



**PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN PLASTIK TERHADAP  
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL PROSES PIROLISIS  
LIMBAH PLASTIK**

**SKRIPSI**

Oleh

**Atmazeal Achmad Firdaus  
NIM 141910101023**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN PLASTIK TERHADAP  
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL PROSES PIROLISIS  
LIMBAH PLASTIK**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Atmazeal Achmad Firdaus**  
**NIM 141910101023**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya yang teramat besar;
2. Nabi Muhammad SAW, yang menjadi panutan dalam menjalani hidup sebagai bekal kehidupan akhirat;
3. Keluargaku, Ayahanda Yasir Efendi dan Ibunda Luluk Azizah, serta kakak dan adik tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya tecurahkan dengan sepenuh hati;
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Moch. Edoward R., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Nasrul Iminafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan arahan menuju kearah yang benar dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi;
6. Kelompok penelitian yaitu Dicky Kurnia Ramadhan yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2014 yang tidak kenal lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang.

**MOTO**

Barang siapa menjadikan mudah urusan orang lain,  
Pasti Allah akan memudahkan urusannya di dunia dan akhirat.

(HR. Muslim)

Lebih Baik Diam dan Terlihat Bodoh,  
Daripada Banyak Bicara dan Bodohnya Lebih Kelihatan

(Ir. Lies Hartono)

Menyesali nasib tidak akan mengubah keadaan.  
Terus berkarya dan bekerjalah yang membuat kita berharga.

(K.H. Abdurrahman Wahid)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Atmazeal Achmad Firdaus

NIM : 141910101023

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Bahan Plastik Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 September 2018

Yang menyatakan,

Atmazeal Achmad Firdaus

NIM 141910101023

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN PLASTIK TERHADAP  
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL PROSES PIROLISIS  
LIMBAH PLASTIK**

Oleh

Atmazeal Achmad Firdaus

NIM 141910101023

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Moch. Edoward R., S.T., M.T..

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Bahan Plastik Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Selasa, 18 September 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji**

Dosen Pembimbing Utama,

Moch. Edoward R., S.T., M.T.

NIP. 19870430 201404 1 001

Dosen Penguji I,

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

NIP. 19700228 199702 1 001

Dosen Pembimbing Anggota,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

NIP. 19681205 199702 1 002

Dosen Penguji II,

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

NIP. 19711114 199903 1 002

**Mengesahkan**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.

NIP 19661215 199503 2 001



## RINGKASAN

**Pengaruh Variasi Campuran Bahan Plastik Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik;** Atmazeal Achmad Firdaus, 141910101023; 2018; 39 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa menggunakan udara. Proses dekomposisi ini juga sering disebut dengan proses devolatilisasi. Pirolisis adalah metode yang dipertimbangkan dan layak untuk dilakukan dengan mendegradasi material polimer tanpa menggunakan oksigen.

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui volume akhir minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis, kemudian dilakukan pengujian mengenai karakteristik minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik campuran PS dan LDPE. Dalam penelitian ini digunakan variasi suhu dan waktu pemanasan. Variasi suhu pemanasan yaitu 150 °C, 200 °C dan 250 °C dengan waktu pemanasan 30 menit, 40 menit dan 50 menit. Dengan menggunakan variasi tersebut akan didapatkan perbandingan mengenai volume minyak pirolisis dan jumlah arang yang dihasilkan selama proses pemanasan.

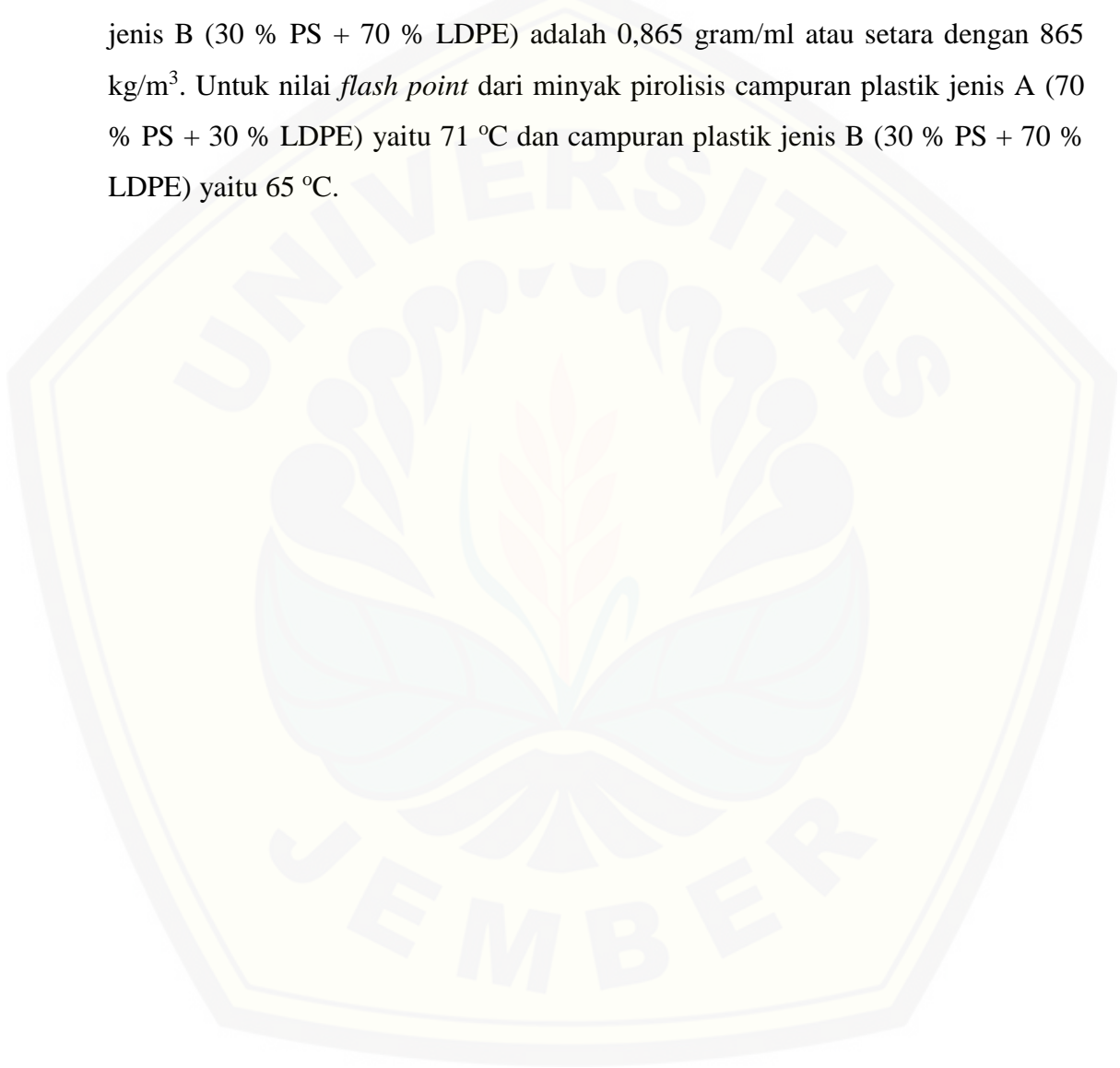
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Jember dan Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk menguji hasil minyak pirolisis pada bulan Mei sampai bulan Juli. Penelitian ini menggunakan tabung reaktor dan kondensor sebagai alat pirolisis.

Pada minyak pirolisis campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) dan campuran plastik jenis B (30 % PS + 70 % LDPE) dimana volume minyak pirolisis yang dihasilkan meningkat seiring dengan peningkatan suhu pada reaktor dan lama waktu pemanasan. Arang tertinggi pada campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) dan B (30 % PS + 70 % LDPE) terjadi pada suhu reaktor 150



°C dengan waktu pemanasan 30 menit, sedangkan jumlah padatan yang tersisa mengalami penurunan dengan meningkatnya suhu pada reaktor dan lama waktu pemanasan.

Massa jenis minyak pirolisis campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) adalah 0,873 gram/ml, atau setara dengan 873 kg/m<sup>3</sup> dan campuran plastik jenis B (30 % PS + 70 % LDPE) adalah 0,865 gram/ml atau setara dengan 865 kg/m<sup>3</sup>. Untuk nilai *flash point* dari minyak pirolisis campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) yaitu 71 °C dan campuran plastik jenis B (30 % PS + 70 % LDPE) yaitu 65 °C.



## SUMMARY

**Effect of Variations Mixed Against Plastic Material Characteristics Fuel Waste Plastics Pyrolysis Process Results;** Atmazeal Achmad Firdaus, 141910101023; 2018; 39 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Pyrolysis is the process of decomposition of materials at high temperatures without using air. This decomposition process is also often called the devolatilization process. Pyrolysis is a method used to repair polymer materials without using oxygen.

This study is focused to determine the final volume of the oil produced from the pyrolysis process, then testing the characteristics of the oil produced from the pyrolysis process mixed plastic PS and LDPE. This study used a variation of temperature and heating time. Variations in heating temperature is 150 °C, 200 °C and 250 °C with heating time of 30 minutes, 40 minutes and 50 minutes. By using these variations will be obtained regarding the ratio of the volume of oil and the amount of solids generated during the heating process.

The research was conducted at the Laboratory of Energy Conversion Jember University Faculty of Engineering and the Laboratory of Motor Fuel UB Faculty of Engineering to test the results of pyrolysis oil from May to July. This study uses a tube reactor and condenser as a means of pyrolysis.

In the pyrolysis of plastic types A (70 % PS + 30 % LDPE) and type of plastic B (30 % PS + 70 % LDPE) wherein the amount of fluid produced increases with increasing temperature in the reactor and the duration of heating. Solids highest in a mixture of plastic types A (70 % PS + 30 % LDPE) and B (30 % PS + 70 % LDPE) occurred at the reactor temperature 150 °C and heating time is 30 minutes, while the amount of solids remaining decreased with increasing temperature in the reactor and long time heating.

The density of pyrolysis oil mixture of plastic types A (70 % PS + 30 % LDPE) is 0.873 g / ml, equivalent to 873 kg / m<sup>3</sup> and a mixture of plastics B (30 % PS + 70 % LDPE) is 0.865 g / ml or the equivalent of 865 kg / m<sup>3</sup>. Flash point for the value of a mixture of plastic types A (70 % PS + 30 % LDPE) is 71 °C and mixed plastics B (30 % PS + 70 % LDPE) is 65 °C.



