
|-----------------------------------|---|----|
| 3.6.2                             | Proses Pirolisis Busa Poliuretan .....  | 32 |
| 3.6.3                             | Pengujian Hasil Minyak Dari Proses Pirolisis .....                              | 33 |
| 3.6.4                             | Pelaksanaan Setelah Percobaan .....   | 33 |
| 3.7                               | Data penelitian .....   | 33 |
| 3.8                               | Teknik Analisis Data.....   | 34 |
| 3.9                               | Pengujian Hasil Bahan Bakar Cair .....  | 34 |
| 3.9.1                             | Pengujian Viskositas.....   | 34 |
| 3.9.2                             | Pengujian Nilai Kalor.....  | 35 |
| 3.9.3                             | Pengujian densitas.....   | 36 |
| 3.9.4                             | Pengujian <i>Falsh Point</i> .....  | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |   | 37 |
| 4.1                               | Data Hasil Pengujian.....   | 37 |
| 4.2                               | Data Terkalibrasi.....  | 37 |
| 4.2.1                             | Percobaan 1, Debit 18 LPM sudut 0°.....   | 37 |
| 4.2.1                             | Percobaan 2, Debit 18 LPM sudut 15.....   | 38 |
| 4.2.2                             | Percobaan 3, Debit 18 LPM sudut 30.....   | 39 |
| 4.3                               | Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak.....                                       | 40 |
| 4.4                               | Korelasi Waktu Terhadap Laju pendinginan.....                                   | 42 |
| 4.5                               | Korelasi Hasil Minyak Dan Sisa Abu Terhadap Bahan Pada Sudut<br>Pengujian ..... | 44 |
| 4.6                               | Karakteristik hasil .....   | 45 |
| 4.7                               | Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya .....                                 | 47 |
| BAB V PENUTUP .....               |   | 50 |
| 5.1                               | Kesimpulan.....   | 50 |
| 5.2                               | Saran.....  | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA                    |   |    |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN                 |   |    |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1. Skema alat pirolisis Sudir dan Galage .....                      | 8  |
| Gambar 2.2. Skema dan grafik rata-rata $\Delta T$ counter flow .....         | 14 |
| Gambar 3.1. Busa Poliuretan ukuran 10x10 cm.....                             | 15 |
| Gambar 3.2. Tabung LPG 3 kg .....  | 16 |
| Gambar 3.3. Skema alat Pirolisis .....                                       | 17 |
| Gambar 3.4. Alat pirolisis .....   | 18 |
| Gambar 3.5. Pompa Air .....  | 19 |
| Gambar 3.6. Kompor Gas .....   | 19 |
| Gambar 3.7. Gelas Ukur .....   | 20 |
| Gambar 3.8. Timbangan Digital Gantung.....                                   | 20 |
| Gambar 3.9. Timbangan Digital Duduk .....                                    | 21 |
| Gambar 3.10. <i>Thermocople reader</i> .....                                 | 21 |
| Gambar 3.11. <i>Flow meter</i> .....   | 22 |
| Gambar 3.12. Radiator.....   | 22 |
| Gambar 3.13. Tabung air pendingin .....                                      | 23 |
| Gambar 3.14. Kondensor .....   | 23 |
| Gambar 3.15 Skema bagian dalam kondensor .....                               | 24 |
| Gambar 3.16 reaktor .....  | 25 |
| Gambar 3.17 Bagian-bagian <i>viscometer</i> NDJ 8S .....                     | 26 |
| Gambar 3.18. calorimeter.....  | 27 |
| Gambar 3.19 Flash point tester.....  | 27 |
| Gambar 3.20. Timbangan dan gelas ukur .....                                  | 28 |
| Gambar 3.21 Diagram alir pengujian .....                                     | 30 |
| Gambar 4.1. Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak .....                  | 38 |
| Gambar 4.2 Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Perpindahan Kalor ..... | 41 |
| Gambar 4.3 Grafik persentase minyak dan sisa abu dari setiap percobaan ..... | 41 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1. Karakteristik minyak plastik PP hasil penelitian Endang k.....      | 6  |
| Tabel 2.2. Karakteristik minyak plastik LDPE hasil penelitian Endang k .....   | 6  |
| Tabel 2.3. Nilai kalor hasil pengujian Mustafa dan Zainuri .....               | 7  |
| Tabel 2.4. Karakteristik minyak plastik hasil penelitian Gaurav .....          | 7  |
| Tabel 2.5. Flash Point Biodiesel Dermanto .....                                | 11 |
| Tabel 3.1. Spesifikasi pompa .....   | 19 |
| Tabel 3.2. Spesifikasi kompor.....   | 19 |
| Tabel 3.3. Spesifikasi <i>thermoreader</i> .....                               | 21 |
| Tabel 3.4. Spesifikasi <i>viscometer NDJ8S</i> .....                           | 24 |
| Tabel 3.5. Spesifikasi <i>flashpoint tester</i> .....                          | 28 |
| Tabel 3.6. Spesifikasi timbangan digital.....                                  | 28 |
| Tabel 3.7. Lembar pengambilan data suhu dan hasil minyak busa poliuretan ..... | 34 |
| Tabel 4.1. Data Percobaan Sudut $0^0$ .....                                    | 35 |
| Tabel 4.2. Data Percobaan Sudut $15^0$ .....                                   | 36 |
| Tabel 4.3. Data Percobaan Sudut $30^0$ .....                                   | 37 |
| Tabel 4.4. Presentase Hasil Minyak, Sisa Abu dan Gas .....                     | 42 |
| Tabel 4.5. Data Karakteristik Hasil Minyak .....                               | 43 |
| Tabel 4.6 karakteristik minyak plastik Gaurav dkk.....                         | 43 |
| Tabel 4.7 Perbandingan Karakteristik BBM.....                                  | 44 |
| Tabel 4.8 Perbandingan dengan penelitian lain.....                             | 44 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|                |   |                                   |
|----------------|---|-----------------------------------|
| BBM            | = | Bahan Bakar Minyak                |
| LPM            | = | Liter per Menit                   |
| Q              | = | laju perpindahan kalor            |
| m              | = | Laju masa fluida (kg/s)           |
| c              | = | Kalor jenis air ( 4180 J / Kg °C) |
| T <sub>1</sub> | = | Suhu masuk fluida gas             |
| T <sub>2</sub> | = | Suhu masuk fluida pendingin       |
| T <sub>3</sub> | = | Suhu keluar fluida pendingin      |
| T <sub>4</sub> | = | Suhu keluar fluida gas            |
| T <sub>3</sub> | = | Suhu pada reaktor                 |