

TUGAS AKHIR

**PENGARUH TEMPERATUR *FAST PYROLYSIS* PADA CAMPURAN
LIMBAH KAYU DAN *HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)*
DALAM REAKTOR *FLUIDIZED-BED***

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Mencapai Derajat Strata S-1 pada Program
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

GALIH TAUFIK HIDAYAT

20190130096

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

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya, Galih Taufik Hidayat, mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan NIM 20190130096, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **Pengaruh Temperatur Fast Pyrolysis pada Campuran Limbah Kayu dan High Density Polyethylen (HDPE) dalam Reaktor Fluidized-bed** adalah karya orisinal saya sendiri. Saya menyadari bahwa tindakan plagiat adalah tindakan yang tidak etis dan dapat merugikan orang lain.

Saya menyatakan bahwa semua sumber informasi yang saya gunakan telah saya cantumkan dengan jelas dalam daftar pustaka skripsi ini. Saya memastikan bahwa semua kutipan dan referensi yang saya gunakan telah diakui dengan benar dan saya telah menghindari pengambilan kata-kata, ide, atau karya orang lain tanpa memberikan kredit atau pengakuan yang pantas.

Saya juga memastikan bahwa tidak ada bagian dari skripsi ini yang telah diajukan sebelumnya untuk memenuhi persyaratan akademik di Universitas atau Institusi pendidikan lainnya. Saya memahami bahwa tindakan plagiat dapat mengakibatkan skripsi saya dinyatakan tidak lulus atau bahkan dapat mempengaruhi reputasi Universitas.

Saya menegaskan bahwa saya telah mematuhi semua persyaratan akademik yang ditetapkan oleh Program Studi Teknik Mesin dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan saya bersedia untuk memberikan klarifikasi atau keterangan tambahan terkait skripsi ini jika diminta oleh pihak yang berwenang.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya siap menanggung segala konsekuensi yang mungkin timbul jika pernyataan ini terbukti tidak benar.

Yogyakarta, 4 April 2024



Galih Taufik Hidayat

MOTTO

“Dan bersabarlah kamu sesungguhnya janji Allah adalah benar”
(Qs. Ar-ruum:60)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri sendiri”
(Hindia)

“only you can change your life. Nobody else can do it for you”

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk orang tua, Bapak Sobari S.Pd.SD dan ibu Winarni S.Pd.SD. Terima kasih atas segala doa yang tidak pernah putus, usaha, perhatian, pengorbanan, kasih sayang, semangat, motivasi, dan dukungan. Terima kasih ku ucapkan kepada Bapak dan Ibu yang selalu berusaha memeberikan yang terbaik untuk saya. Saya persembahkan pula Tugas Akhir ini untuk kakak saya Lisa Sahara S.Pi dan Yuangga Perdhana yang selalu sedia membantu saya dikala saya membutuhkan bantuan. Terima kasih atas segala perhatian kecil yang tidak pernah ditunjukkan secara langsung.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi atau tugas akhir dengan judul “**Pengaruh Temperatur *Fast Pyrolysis* Pada Campuran Limbah Kayu dan *High Density Polyethylen (HDPE)* dalam Reaktor *Fluidized-bed***”. Tugas akhir ini membahas tentang pengolahan sampah dengan memanfaatkan sampah menjadi nilai yang lebih tinggi dengan mengubah limbah berupa biomassa dan plastik HDPE menjadi bahan bakar berupa *liquid* yang diharapkan dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan mengurangi ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil.

Tugas akhir ini dikerjakan guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi strata S-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. terselesaikannya tugas akhir ini tak lepas dari dorongan dan bantuan berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Thoharudin, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas segala arahan, bimbingan, dan kebaikan bapak yang tak terhingga.
3. Bapak Dr. Ir. Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas segala arahan dan bimbingan dan kebaikan bapak yang tak terhingga.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta terimakasih atas segala ilmu yang telah diberikan dan nasehat serta pengalaman selama menjalani di bangku perkuliahan.
5. Keluarga tercinta dan seluruh keluarga besar. Terimakasih atas segala dukungan dan dorongan serta doa yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi atau Tugas akhir dengan baik.
6. Sahabat sahabat penulis semasa kuliah Dzulfikar Ikhsan, Reza Dwi N, M. Aidil, Kevin Aryanto, M. Fuad Zulkarnain, Prasdwicka Nur, yang selalu saling

mengingatkan dan mendukung agar dapat menyelesaikan bangku perkuliahan dengan baik.