## PRAKATA

Alhamdulillah Robbil ‘Alamiin , puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Bahan Plastik Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berkeinginan untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Yasir Efendi dan Ibunda Luluk Azizah, yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dukungan, dan semangat;
2. Moch. Edoward R., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dengan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
3. Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Nasrul Iminafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
4. Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam perjalanan studi selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Kakak dan adik tersayang yang dengan tulus memberikan doa dan dukungan dalam setiap langkah saya;
6. Kelompok penelitian yaitu Dicky Kurnia Ramadhan yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2014 yang tidak kenal lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang;

7. Tim Kosan Apart, teman-teman KKN 57, terimakasih atas dukungan dan kebersamaannya;
8. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2014, atas kerjasama, semangat dan kebersamaannya selama ini. Tetap semangat untuk teknik mesin lebih baik (SOLIDARITY FOREVER);
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu Teknologi. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Jember, September 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Plastik</b> .....	5
<b>2.2 Jenis-jenis Plastik</b> .....	5
2.2.1 PET ( <i>PolyEster Thermoplastic</i> ) .....	8
2.2.2 HDPE ( <i>High Density Polyethylene</i> ).....	8
2.2.3 PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> ).....	8
2.2.4 LDPE ( <i>Low Density Polyethylene</i> ) .....	9
2.2.5 PP ( <i>Polypropilena</i> ).....	9



2.2.6 PS ( <i>Polystyrene</i> ).....	9
2.2.7 Lainnya (Other).....	9
<b>2.3 Sampah</b> .....	10
<b>2.4 Dampak Sampah Plastik Bagi Lingkungan</b> .....	11
<b>2.5 Pirolisis</b> .....	11
<b>2.6 Thermal Cracking</b> .....	12
<b>2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis</b> .....	12
<b>2.8 Parameter Operasi Proses Pirolisis</b> .....	13
<b>2.9 Pengujian Karakteristik Minyak Piroisis</b> .....	14
2.9.1 Massa Jenis.....	14
2.9.2 <i>Flash Point</i> .....	15
<b>2.10 Penelitian Terdahulu</b> .....	15
2.10.1 Menurut Ramadhan dan Ali (2012) .....	15
2.10.2 Menurut Pani dkk., (2017) .....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN</b> .....	19
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	19
3.1.1 Tahap Persiapan.....	19
3.1.2 Tahap Pembuatan Minyak Plastik .....	19
3.1.3 Tahap Pengujian Minyak Plastik.....	19
3.1.4 Tahap Analisa Data dan Kesimpulan .....	19
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	19
<b>3.3 Alat dan Bahan</b> .....	20
3.3.1 Alat .....	20
3.3.2 Bahan .....	21
<b>3.4 Variabel</b> .....	22
3.4.1 Variabel Bebas.....	22
3.4.2 Variabel Terikat.....	22
<b>3.5 Prosedur Penelitian</b> .....	22



3.6 Diagram Alir .....	24
3.7 Pengambilan Data.....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	26
4.1 Hasil Pirolisis.....	26
4.1.1 Pirolisis Plastik A (70% PS + 30% LDPE) .....	26
4.1.2 Pirolisis Plastik B (30% PS + 70% LDPE) .....	28
4.1.3 Analisis Perbandingan Hasil Pirolisis dari Jenis Plastik A dan Jenis Plastik B .....	30
4.2 Pengujian Karakteristik Minyak Pirolisis .....	32
4.2.1 Massa Jenis .....	33
4.2.2 <i>Flash Point</i> .....	34
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN</b> .....	40

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Plastik Kemasan Thermoplastik.....	7
Tabel 2.2 Parameter Proses Pirolisis.....	13
Tabel 2.3 Parameter Nilai Kalor .....	15
Tabel 2.4 Efisiensi Reaktor Terhadap Peruraian Massa .....	16
Tabel 2.5 Efisiensi Reaktor Terhadap Jumlah Minyak yang Dihasilkan.....	16
Tabel 2.6 Viskositas Minyak Hasil Pirolisis .....	17
Tabel 2.7 Berat Jenis Minyak Hasil Pirolisis .....	17
Tabel 2.8 Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis.....	17
Tabel 2.9 Nilai Titik Nyala Minyak Hasil Pirolisis .....	18
Tabel 3.1 Contoh Data yang akan Diambil.....	25
Tabel 4.1 Massa Jenis Beberapa Bahan Bakar.....	33
Tabel 4.2 <i>Flash Point</i> Beberapa Bahan Bakar .....	33

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
3.1 Tabung Reaktor .....	20
3.2 Kompor Gas.....	20
3.3 Pipa Distribusi Uap.....	21
3.4 Skema Alat Pirolisis .....	23
3.5 Diagram Alir Pengolahan Sampah Plastik .....	24
4.1 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis A Suhu 150 °C.....	26
4.2 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis A Suhu 200 °C.....	27
4.3 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis A Suhu 250 °C.....	27
4.4 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis B Suhu 150 °C .....	28
4.5 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis B Suhu 200 °C .....	29
4.6 Diagram Hasil Pirolisis Campuran Plastik Jenis B Suhu 250 °C .....	29
4.7 Grafik Pengaruh Suhu terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik Campuran Jenis A.....	30
4.8 Grafik Pengaruh Suhu terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik Campuran Jenis B.....	30
4.9 Grafik Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik Campuran Jenis A.....	31
4.10 Grafik Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik Campuran Jenis B .....	31

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
<b>LAMPIRAN A. DATA PENELITIAN</b> .....	40
A.1 Data Pirolisis Plastik A (70 % PS + 30 % LDPE) .....	40
A.2 Data Pirolisis Plastik B (30 % PS + 70 % LDPE).....	40
A.3 Data Karakteristik Minyak Hasil Pirolisis .....	41
<b>LAMPIRAN B. SPESIFIKASI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR</b> .....	42
B.1 Premium .....	42
B.2 Pertamina .....	43
B.3 Minyak Diesel .....	44
B.4 Pertamina Dex .....	45
B.5 Solar/ Biosolar .....	46
B.6 Minyak Tanah.....	47
<b>LAMPIRAN C. DOKUMENTASI PENELITIAN</b> .....	48
C.1 Rangkaian Alat Pirolisis Plastik .....	48
C.2 Keluaran Minyak Hasil Pirolisis Plastik .....	48
C.3 Gas Hasil Pemanasan Pirolisis Plastik .....	49
C.4 Pembakaran Minyak Hasil Pirolisis Plastik .....	49
C.5 Padatan Hasil Proses Pirolisis Plastik .....	50
C.6 Pengujian Massa Jenis .....	51
C.7 Pengujian <i>Flash Point</i> .....	51
<b>LAMPIRAN D. PERHITUNGAN MASSA JENIS MINYAK PIROLISIS</b> ...	52

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini di berbagai belahan dunia sedang mengalami krisis energi. Cadangan sumber energi pada saat ini sangat terbatas untuk memenuhi kebutuhan manusia di masa yang akan datang baik skala kecil maupun skala besar. Hal ini disebabkan masih diandalkannya sumber energi yang berasal dari fosil, yaitu minyak bumi. Sifat minyak bumi yang *non renewable* atau tidak dapat diperbaharui membuat kondisi semakin sulit. Untuk itu perlu adanya suatu pemikiran kreatif dengan menciptakan energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan, *renewable* dan pastinya memiliki ketersediaan yang melimpah (Sandra dkk., 2013).

Disisi lain seiring bertambahnya jumlah penduduk di dunia, menyebabkan meningkatnya penggunaan barang-barang yang terbuat dari bahan plastik. Kebanyakan masyarakat lebih memilih menggunakan plastik dikarenakan plastik memiliki bobot yang ringan, tidak mudah pecah, harganya yang relatif murah dan mudah didapatkan. Masalah kemudian timbul ketika kita tidak menggunakan lagi benda-benda tersebut, dan bagaimana kita membuangnya agar tidak menimbulkan masalah baru bagi lingkungan. Purwaningrum (2016) mengatakan bahwa negara Indonesia menempati peringkat dua setelah Cina dalam menghasilkan sampah plastik mencapai 187,2 Ton. Hal ini berkaitan dengan data yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dimana plastik hasil 100 toko atau anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) dalam waktu 1 tahun saja, telah mencapai 10,95 juta lembar sampah kantong plastik. Jumlah itu ternyata setara dengan luasan 65,7 hektar kantong plastik.

Metode pengolahan sampah yang telah banyak dikembangkan pada saat ini, yaitu metode pirolisis. Dimana penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis plastik dan komposisi terhadap produk hasil pirolisis. Pengolahan sampah dengan menggunakan metode pirolisis rata-rata menghasilkan 52,1% *wax*, 25,2% *char*, 22,6% *gas*. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa metode pirolisis

dapat mengubah sampah menjadi bahan bakar. Cairan dari proses pirolisis merupakan campuran kompleks senyawa organik, yaitu stirena, etil-benzena, toluena dan lain-lain. Proses pirolisis menghasilkan padatan yang mengandung *char*/residu dan bahan anorganik yang terkandung dalam bahan baku. Pirolisis juga menghasilkan gas yang terdiri dari hidrokarbon, CO dan CO<sub>2</sub>, dimana memiliki nilai kalor yang tinggi. Pirolisis merupakan pengolahan sampah yang dapat mengurangi berat dan volume sampah, serta menghasilkan produk seperti: (I) gas yang mempunyai nilai kalori rendah sampai sedang, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif; (II) residu (*char*) merupakan hasil pembakaran sampah dimana memiliki nilai kalori tinggi, digunakan sebagai bahan bakar alternatif; (III) *wax* dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan sumber dari bahan kimia, selain itu proses pirolisis juga akan menghasilkan air yang mengandung bahan-bahan organik (Rachmawati dan Herumurti, 2015).

Bahan plastik yang dapat diolah menjadi bahan utama pembuatan minyak diantaranya *PolyStyrene* (PS), *PolyEthylene Terephthalate* (PET), *High Density PolyEthylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density PolyEthylene* (LDPE) dan *PolyPropylene* (PP). PS jenis plastik yang biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan mainan anak-anak, barang elektronik dan wadah makanan. PET jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan botol air mineral. LDPE jenis plastik untuk bahan baku pembuatan kantong kresek, dan PP jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan gelas air mineral. (Miandad dkk., 2016).

Penelitian ini akan melakukan pengamatan tentang hasil akhir dari proses pirolisis, dimana akan mengamati massa jenis dan titik nyala (*flash point*) dari minyak yang keluar setelah pemrosesan. Dengan bahan utama plastik PS dan LDPE yang nantinya akan dicampurkan untuk mendapat hasil yang berbeda-beda. Serta melakukan perbandingan setelah proses pirolisis dilakukan dari campuran ketiga bahan tersebut.



## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh hasil pirolisis produk cair dari campuran dua jenis plastik, A (70 % *PolyStyrene* (PS) + 30 % *Low Density PolyEthylene* (LDPE)), dan B (70 % *Low Density PolyEthylene* (LDPE) + 30 % *PolyStyrene* (PS))?
- b. Bagaimana pengaruh variasi campuran plastik jenis A dan B terhadap nilai massa jenis dan titik nyala (*flash point*)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah,

- a. Mengetahui pengaruh hasil pirolisis produk cair dari campuran dua jenis plastik, A (70 % *PolyStyrene* (PS) + 30 % *Low Density PolyEthylene* (LDPE)), dan B (70 % *Low Density PolyEthylene* (LDPE) + 30 % *PolyStyrene* (PS)).
- b. Mengidentifikasi pengaruh variasi campuran bahan plastik A dan B terhadap nilai massa jenis dan titik nyala (*flash point*).

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

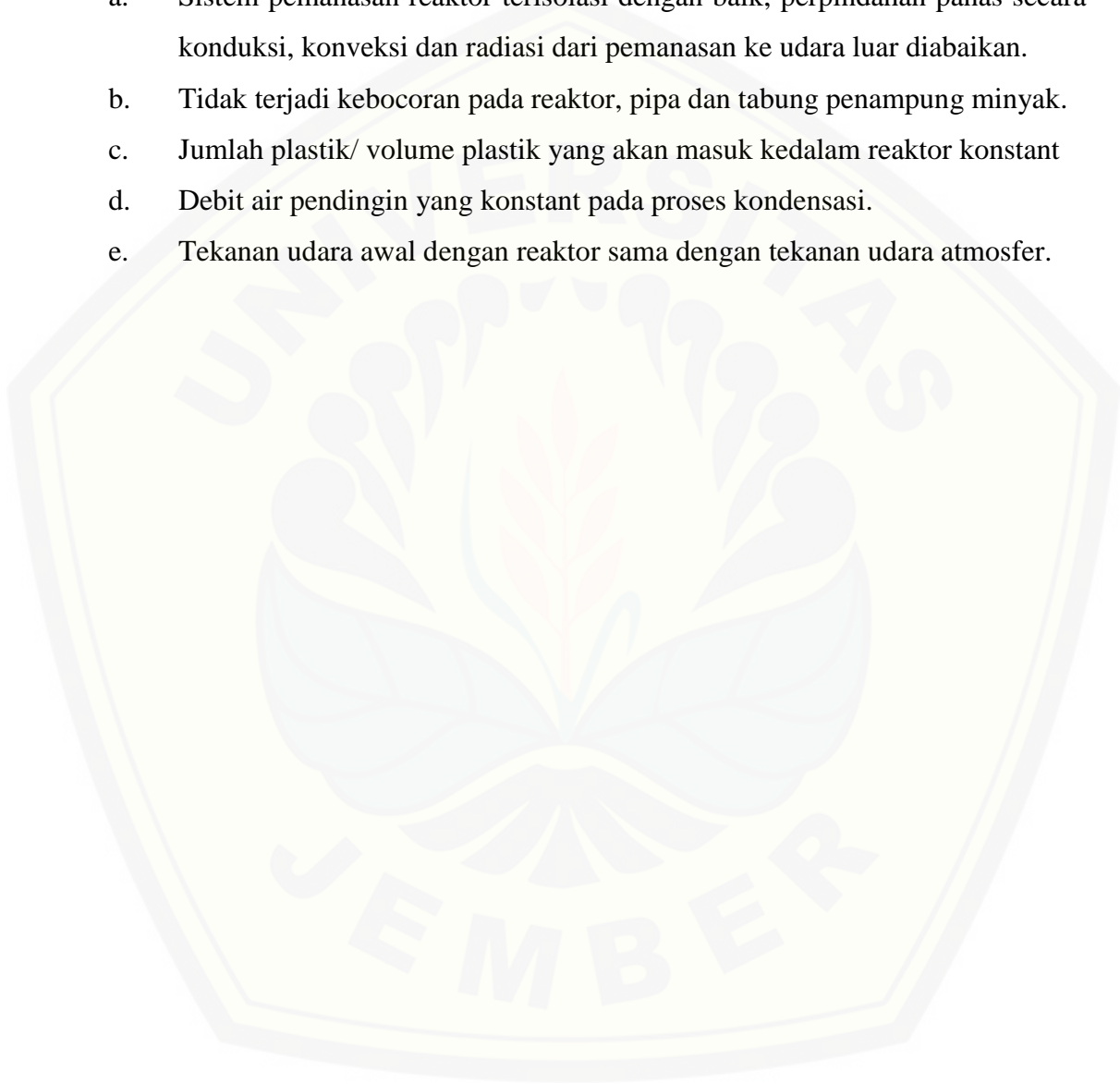
- a. Memberikan informasi mengenai nilai massa jenis dan titik nyala (*flash point*) yang dihasilkan dari pirolisis bahan plastik campuran jenis *PolyStyrene* (PS) dan *Low Density PolyEthylene* (LDPE).
- b. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi campuran bahan plastik terhadap jumlah minyak yang dihasilkan.
- c. Memberikan motivasi kepada Civitas Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember untuk mengembangkan penelitian mengenai pengolahan limbah plastik dengan metode pirolisis.



### 1.5 Batasan Masalah

Pada studi eksperimen reaktor pirolisis menggunakan bahan baku limbah plastik ini dibatasi oleh beberapa pokok permasalahan. Adapun yang akan dibahas antara lain :

- a. Sistem pemanasan reaktor terisolasi dengan baik, perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi dari pemanasan ke udara luar diabaikan.
- b. Tidak terjadi kebocoran pada reaktor, pipa dan tabung penampung minyak.
- c. Jumlah plastik/ volume plastik yang akan masuk kedalam reaktor konstant
- d. Debit air pendingin yang konstant pada proses kondensasi.
- e. Tekanan udara awal dengan reaktor sama dengan tekanan udara atmosfer.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Plastik

Plastik termasuk salah satu jenis makromolekul yang terbentuk akibat proses polimerisasi. Polimerisasi merupakan proses penggabungan dari beberapa molekul sederhana melalui proses kimia menjadi makromolekul atau polimer. Plastik merupakan senyawa polimer yang memiliki unsur penyusun utamanya berupa karbon dan hidrogen (Surono, 2013). Salah satu bahan yang digunakan untuk membuat plastik adalah Naphta, bahan yang berasal dari hasil penyulingan minyak bumi atau gas alam. Dalam proses pembuatan 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan energi yang digunakan dalam proses dan bahan bakunya (Kumar dkk., 2011).

Plastik merupakan bahan yang sering dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua produk baik untuk mengemas makanan maupun untuk peralatan yang digunakan terbuat dari plastik. Tetapi pada kenyataannya sampah plastik sampai saat ini menjadi masalah untuk lingkungan, karena proses daur ulang sampah plastik membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Keunggulan dari plastik sendiri yaitu ringan, kuat, fleksibel, transparan, tahan air dan ekonomis (Darni dan Utami, 2010).

### 2.2 Jenis-jenis Plastik

Plastik dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu *thermoplas* dan *thermoset*. *Thermoplast* merupakan plastik yang dapat di daur ulang melalui proses pemanasan. *Thermoset* merupakan plastik yang ketika mengalami proses pengerasan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan dapat menyebabkan kerusakan pada kandungan molekul-molekul yang terkandung di dalam plastik (Okatama, 2016).

Syarief (1991) membagi plastik menjadi dua berdasarkan sifat-sifatnya terhadap perubahan suhu, yaitu:

### 1. Termoplastik








Jenis plastik yang dapat meleleh pada suhu tertentu dan memiliki sifat dapat kembali pada sifat aslinya (*reversible*). Setelah proses pemanasan berlangsung, plastik jenis ini kembali mengeras ketika mengalami proses pendinginan. Jenis plastik thermoplastik, yaitu : PE, PP, PS, ABS, SAN, Nylon, PET, BPT, *Polyacetal* (POM), PC dan lain-lain.

### 2. Termoset

Tidak dapat mengikuti perubahan suhu dan tidak dapat kembali ke sifat aslinya (*irreversible*). Plastik termoset apabila mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena karena bentuk polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Jenis plastik ini tidak dapat dilunakkan kembali setelah mengalami proses pengerasan. Proses pemanasan yang tinggi akan membentuk arang. Jenis-jenis plastik termoset antara lain : PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), polyester, epoksi dan lain-lain.