7. Teman teman satu kelompok Tugas Akhir penulis yang selalu saling membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan mereka dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Semoga Skripsi atau Tugas Akhir ini dapat memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan, bermanfaat bagi pembaca, serta dinilai dihadapan Allah SWT.

Yogyakarta, 4 April 2024

Penulis



Galih Taufik Hidayat

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	I
HALAMAN PERNYATAAN.....	II
MOTTO	III
PERSEMBAHAN.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR TABEL.....	XI
DAFTAR NOTASI.....	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
INTISARI.....	XIV
ABSTRACT	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Plastik.....	9
2.2.2 Klasifikasi Jenis Plastik	9
2.2.3 Biomassa	11
2.2.4 Pirolisis	12
2.2.5 Klasifikasi Pirolisis	12
2.2.6 Reaktor Pirolisis.....	14
2.2.7 Pirolisis Plastik dan Biomassa	17
2.2.8 Reaktor <i>fluidized-bed</i>	19
2.2.9 Parameter Uji	19
2.2.10 Fluidisasi.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Bahan.....	24
3.1.1 Plastik <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	24
3.1.2 Biomassa.....	24
3.2 Alat	25
3.2.1 <i>Compressor</i>	25
3.2.2 Motor Listrik.....	26
3.2.3 <i>Hopper</i>	26
3.2.4 <i>Screw Feeder</i>	26
3.2.5 Reaktor.....	27
3.2.6 <i>Wind box</i>	27
3.2.7 <i>Box</i>	27
3.2.8 <i>Cyclone</i>	28
3.2.9 Kondenser	28

3.2.10	<i>Reservoir</i>	29
3.2.11	Panel kontrol	29
3.2.12	Tabung Nitrogen	32
3.2.13	<i>Coil Heater</i>	32
3.2.14	<i>Crusher</i>	33
3.2.15	<i>Digital scale</i>	33
3.2.16	Pasir silika	34
3.2.17	Regulator Nitrogen	34
3.2.18	Instrumen GC (<i>Gas Cromatography</i>)	34
3.2.19	Instrumen <i>Calorimeter</i>	35
3.3	Metode	35
3.3.1	Waktu dan Tempat	36
3.3.2	Diagram Alir Penelitian	36
3.3.3	Persiapan Bahan	38
3.3.4	Proses Penelitian	39
3.3.5	Proses Pengolahan Data	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1	Hasil Analisis Kuantitas Pada Proses Pirolisis Temperatur 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, dan 600°C	44
4.1.1	<i>Yield</i>	44
4.2	Hasil Analisis Dinamika Energi pada Proses Pirolisis Temperatur 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, dan 600°C	46
4.2.1	Temperatur	46
4.2.2	Energi yang Digunakan Kompresor, Motor, dan <i>Heater</i>	51
4.2.3	Nilai Kalor Gas, <i>Wax</i> , dan Arang	53
4.2.4	Komposisi Gas	54
4.3	Hasil Analisis Unjuk Kerja pada Proses Pirolisis Temperatur 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, dan 600°C	55
4.3.1	Energi Pirolisis dan Energi Proses	55
4.3.2	Efisiensi	56
BAB V	PENUTUP	58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
	DAFTAR PUSTAKA	60
	LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaktor <i>fluidized-bed</i>	14
Gambar 2. 2 Reaktor <i>circulating fluidized bed</i>	15
Gambar 2. 3 Reaktor <i>rotating cone</i>	15
Gambar 2. 4 Reaktor <i>fixed bed</i>	16
Gambar 2. 5 Reaktor <i>vacum pyrolyzer</i>	17
Gambar 2. 6 Reaktor <i>ultra-rapid pyrolyzey</i>	17
Gambar 2. 7 Skema reaksi sederhana	18
Gambar 2. 8 Skema penguraian biomassa	18
Gambar 3.1 Plastik HDPE.....	24
Gambar 3.2 Biomassa	24
Gambar 3.3 <i>Fluidized-bed reactor system</i>	25
Gambar 3.4 <i>Compressor</i>	25
Gambar 3.5 Motor listrik.....	26
Gambar 3.6 <i>Hooper</i>	26
Gambar 3.7 <i>Screw feeder</i>	26
Gambar 3.8 Reaktor	27
Gambar 3.9 <i>Wind box</i>	27
Gambar 3.10 <i>Box</i>	28
Gambar 3.11 <i>Cyclone</i>	28
Gambar 3.12 kondenser	28
Gambar 3.13 Reservoir	29
Gambar 3.14 <i>Thermoreader</i> dan <i>thermocouple</i>	30
Gambar 3.15 Letak <i>thermocouple</i>	30
Gambar 3.16 <i>Variable frequency drive</i>	31
Gambar 3.17 <i>Proportional integral derivative</i>	31
Gambar 3.18 <i>Wired power monitor</i>	32
Gambar 3.19 Tabung nitrogen	32
Gambar 3.20 <i>Coil heater</i>	33
Gambar 3.21 <i>Crusher</i>	33
Gambar 3.22 <i>Digital scale</i>	33
Gambar 3.23 Pasir silika	34
Gambar 3.24 Regulator nitrogen.....	34
Gambar 3. 25 Instrumen GC (<i>Gas Chromatography</i>)	35
Gambar 3. 26 Instrumen <i>calorimeter</i>	35
Gambar 3. 27 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 3. 28 Diagram alir penelitian (lanjutan)	37
Gambar 3. 29 Diagram alir penelitian (lanjutan)	38
Gambar 4.1 Yield <i>liquid/wax</i> , arang, gas.....	44
Gambar 4.2 Distribusi temperatur 400°C	46
Gambar 4.3 Distribusi temperatur 450°C	47
Gambar 4.4 Distribusi temperatur 500°C	48
Gambar 4.5 Distribusi temperatur 550°C	49
Gambar 4.6 Distribusi temperatur 600°C	50
Gambar 4.7 Energi yang digunakan.....	52
Gambar 4.8 Kalor gas, <i>wax</i> , dan arang	53