Berdasarkan sifat yang dimiliki kedua kelompok plastik diatas, *thermoplastic* merupakan jenis plastik yang sangat memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode untuk memudahkan dalam proses pemilahannya dan penggunaannya. Pengelompokan jenis plastik ini dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis Plastik Kemasan Thermoplastik (Hafiuddin, 2018)

Nama Senyawa	Kode	Penggunaan	Sifat Bahan	Saran Penanganan
<b>PET</b> Polyethylene Terephthalate	 <b>PET</b>	Botol Minuman, tray biscuit, wadah selai peanut butter, wadah kosmetik	Jernih (tembus pandang), kuat, tahan pelarut, kedap gas dan cairan, melembek pada suhu 80 °C	Hati-hati dengan kemasan dengan kode No. 1. Didesain hanya untuk single use. Penggunaan lebih dari sekali meningkatkan resiko leaching dan pertumbuhan bakteri.
<b>HDPE</b> High Density Polyethylene	 <b>HDPE</b>	Tas plastic belanja (grocery bags), botol pengemas susu cair dan juice, shampoo, sabun cair, wadah ice cream	Keras sampai semi fleksibel, tahan terhadap bahan-bahan kimia dan cairan, permukaan berililin (waxy), buram (opaque), melembek pada suhu 75 °C, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk.	Sejauh ini dianggap aman (appears to be safe)
<b>PVC</b> Polyvinyl Chloride	 <b>PVC</b>	Pembungkus pangan (food wrap, meat wrap), botol minyak sayur, kantong darah.	Kuat, keras, bias jernih (tembus pandang), dapat diubah bentuknya menggunakan pelarut, melembek pada suhu 80 °C.	Sebaiknya dihindari. Memiliki julukan “the Poison Plastic”, mengandung sejumlah racun berbahaya.
<b>LDPE</b> Low Density Polyethylene	 <b>LDPE</b>	Tas plastic belanja took dan department store, kantong roti dan bahan-bahan pangan segar, pembungkus pangan. Botol yang dapat ditekan (squeezeable bottles).	Lunak, fleksibel, permukaan berililin (waxy), tidak jernih tapi tembus sinar (translucent), melembek pada suhu 70 °C, mudah tergores.	Sejauh ini dianggap aman (appears to be safe)
<b>PP</b> Polypropylene	 <b>PP</b>	Botol obat, kantong chips kentang, krat cereal, sedotan, pita perekat kemasan.	Keras tapi fleksibel, permukaan berililin (waxy) <i>surface, softlens at 140 °C</i> , tidak jernih tapi tembus sina (translucent), tahan pelarut.	Sejauh ini dianggap aman (appears to be safe)
<b>PS</b> Polystyrene	 <b>PS</b>	CD, pisau plastik, kemasan foam, karton telur.	Jernih, berkaca (glassy), kaku, mudah patah, buram (opaque), melembek pada suhu 95 °C, terpengaruh oleh lemak dan pelarut	Sebaiknya dihindari. Dapat melepaskan styrene, senyawa yang diduga karsinogen dan pengganggu hormone (endocrine disruptor)
<b>OTHER</b> Huruf-huruf dibawah logo menunjukkan kode ISO untuk jenis plastic, seperti SAN, ABS, PC, Nylon	 <b>OTHER</b>	Botol bayi, botol pendingin air, suku cadang mobil.	Mencakup semua resin lain dan material majemuk (contoh; laminates). Sifat tergantung pada plastic atau kombinasi plastic yang digunakan	Dapat dipergunakan dengan hati-hati. Yang dikhawatirkan adalah pelepasan (leaching) Bisphenol A yang diduga memicu kerusakan kromosom.

Adapun penjelasan dari tabel 2.1 sebagai berikut :

#### 2.2.1 PET (*Polyethylene Terephthalate*)

*Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE). Jenis material ini akan mencair saat pemanasan pada temperatur 110 °C, mempunyai sifat sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik. Adapun kegunaan material ini umumnya digunakan untuk botol plastik yang jernih atau tembus pandang dan hanya untuk sekali pakai (Sulchan dan Nur, 2007). Dalam kehidupan sehari-hari plastik jenis PET dapat ditemukan pada botol minuman, botol kecap. Dengan kode nomor 1, bahwa plastik jenis PET disarankan hanya digunakan untuk sekali pakai.

#### 2.2.2 HDPE (*High Density Polyethylene*)

*High Density Polyethylene* (HDPE). Material ini memiliki ketahanan kimiawi yang bagus sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Pada umumnya digunakan pada botol-botol yang tidak diberi pigmen bersifat tembus cahaya, kaku, dan cocok untuk mengemas produk yang memiliki umur pendek seperti susu (Sulchan dan Nur, 2007). Dengan kode nomor 2, yaitu disarankan hanya untuk sekali pemakaian, bila digunakan berulang kali bahan penyusun akan tercampur dalam bahan pangan.

#### 2.2.3 PVC (*Polyvinyl Chloride*)

*Polyvinyl Chloride* (PVC). Material LDPE merupakan Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor dan masuk ke makanan berminyak bila dipanaskan. PVC berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan berat badan. Memiliki karakter fisik yang stabil dan tahan terhadap bahan kimia, pengaruh cuaca, aliran, dan sifat elektrik. Pada umumnya digunakan untuk pipa dan konstruksi bangunan (Nurminah, 2002). Dengan kode nomor 3, bahwa plastik jenis PVC tidak disarankan untuk wadah membungkus panganan.



#### 2.2.4 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

*Low Density Polyethylene* (LDPE). Material ini tidak dapat di hancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan. Di bawah temperatur 60 °C sangat resisten terhadap sebagian besar senyawa kimia. LDPE dapat digunakan sebagai tempat makanan dan botol-botol yang lembek (madu, mustard) (Nurminah,2002). Dengan kode nomor 4, bahwa plastik jenis LDPE boleh digunakan sekali dan tidak boleh digunakan untuk membungkus makanan dalam kondisi panas.

#### 2.2.5 PP (*Polypropilena*)

*Polypropylene* (PP) Lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Pada umumnya digunakan sebagai tempat menyimpan makanan, botol minum, tempat obat dan botol minum untuk bayi (Sulchan dan Nur, 2007). Dengan kode nomer 5, plastik jenis ini dapat dipakai kembali dan sangat baik untuk menyimpan makanan dan minuman.

#### 2.2.6 PS (*Polystyrene*)

PS merupakan produk polimerisasi yang mempunyai softening point rendah sekitar 90 °C. Oleh karena itu, PS tidak digunakan pada pemakaian suhu tinggi, misalnya pada makanan yang panas. Plastik jenis PS mempunyai sifat ringan, getas, biasanya berwarna putih, berbentuk busa, permukaan licin, jernih dan mengkilap serta mudah dicetak. Jenis plastik PS dapat ditemui pada *styrofoam* dan *cup* kopi sekali pakai (Sulchan dan Nur, 2007). Dengan kode nomer 6, plastik jenis ini dapat digunakan sekali pakai untuk wadah minuman dan perhatikan lagi dalam penggunaannya.

#### 2.2.7 Lainnya (*Other*)

Tertera logo daur ulang dengan angka 7 ditengahnya, serta tulisan Other. Untuk jenis plastik Other ini ada 4 jenis, yaitu SAN (*Styrene acrylonitrile*), ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*Polycarbonate*), dan Nylon. Plastik jenis ini

dapat ditemui pada galon air mineral dan botol susu bayi. Plastik jenis ini dapat digunakan berulang kali, karena sifat termalnya stabil (Sulchan dan Nur, 2007).

### 2.3 Sampah

Sampah adalah sisa kegiatan rutinitas manusia dan dari proses alam yang berbentuk padat (Suyoto, 2008). Perkembangan produksi sampah terus meningkat, tidak hanya karena meningkatnya jumlah penduduk melainkan bertambah juga perilaku konsumtif pada manusia. Di sisi lain untuk menangani permasalahan sampah yang dilakukan masyarakat maupun pemerintah belum optimal. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan berpengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitarnya (Riswan dkk., 2011).

Pada dasarnya sampah timbul dikarenakan aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Pada saat ini sampah selalu menjadi permasalahan yang sangat sulit untuk diatasi, karena volume sampah yang selalu bertambah tiap tahunnya.

Dapat disimpulkan dari pengertian diatas bahwa sampah merupakan bahan sisa dari kehidupan sehari-hari masyarakat. Sampah-sampah tersebut meliputi sampah yang dihasilkan dari :

1. Rumah tangga
2. Kegiatan komersial : pusat perdagangan (pasar dan pertokoan), hotel, rumah makan dan tempat hiburan.
3. Fasilitas sosial : rumah ibadah, rumah tahanan, rumah sakit, klinik dan puskesmas.
4. Fasilitas umum : terminal, pelabuhan, dan bandara

Pandangan manusia kepada sampah harus dirubah dari sekarang, sebelum sampah-sampah tadi dibuang ke tempat pembuangan akhir untuk di timbun bahkan dibakar, seharusnya ada pemilahan dan pengolahan sampah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Menurut Basriyanta (2007) jenis sampah pada umumnya dibagi kedalam dua bagian, yaitu :



### 1. Sampah Organik

Sampah organik terdiri dari bahan-bahan seperti hewan dan tumbuhan yang telah mati, yang berasal dari alam, kegiatan pertanian, perikanan dan yang lain sebagainya. Sampah ini dapat dengan mudah diurai dengan proses alami. Sampah rumah tangga sebagian terdiri dari bahan organik, misalnya sampah yang berasal dari dapur.

### 2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau yang berasal dari proses industri. Sebagian sampah anorganik tidak dapat diuraikan oleh alam, sedangkan sebagian lainnya dapat diuraikan tetapi membutuhkan waktu yang lama.

## 2.4 Dampak Sampah Plastik Bagi Lingkungan

Penggunaan plastik yang berlebihan mengakibatkan jumlah tumpukan sampah semakin besar. Dalam kondisi seperti itu dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, sebagai berikut :

1. Pembuangan sampah plastik sembarangan di sungai-sungai akan mengakibatkan pendangkalan dan penyumbatan aliran air sungai.
2. Sampah kantong plastik dapat mengganggu proses penyerapan air ke dalam tanah dan racun-racun dari partikel plastik dapat membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing.
3. Ketika sampah plastik dibakar, akan menghasilkan asap beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan, yaitu dapat memicu penyakit kanker, hepatitis, pembengkakan hati, gangguan sistem saraf dan memicu depresi.

## 2.5 Pirolisis

Pirolisis adalah proses *dekomposisi* suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara. Pirolisis adalah metode yang dipertimbangkan dan layak untuk dilakukan dengan mendegradasi material polimer tanpa menggunakan oksigen. Tujuan penghilangan udara adalah untuk alasan keamanan, kualitas produk dan *yield* (Scheirs dan Kaminsky, 2006). Produk cairan yang mengalami penguapan

mengandung *tar* dan *polyaromatic hydrocarbon*. Secara umum pirolisis menghasilkan tiga produk, yaitu gas ( $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$  dan  $CH_4$ ), *tar* (*pyrolytic oil*) dan arang. Parameter yang mempengaruhi kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh para peneliti lalu menunjukkan nilai yang berbeda (Triana dan Rochimoellah, 2002).

## 2.6 Thermal Cracking

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses *cracking* (perekahan). *Cracking* adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan merubah berat molekul menjadi lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* ini dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan kimia. Ada tiga macam proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, 2011).

Dari tiga macam proses *cracking* tersebut, penulis memilih untuk mengembangkan proses *thermal cracking* dikarenakan lebih mudah dan banyak referensi yang menunjang. *Thermal cracking* termasuk proses pirolisis, yaitu pemanasan bahan polimer tanpa menggunakan oksigen, biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai dengan 900 °C. Dari proses ini akan menghasilkan arang dan minyak dari kondensasi gas.

## 2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis

Faktor utama yang mempengaruhi proses pirolisis plastik adalah temperatur *cracking*, kecepatan pemanasan, penggunaan katalis, jenis plastik dan lain-lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis sebagai berikut:

### 1. Temperatur

Temperatur merupakan variabel paling penting yang berpengaruh pada proses pirolisis dari plastik. Secara garis besar temperatur mengarah pada peningkatan kemampuan katalis. Jika proses pirolisis terjadi pada temperatur yang tinggi menyebabkan peningkatan pemecahan ikatan. Salah satu cara untuk meningkatkan konversi dengan menaikkan temperatur, dan didapatkan hasil

bahwa dengan konversi yang lebih tinggi maka produk utama yang terbentuk akan menjadi produk gas dan akan menghasilkan produk cairan yang minimal (Ramadhan dan Ali, 2012).

## 2. Waktu

Waktu sangat berpengaruh pada produk akhir yang dihasilkan, karena semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung maka produk yang dihasilkannya semakin naik, produk tersebut diantaranya residu padat, *tar* dan gas (Ramadhan dan Ali, 2012).

## 3. Berat partikel

Semakin banyak jumlah partikel yang dimasukkan untuk proses pirolisis, menyebabkan hasil bahan bakar cair (*tar*) dan jumlah hasil arang akan meningkat (Wahyudi, 2001).

## 4. Ukuran partikel

Pengaruh ukuran partikel terhadap proses pirolisis yaitu ketika semakin besar ukuran partikel maka luas permukaan per satuan berat yang terkena panas semakin kecil, sehingga menyebabkan proses pirolisis menjadi lambat (Wahyudi, 2001).

## 2.8 Parameter Operasi Proses Pirolisis

Menurut Jahirul dkk., (2012) kondisi operasi proses pirolisis dibagi menjadi tiga jenis kategori yang dapat dilihat pada tabel 2.2, sebagai berikut :

Tabel 2.2 Parameter Proses Pirolisis (Jahirul dkk., 2012)

Proses	Waktu	Ukuran	Suhu	
			Kelvin (K)	Celcius (°C)
Pirolisis	Tinggal (s)	Partikel (mm)		
<i>Slow</i>	450 – 500	5 – 50	590 – 950	226,85 – 676,85
<i>Fast</i>	0,5 – 10	< 1	850 – 1250	576,85 – 976,85
<i>Flash</i>	< 0,5	< 0,2	1050 – 1300	776,85 – 1026,85

Pada tabel 2.2 proses parameter operasi proses pirolisis dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pirolisis lambat (*Slow pyrolysis*)

Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan suhu 226,85 °C – 676,85 °C, proses ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.

2. Pirolisis cepat (*Fast pyrolysis*)

Pirolisis ini dilakukan pada pemanasan suhu 576,85 °C - 976,85 °C dengan temperatur lebih tinggi maka gas yang ditimbulkan akan meningkat dan cairan yang dihasilkan semakin banyak dibanding dengan proses pirolisis lambat.

3. *Flash pyrolysis*

Pirolisis ini dilakukan pada pemanasan suhu 776,85 °C – 1026,85 °C dengan temperatur semakin tinggi maka gas yang ditimbulkan akan lebih meningkat dan cairan yang dihasilkan semakin banyak dibanding dengan proses pirolisis cepat.

## 2.9 Pengujian Karakteristik Minyak Pirolisis

### 2.9.1 Massa Jenis

Menurut Kartika (2009) kerapatan dapat juga diartikan sebagai jarak atau ukuran antar partikel-partiel dalam suatu zat. Kerapatan dalam fluida dilambangkan dengan rho ( $\rho$ ) didefinisikan sebagai massa jenis. Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

m = massa (kg)

V = volume (m<sup>3</sup>)

Tabel 2.3 Parameter Nilai Kalor

No	Jenis	Satuan	Massa Jenis		Metodi Uji
			Min	Max	ASTM
1	Solar	kg/m <sup>3</sup>	815	860	D1298/D4052
2	Minyak Tanah	kg/m <sup>3</sup>		835	D1298
3	Premium	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D4052/D1298
4	Pertamax	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D4052/D1298
5	Pertamina-Dex	kg/m <sup>3</sup>	820	860	D4052/D1298
6	Minyak Diesel	kg/m <sup>3</sup>		920	D4052/D1298

### 2.9.2 Flash Point

Titik nyala atau yang lebih dikenal dengan *flash point* adalah suhu terendah dimana uap minyak bumi yang telah bercampur dengan udara akan menyala ketika dikenai uji nyala atau *test flame* (Efendi dan Palupi, 2013). Untuk mengetahui nilai dari flash point pada minyak yang diuji dapat menggunakan *flash point tester* atau alat pengukur titik nyala api.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

### 2.10.1 Menurut Ramadhan dan Ali (2012)

1. Efisiensi Reaktor Terhadap Peruraian Massa Plastik dan Jumlah Minyak yang Dihasilkan.



Tabel 2.4 Efisiensi Reaktor Terhadap Peruraian Massa (Ramadhan dan Ali, 2012)

Waktu (menit)	Suhu Pirolisis (°C)									
	250	300	350	400	420	250	300	350	400	420
	Plastik LDPE					Plastik HDPE				
0	1,72	8,14	17,84	23,9	29,88	12,72	16,9	25,52	30,06	37,04
10	5	12,88	28,34	33,9	42,28	13,46	19,98	29,7	37,88	42,28
20	6,92	24,38	39,26	41,24	57,82	15,14	23,1	35,06	43,1	53,86
30	9,7	30,78	46,84	53,94	66,5	16,08	26,842	37,86	50,82	60,26
40	11,26	35,88	54,86	60,36	70	18,86	32,04	44,504	57,86	67,26
50	12,34	42,94	61,88	69,88	75,66	21,76	36,92	48,84	62,96	74,02
60	17,24	54,84	64,84	72,22	80,24	25,56	45,54	55,88	71,72	79,44

Dari data di atas menunjukkan bahwa pada suhu 250 °C efisiensi reaktor untuk mengurai sampah plastik sangat kecil. Efisiensi tertinggi pada saat suhu 420 °C dengan waktu pemanasan 60 menit dengan nilai 80,24 % pada plastik HDPE dan 79,44 % pada plastik LDPE. Kesimpulannya bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu pemanasan, maka efisiensi reaktor dalam mengurai sampah akan semakin tinggi.

## 2. Efisiensi Reaktor Terhadap Jumlah Minyak yang Dihasilkan

Tabel 2.5 Efisiensi Reaktor Terhadap jumlah minyak (Ramadhan dan Ali, 2012)

Waktu (menit)	Suhu Pirolisis (°C)									
	250	300	350	400	420	250	300	350	400	420
	Plastik LDPE					Plastik HDPE				
0	0,8	8	23,2	36	40	2	8	21	36	44
10	3,4	15	35,8	49	53	2,8	15	32	47	53
20	3,6	26,6	50	59	64	3,6	25	48	56	62
30	5,2	33,8	60	68,4	71	6	31	55,6	66,4	68
40	6	40	68,2	74,4	76	6,8	37,4	62,8	72	74
50	8	49	74,6	87,4	84	8	44,8	70	86	80
60	11,2	60	77,8	90,6	89,2	11,2	56	74	89	84

Menurut data diatas, efisiensi tertinggi tercapai pada suhu 400 °C dengan waktu pemanasan 60 menit dengan nilai 90,6 % pada plastik HDPE dan 89 % pada plastik LDPE. Kesimpulannya semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan efisiensi reaktor untuk mendapat minyak semakin tinggi.

### 2.10.2 Menurut Pani dkk., (2017)

#### 1. Uji Viskositas

Tabel 2.6 Viskositas Minyak Hasil Pirolisis (Pani dkk., 2017)

No.	Sampel Minyak	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)
1	LDPE 250 °C	3,218
2	LDPE 300 °C	2,698

Data diatas, menunjukkan bahwa hasil viskositas minyak tertinggi diperoleh pada minyak hasil pirolisis bahan plastik jenis LDPE dengan suhu pada reaktor 250 °C yaitu sebesar 3,218 mm<sup>2</sup>/s, untuk viskositas terendah pada reaktor 300 °C yaitu 2,698 mm<sup>2</sup>/s.

#### 2. Uji Berat Jenis

Tabel 2.7 Berat jenis minyak hasil pirolisis (Pani dkk., 2017)

No.	Sampel Minyak	Berat Jenis (gram/ml)
1	LDPE 250 °C	0,9984
2	LDPE 300 °C	0,9085

Data diatas menunjukkan bahwa nilai berat jenis plastik LDPE dengan suhu pada reaktor 250 °C sebesar 0,9984 gram/ml dan suhu pada reaktor 300 °C sebesar 0,9085 gram/ml.

#### 3. Uji Nilai Kalor

Tabel 2.8 Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis (Pani dkk., 2017)

No.	Sampel Minyak	Ulangan I (kal/g)	Ulangan II (kal/g)
1	LDPE 250 °C	9084,101	8764,253
2	LDPE 300 °C	9588,312	9507,779



Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kalor dari plastik jenis LDPE memiliki nilai kalor mendekati nilai kalor bahan bakar. Standard untuk nilai kalor bahan bakar adalah 10.160-11.000 kkal/kg.