Gambar 4.9 Komposisi gas	54
Gambar 4.10 Energi pirolisis dan Energi proses.....	55
Gambar 4.11 Efisiensi.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Plastik Berdasarkan Jenis dan Sifat.	10
Tabel 2. 2 Parameter operasi dan produk dari ketiga macam proses pirolisis.....	14
Tabel 2. 3 Rata-rata temperatur.....	51

DAFTAR NOTASI

HDPE : *High Density Polyethylene*

MJ/kg : Megajoule/kilogram

kJ : KiloJoule

HHV : *Higher Heating Value*

kWh : *kiloWatt-hour*

h_p : Nilai kalor pirolisis

h_{pr} : Nilai kalor proses

% : Persentase

wt : *Weight*

g : Gram

kg : kilogram

°C : Derajat Celcius

η_{en} : Efisiensi Energi

NCG : *Non-Condensable Gas*

R : *Char*

T : *Thermocouple*

CH₄ : Metana

CO : *Carbon Monoxide*

CO₂ : *Carbon Dioxide*

H₂ : Hidrogen

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Kalor	64
Lampiran 2 Yield Pirolisis.....	64
Lampiran 3 Energi.....	64
Lampiran 4 Area Gas	64
Lampiran 5 Energi Pirolisis.....	65
Lampiran 6 Energi Proses Pirolisis	65
Lampiran 7 Efisiensi	65
Lampiran 8 Kandungan Gas CH ₄ Temperatur 400 °C.....	66
Lampiran 9 Kandungan Gas CH ₄ Temperatur 500 °C.....	66
Lampiran 10 Kandungan Gas CH ₄ Temperatur 600 °C.....	67
Lampiran 11 Kandungan Gas CO Temperatur 400 °C.....	67
Lampiran 12 Kandungan Gas CO Temperatur 500 °C.....	68
Lampiran 13 Kandungan Gas CO Temperatur 600 °C.....	68
Lampiran 14 Kandungan Gas CO ₂ Temperatur 400 °C.....	69
Lampiran 15 Kandungan Gas CO ₂ Temperatur 500 °C.....	69
Lampiran 16 Kandungan Gas CO ₂ Temperatur 600 °C.....	70