4. Uji Titik Nyala (*Flash Point*)

Tabel 2.9 Nilai Titik Nyala Minyak Hasil Pirolisis (Pani dkk., 2017)

No.	Sampel Minyak	Flash Point (°C)
1	LDPE 250 °C	28,5
2	LDPE 300 °C	28,5

Dari data diatas didapat, bahwa nilai titik nyala yaitu 28,5 °C. Dimana nilai tersebut berada di antara nilai titik nyala dari bensin (-42,78 °C) dan biodiesel (130 °C), dan mendekati nilai karosene/minyak tanah (37,78 -72,22 °C).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan tahapan-tahapan yang terdiri dari.

#### 3.1.1 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan meliputi pembuatan alat pirolisis dan penyediaan bahan baku plastik jenis PS dan LDPE.

#### 3.1.2 Tahap Pembuatan Minyak Plastik

Dalam pembuatan minyak plastik ini menggunakan metode pirolisis. Pada proses pirolisis tersebut akan divariasikan suhu pada reaktor dan waktu pengujian.

#### 3.1.3 Tahap Pengujian Minyak Plastik

Pengujian minyak plastik yang dihasilkan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari minyak itu sendiri dengan parameter yaitu massa jenis dan *flash point*.

#### 3.1.4 Tahap Analisa Data dan Kesimpulan

Setelah pengujian akan dilakukan analisa data dengan parameter yaitu massa jenis dan *flash point* minyak yang didapat, kemudian dianalisa dengan menggunakan metode kualitatif dan ditarik kesimpulan dari data yang diperoleh.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan rencana kerja yang telah disusun untuk kelancaran penelitian. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Maret sampai bulan Juli 2018.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Tabung reaktor pirolisis

Reaktor pirolisis digunakan sebagai alat untuk mendekomposisi sampah plastik. Didalam reaktor ini proses pirolisis akan berlangsung. Reaktor pirolisis ini dibuat dari tabung freon yang telah dimodifikasi.



Gambar 3.1 Tabung Reaktor

b. Kompor

Kompor digunakan sebagai alat penyuplai panas yang digunakan untuk proses pirolisis.



Gambar 3.2 Kompor Gas

c. Pipa distribusi uap

Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan gas hasil dari pirolisis menuju kondensor.



Gambar 3.3 Pipa Distribusi Uap

d. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur massa sampah plastik dengan kapasitas hingga 5 kg.

e. *Stopwatch*

Alat ini berfungsi untuk mengetahui berapa lama proses pirolisis berlangsung.

f. Tempat hasil minyak pirolisis (gelas ukur)

Tempat menampung hasil minyak dari proses pirolisis, dan mengetahui berapa volume minyak yang keluar setelah proses pirolisis.

g. *Thermocouple reader*

*Thermocouple reader* digunakan untuk membaca suhu dari thermocouple yang ada pada kondensor dan reaktor.

h. Pompa air Aquarium

i. *Pressure gauge*, sebagai alat pengukur tekanan

j. Bak penampung air sebagai tandon kondensor

k. Gelas Beker

### 3.3.2 Bahan

Objek bahan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Bahan plastik PS dicampur dengan Bahan Plastik LDPE dengan perbandingan 70 % : 30 %. Dengan berat total 300 gram.

- b. Bahan plastik PS dicampur dengan Bahan Plastik LDPE dengan perbandingan 30 % : 70 %. Dengan berat total 300 gram.

### 3.4 Variabel

Variabel merupakan segala sesuatu yang menjadi fokus kajian dalam penelitian dan ditetapkan oleh peneliti dengan variasi tertentu yang akan dipelajari sehingga diperoleh informasi dan dapat ditarik kesimpulan.

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan terlebih dahulu oleh peneliti sebelum melakukan penelitian dan menjadi sebab dari timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu pada reaktor, jenis dan massa plastik yang digunakan.

#### 3.4.2 Variabel Terikat

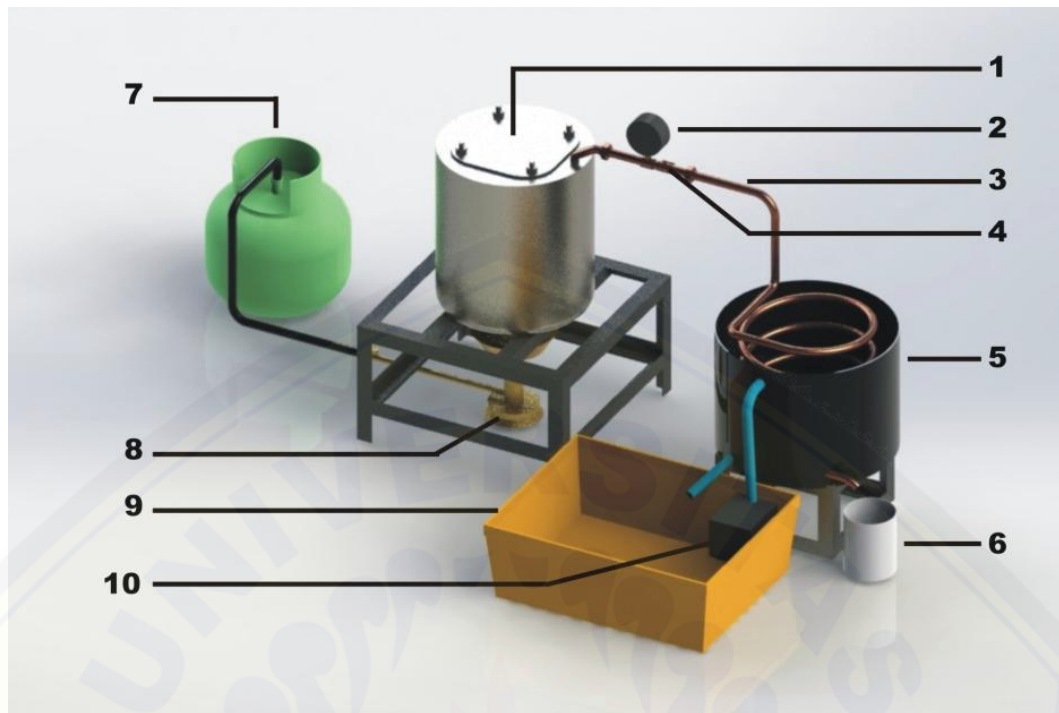
Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah suhu pada kondensor dan volume minyak yang keluar setelah proses pirolisis.

### 3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Cacah plastik bekas, cuci bersih kemudian keringkan untuk mempermudah proses pirolisis.
- b. Masukkan cacahan limbah plastik kedalam alat pirolisis
- c. Amati pada saat reaktor mencapai suhu 150 °C, 200 °C, 250 °C dan lakukan variasi campuran bahan plastik untuk proses pirolisis berikutnya. Suhu pada kondensor ditetapkan antara suhu 27 °C – 30 °C.
- d. Kemudian minyak hasil pirolisis ditampung dalam wadah hasil minyak pirolisis.
- e. Langkah selanjutnya dilakukan pengujian pada lab mengenai kandungan yang terdapat pada minyak hasil pirolisis.
- f. Menganalisa data dan Penarikan kesimpulan.





Gambar 3.4 Skema Alat Pirolisis

Keterangan :

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Reaktor               | 6. Wadah penampung     |
| 2. <i>Pressure gauge</i> | 7. Tabung LPG          |
| 3. Pipa tembaga          | 8. <i>Burner</i>       |
| 4. Katup pembuka         | 9. Wadah air pendingin |
| 5. Tabung kondensor      | 10. Pompa air          |



### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Alur dari pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3.5 Diagram Alir Pengolahan Sampah Plastik

### 3.7 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada saat pengujian, pengujian dilakukan dengan memvariasikan campuran bahan plastik, suhu pada reaktor dan lama pemanasan reaktor.

Tabel 3.1 Contoh data yang akan di ambil

Campuran Plastik	Temperatur (T)	Waktu (t)	Hasil	
			Liquid (ml)	Char (gram)
70 % PS & 30 % LDPE	150 °C (T <sub>1</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		
	200 °C (T <sub>2</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		
	250 °C (T <sub>3</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		
30 % PS & 70 % LDPE	150 °C (T <sub>1</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		
	200 °C (T <sub>2</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		
	250 °C (T <sub>3</sub> )	30 menit (t <sub>1</sub> )		
		40 menit (t <sub>2</sub> )		
		50 menit (t <sub>3</sub> )		

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian pirolisis plastik campuran yang telah dilakukan dan telah dilakukan pengujian karakteristik minyak hasil pirolisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Minyak pirolisis terbanyak pada campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) dan B (30 % PS + 70 % LDPE) terjadi saat suhu reaktor 250 °C dengan waktu pemanasan 50 menit.
2. Volume Minyak pirolisis yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada reaktor dan lama pemanasan.
3. Arang tertinggi pada campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) dan B (30 % PS + 70 % LDPE) terjadi pada suhu reaktor 150 °C dengan waktu pemanasan 30 menit.
4. Jumlah arang dipengaruhi oleh suhu reaktor dan lama pemanasan, karena semakin rendah dan singkatnya waktu pemanasan jumlah arang yang dihasilkan semakin banyak.
5. Massa jenis minyak pirolisis campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) adalah 0,873 gram/ml, atau setara dengan 873 kg/m<sup>3</sup> dan campuran plastik jenis B (30 % PS + 70 % LDPE) adalah 0,865 gram/ml atau setara dengan 865 kg/m<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan minyak pirolisis B memiliki nilai massa jenis lebih rendah dari minyak pirolisis A.
6. *Flash point* dari minyak pirolisis campuran plastik jenis A (70 % PS + 30 % LDPE) yaitu 71 °C dan campuran plastik jenis B (30 % PS + 70 % LDPE) yaitu 65 °C. Dapat disimpulkan minyak pirolisis B memiliki nilai *flash point* lebih rendah dari minyak pirolisis A.
7. *Flash point* yang dihasilkan dari minyak pirolisis memiliki nilai diatas bahan bakar seperti premium, pertamax, pertamina dex, solar/ biosolar, minyak tanah dan minyak diesel. Semakin tinggi *flash point* suatu bahan bakar membuat bahan bakar tersebut sulit terbakar.

## 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, ada beberapa saran yang diberikan untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai campuran berbagai jenis plastik.
2. Untuk penggunaan tabung reaktor sebaiknya menggunakan bahan yang tahan panas, untuk meminimalisir kebocoran saat menggunakan pada suhu tinggi.
3. Perancangan ulang untuk desain alat baik dari segi kinerja, ergonomis dan ekonomis.
4. Perlu melakukan penelitian lanjutan mengenai manfaat yang dapat diambil dari gas hasil proses pirolisis.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat sifat bahan bakar dari minyak pirolisis. Agar hasil dari minyak pirolisis dapat dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Basriyanta. 2007. *Memanen Sampah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Cahyono, M. S. 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5(2): 67-76.
- Darni, Y., dan H. Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4): 88-93.
- Efendi, Y., dan A. E. Palupi. 2013. Uji produksi bioetanol sebagai bahan bakar dari umbi garut (*maranta arundinacea linn*) menggunakan katalisator pupuk urea sebagai extender premium. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(2): 36-43.
- Hafiuddin, T. 2018. Pemanfaatan Ulang dan Daur Ulang Limbah. <https://pengelolaanlimbah.wordpress.com/category/d-daur-ulang-dan-pemanfaatan-ulang-limbah/>. [Diakses pada 20 Juni 2018]
- Jahirul, M. I., M. G. Rasul, A. A. Chowdhury, and N. Ashwath. 2012. Biofuels Production through Biomass Pyrolysis. *Energies*. 5(12): 4952-5001.
- Kartika, E. 2009. Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Dengan Menggunakan Metode Mohr. *Skripsi*. Depok: Progam Sarjana Fakultas Matematika Dan Ilmu Universitas Indonesia.
- Kumar, S., A.K. Panda, dan R. K. Singh. 2011. A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel. *Resources, Conservation and Recycling*. 55(11): 893– 910.
- Miandad, R., M. A. Barakat, A. S. Aburizaiza, M. Rehan, dan A. S. Nizami. 2016. Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: a Review. *Process Safety and Environmen Protection*. 102: 882-838.
- Norsujianto, T. 2014. Konversi Limbah Plastik Menjadi Minyak Sebagai Bahan Bakar Energi Baru Terbarukan. *Jurnal Element*. 1(1): 5-9.
- Nurminah, M. 2002. Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas. Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/fp/fp-mimi.pdf>. [Diakses pada 14 April 2018].



- Okatama, I. 2016. Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin*. 5(3): 109-113.
- Panda, A.K. 2011. Studies on Process Optimization for Production of Liquid Fuels from Waste Plastics. *Thesis*. Rourkela: Docterate Of Philophy In Chemical Engineering. National Institute of Technology.
- Pani, S., H. Sukarja, dan Y. Sigit. 2017. Pembuatan Biofuel dengan Proses Pirolisis Berbahan Baku Plastik Low Density Polyethylene (LDPE) pada Suhu 250°C dan 300 °C. *Jurnal Engine*. 1(1): 32-38.
- Purwaningrum, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 8(2): 141-147.
- Rachmawati, Q., dan W. Herumurti. 2015. Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*. 4(1): 27-29.
- Ramadhan, A., dan M. Ali. 2012. Pengolahan sampah plastik menjadi minyak Menggunakan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 4(1): 44-53.
- Ridhuan, K., dan J. Suranto. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Turbo*. 5(1): 50-56.
- Riswan, R., H. R. Sunoko, dan A. Hadiyanto. 2011. Pengelolaan sampah rumah tangga di kecamatan daha selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 9(1): 31-38.
- Sandra, A., S. Bahri, dan Sunarno. 2013. Konversi Cangkang Sawit menjadi Bio-oil menggunakan Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar. Universitas Riau. [https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/4309/TKS ANI 0807113644\\_2013\\_Jurnal.pdf](https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/4309/TKS_ANI_0807113644_2013_Jurnal.pdf). [Diakses pada 11 Maret 2018].
- Saputra, I. A., dan Arijanto. 2017. Pengujian Alat Konversi Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Teknik Mesin (S-1)*. 5(2): 82-90.
- Scheirs, J., dan W. Kaminsky. 2006. *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Sulchan, M., dan E. Nur. 2007. *Keamanan Pangan Kemasan Plastik dan Styrofoam*. Semarang: UNDIP.



- Sumarni, dan A. Purwanti. 2008. Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Poliethylene (LDPE). *Jurnal Teknologi*. 1(2): 135-140.
- Surono, U.B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*. 3(1): 2088-3676.
- Suyoto, B. 2008. *Rumah Tangga Peduli Lingkungan*. Jakarta: Prima Media.
- Syarief, R. 1991. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Jakarta : Penerbit Arcan.
- Trianna, N. W. dan M. Rochimoellah. 2002. Model Kinetika Reaksi Heterogen pada Pirolisis. *Prosiding Rekayasa Kimia dan Proses*. 31 Oktober – 1 November 2002. *UNDIP* :1411-4216.
- Wahyudi, 2001. Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair Dan Arang Dengan Proses Pirolisis. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UPN Veteran.

**LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A. DATA PENELITIAN**


**A.1 Data Pirolisis Plastik A (70 % PS + 30 % LDPE)**


Campuran Plastik	Temperatur	Waktu	Hasil	
			Liquid (gr)	Char (gr)
70 % PS + 30 % LDPE	150 °C	30 menit	107	91
		40 menit	128	62
		50 menit	134	48
	200 °C	30 menit	165	38
		40 menit	168	31
		50 menit	172	21
	250 °C	30 menit	209	18
		40 menit	211	11
		50 menit	213	7

**A.2 Data Pirolisis Plastik B (30 % PS + 70 % LDPE)**

Campuran Plastik	Temperatur	Waktu	Hasil	
			Liquid (gr)	Char (gr)
30 % PS + 70 % LDPE	150 °C	30 menit	61	145
		40 menit	75	123
		50 menit	77	119
	200 °C	30 menit	78	106
		40 menit	104	57
		50 menit	109	47
	250 °C	30 menit	142	42
		40 menit	146	39
		50 menit	153	34

## A.3 Data Karakteristik Minyak Hasil Pirolisis

 KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
**LABORATORIUM MOTOR BAKAR**  
Jl. MayjenHaryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222  
Web : motorbakar.ub.ac.id Email : Laboratoriummotorbakar62@gmail.com

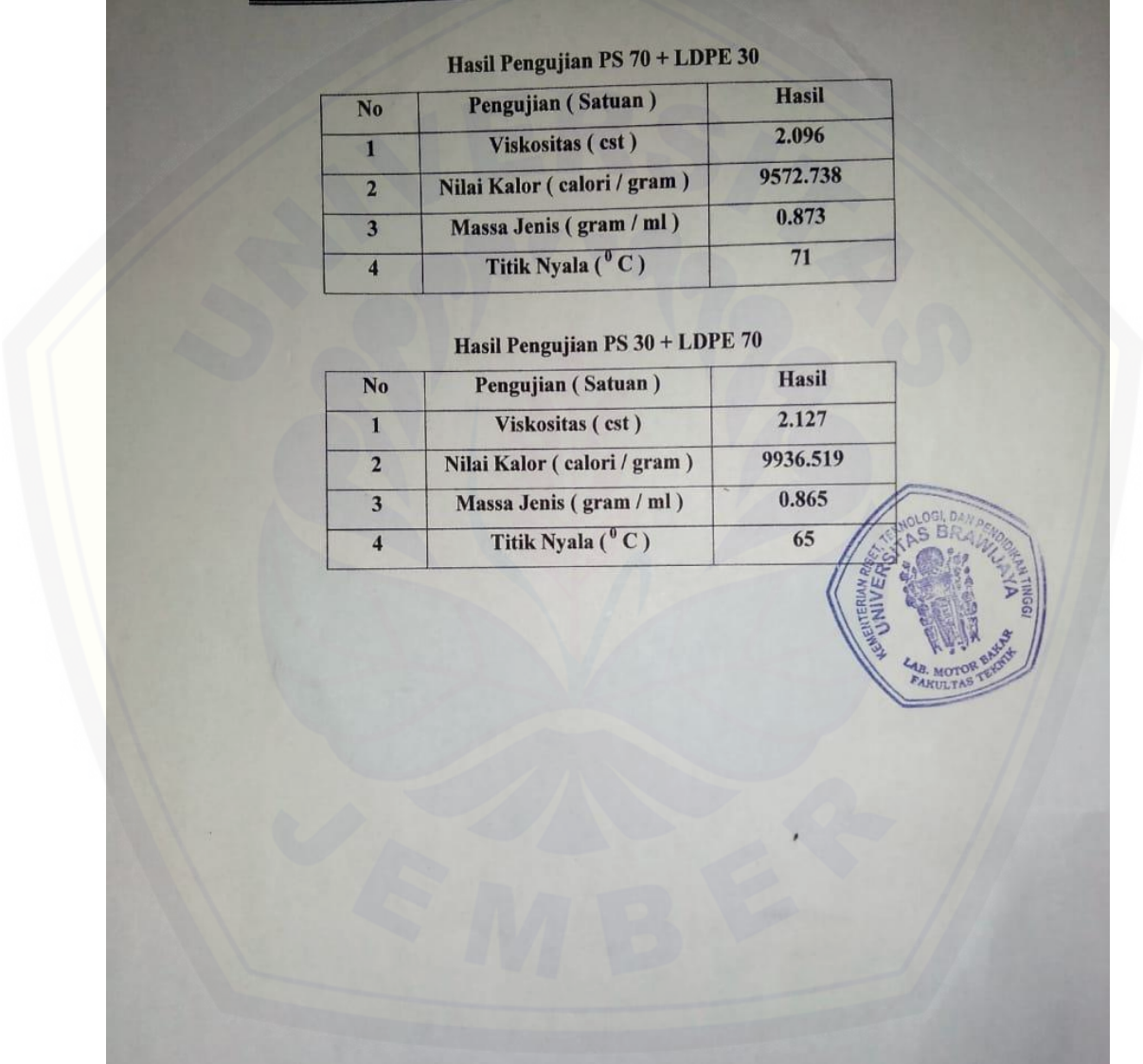



**Hasil Pengujian PS 70 + LDPE 30**

No	Pengujian ( Satuan )	Hasil
1	Viskositas ( cst )	2.096
2	Nilai Kalor ( kalori / gram )	9572.738
3	Massa Jenis ( gram / ml )	0.873
4	Titik Nyala ( ° C )	71

**Hasil Pengujian PS 30 + LDPE 70**

No	Pengujian ( Satuan )	Hasil
1	Viskositas ( cst )	2.127
2	Nilai Kalor ( kalori / gram )	9936.519
3	Massa Jenis ( gram / ml )	0.865
4	Titik Nyala ( ° C )	65





**LAMPIRAN B. SPESIFIKASI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR**
**B.1 PREMIUM**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Oktana - Angka Oktana Riset (RON)	RON	88,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	menit	360	-	D 525	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 <sup>1)</sup>	D 2622 / D 4294 / D 7039	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013 <sup>1)</sup>	D 3237	
5.	Kandungan Logam (Mn, Fe)	mg/l	Tidak terlacak <sup>2)</sup>		D 3831 / D 5185	UOP 391
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 <sup>3)</sup>	D 4815 / D 6839 / D 5599	
7.	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
8.	Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
9.	Kandungan Benzena	% v/v	Dilaporkan		D 5580 / D 6839 / D 6730 / D 3606	
10.	Distilasi:					
	10% vol. Penguapan	°C	-	74		
	50% vol. Penguapan	°C	75	125		
	90% vol. Penguapan	°C	-	180		D 86
	Titik didih akhir	°C	-	215		
	Residu	% vol	-	2,0		
11.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452	
12.	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381	
13.	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381	
14.	Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191 / D 323	
15.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052 / D 1298	
16.	Korosi bilah tembaga	merit	Kelas 1tif		D 130	
17.	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002 <sup>4)</sup>	D 3227	
18.	Penampilan visual	Jernih dan terang				
19.	Bau	Dapat dipasarkan				
20.	Warna	Kuning				
21.	Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13		

**B2. PERTAMAX**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Oktana Riset	RON	92,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-	D 525	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 <sup>1)</sup>	D 2622 / D 4294	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013 <sup>2)</sup>	D 3237	
5.	Kandungan Fosfor	mg/l	-	-	D 3231	
6.	Kandungan Logam (Mn, Fe, dll)	mg/l	-	-	D 3831	
7.	Kandungan Silikon	mg/kg	-	-	IICP-AES (Merujuk metode in house dengan batasan deteksi = 1 mg/kg)	
8.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 <sup>3)</sup>	D 4815	
9.	Kandungan Olefin	% v/v	-	<sup>4)</sup>	D 1319	
10.	Kandungan Aromatik	% v/v	-	50,0	D 1319	
11.	Kandungan Benzena	% v/v	-	5,0	D 4420	
12.	Distilasi:					
	10% vol. penguapan	°C	-	70		
	50% vol. penguapan	°C	77	110		
	90% vol. penguapan Titik	°C	130	180	D 86	
	didih akhir Residu	% v/v	-	2,0		
13.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452	
14.	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381	
15.	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381	
16.	Tekanan Uap	kPa	45	60	D 5191 / D 323	
17.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052 / D 1298	
18.	Korosi Bilah tembaga	merit	Kelas 1		D 130	
19.	Uji Doctor		Negatif			IP 30
20.	Belerang Mercaptan	% massa	-	0,002	D 3227	
21.	Penampilan Visual		Jernih dan terang			
22.	Warna		Biru			
23.	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13		

**B3. MINYAK DIESEL**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN				METODE UJI ASTM
			DIESEL 1		DIESEL 2		
			MIN	MAX	MIN	MAX	
1	Densitas pada 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	-	900	-	920	D 1298/ D 4052
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm <sup>2</sup> /dt	2,5	11,0	-	24,0	D 445
3	Titik Nyala PMcc	°C	60	-	60	-	D 93
4	Titik Tuang	°C	-	18	-	21	D 97
5	Micro Carbon Residue	% m/m	-	0,50	-	3,00	D 4530
6	Kandungan Abu	% m/m	-	0,02	-	0,05	D 482
7	Sedimen dengan Ekstraksi	% m/m	-	0,02	-	-	D 473
8	Kandungan Air	% v/v	-	0,25	-	0,30	D 95
9	Angka Setana	-	35	-	-	-	D 613
10	Kandungan Sulfur	% m/m	-	1,5	-	2,0	D 1552/ D 2622
11	Vanadium	mg/kg	-	100	-	100	AAS
12	Aluminium + Silikon	mg/kg	-	25	-	25	D 5184/ D AAS
13	Warna	No. ASTM	6	-	6	-	D 1500



**B4. PERTAMINA DEX**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Cetana Angka Setana	-	53	-	D 613	
	atau Indeks Setana	-	48	-	D 4737	
2.	Berat Jenis @ 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	820 <sup>1)</sup>	860	D 4052 / D 1298	
3.	Viskositas @ 40 °C	mm <sup>2</sup> /sec	2,0	4,5	D 445	
4.	Kandungan Belerang	% m/m	-	0,05 <sup>2)</sup>	D 2622 / D 4294 <sup>*)</sup>	
5.	Distilasi :				D 86	
	Temp. @ 90 % <sup>3)</sup>	°C	-	340		
	Temp. @ 95% <sup>3)</sup>	°C	-	360		
	Titik Didih Akhir	°C	-	370		
6.	Titik Nyala	°C	55	-	D 93	
7.	Titik Tuang	°C	-	18	D 97	
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,3	D 4530	
9.	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304 <sup>**)</sup>	
10.	Stabilitas Oksidasi	gr/m <sup>3</sup>	-	25	D 2274	
11.	Biological Growth <sup>***)</sup>	-	Nihil			
12.	Kandungan FAME <sup>***)</sup>	% v/v	-	10		
13.	Kandungan metanol & etanol	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815	
14.	Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130	
15.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D 482	
16.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473	
17.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/gr	-	0	D 664	
18.	Bilangan Asam Total	mg KOH/gr	-	0,3	D 664	
19.	Partikulat	mg/l	-	10	D 2276	
20.	Lubrisitas (HFRR wear scardia. @ 60 °C)	mikron	-	460	D 6079	
21.	Penampilan Visual	-	Jernih & Terang		CEC F-06-A-96	
22.	Warna	No. ASTM	-	1,0	D 1500	

**B5. SOLAR/ BIOSOLAR**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Cetana Angka Setana atau	-	48	-	D 613	
	Indeks Setana	-	45	-	D 4737	
2.	Berat Jenis @ 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	815	860	D 1298 / D 4052	
3.	Viskositas @ 40 °C	mm <sup>2</sup> /sec	2,0	4,5	D 445	
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 <sup>1)</sup>	D 2622 / D 5453 / D 4294 / D 7039	
			-	0,30 <sup>2)</sup>		
			-	0,25 <sup>3)</sup>		
			-	0,05 <sup>4)</sup>		
			-	0,005 <sup>5)</sup>		
5.	Distilasi 90 % vol. penguapan	°C	-	370	D 86	
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D 93	
7.	Titik Tuang	°C	-	18	D 97	
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D 4530 / D 189	
9.	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304	
10.	Biological Growth <sup>1)</sup>	-	Nihil			
11.	Kandungan FAME <sup>1)</sup>	% v/v	-	-		
12.	Kandungan metanol <sup>1)</sup>	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815	
13.	Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130	
14.	Kandungan Abu	% v/v	-	0,01	D 482	
15.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473	
16.	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D 664	
17.	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0,6	D 664	
18.	Partikulat	mg/l	-	-	D 2276	
19.	Penampilan Visual	-	Jernih & Terang			
20.	Warna	No. ASTM	-	3,0	D 1500	
21.	Lubricity (HFRR wear scar dia. @ 60 °C)	micron	-	460 <sup>6)</sup>	D 6079	

**B6. MINYAK TANAH**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN <sup>1)</sup>		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Densitas pada 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	-	835	D 1298	
2.	Titik Asap	mm	15	-	D 1322	
3.	Nilai Jelaga (Char Value)	mg/kg	-	40		IP 10
4.	Distilasi: Perolehan pada 200 °C Titik Akhir	% vol °C	18 -	- 310	D 86	
5.	Titik Nyala Abel	°C	38,0	-		IP 170
6.	Kandungan Belerang	% massa	-	0,20	D 1266	
7.	Korosi Bilah Tembaga (3 jam/50 °C)	-	-	No. 1	D 130	
8.	Bau dan Warna	-	Dapat dipasarkan			

**LAMPIRAN C. DOKUMENTASI PENELITIAN**



Gambar C.1 Rangkaian Alat Pirolisis Plastik



Gambar C.2 Keluaran Minyak Hasil Pirolisis Plastik



Gambar C.3 Gas Hasil Pemanasan Pirolisis Plastik



Gambar C.4 Pembakaran Minyak Hasil Pirolisis Plastik





Gambar C.5 Padatan Hasil Proses Pirolisis Plastik





Gambar C.6 Pengujian Massa Jenis



Gambar C.7 Pengujian *Flash Point*

**LAMPIRAN D. PERHITUNGAN MASSA JENIS MINYAK PIROLISIS**

## 1. Minyak Pirolisis Campuran Plastik Jenis A (70 % PS + 30 % LDPE)

Volume Minyak	100 ml
Massa Gelas Beker	52,0 gram
Massa Gelas Beker + Minyak	136,5 gram

$$\text{Massa Jenis} = \frac{\text{Massa Minyak (gr)}}{\text{Volume Minyak (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{(\text{Massa Gelas Beker} + \text{Minyak}) - (\text{Massa Gelas Beker})}{\text{Volume Minyak (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{136,5 \text{ gram} - 52,0 \text{ gram}}{100 \text{ (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{84,5 \text{ gram}}{100 \text{ ml}} = 0,845 \frac{\text{gram}}{\text{ml}}$$

## 2. Minyak Pirolisis Campuran Plastik Jenis A (70 % PS + 30 % LDPE)

Volume Minyak	100 ml
Massa Gelas Beker	52,0 gram
Massa Gelas Beker + Minyak	135,9 gram

$$\text{Massa Jenis} = \frac{\text{Massa Minyak (gr)}}{\text{Volume Minyak (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{(\text{Massa Gelas Beker} + \text{Minyak}) - (\text{Massa Gelas Beker})}{\text{Volume Minyak (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{135,9 \text{ gram} - 52,0 \text{ gram}}{100 \text{ (ml)}}$$

$$\text{Massa Jenis} = \frac{83,9 \text{ gram}}{100 \text{ ml}} = 0,839 \frac{\text{gram}}{\text{ml}}$$