



**PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PEMANASAN PADA
PROSES PIROLISIS PET/PP TERHADAP KARAKTERISTIK BAHAN
BAKAR**

SKRIPSI

Oleh

Yusca Alvantio Permana

NIM 151910101065

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PEMANASAN
PADA PROSES PIROLISIS PET/PP TERHADAP
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR**

SKRIPSI

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

Oleh:

Yusca Alvantio Permana

151910101065

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

2020

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmannirrohim, dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan kenikmatan serta karunianya. Dengan penuh kerendahan hati dan keikhlasan, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya Alex Permana dan Fahmi Italina yang telah memberikan motivasi, semangat, nasehat serta doa yang tiada henti dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember.
2. Nenek saya Siti Latifah dan Kakak perempuan saya Jessica Fahlina Permana yang telah memberikan semangat dan doa dalam menyelesaikan pendidikan.
3. Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku pembimbing dalam tim riset yang tiada lelahnya membimbing dan mengarahkan saya, baik memberikan semangat, motivasi selama melakukan riset dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan bapak Ir. Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku pembimbing anggota yang tiada henti dan tiada lelahnya membimbing saya, baik memberikan semangat, motivasi serta arahan selama riset dan penulisan skripsi saya hingga selesai.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mesin yang telah mendidik serta memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga saya dapat menyelesaikan studi Strata satu (S1) sampai mendapat gelar S.T.
6. Semua teman-teman dalam tim riset pirolisis yang telah banyak memberikan dukungan selama riset dan penulisan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2015 yang telah mengajarkan arti kebersamaan, memberikan motivasi sampai saya menjadi seorang sarjana.
8. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) Universitas Jember yang telah memberikan semangat dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember.
9. Riska Violina Krismayanti yang banyak memberikan semangat, motivasi, dan banyak hal.

MOTTO

“Work hard pray hard. Dreams don’t work until you do. Karena tidak ada mimpi yang akan terwujud kalau kamu tidak berusaha mencapainya”

(Atta Halilintar)

“Apa yang orang-orang lihat ke diri kita sebagai kelemahan mari kita sulap kelemahan itu sebagai super power kita sendiri ”

(Bayu Skak)

“Jika anda memiliki sebuah mimpi yang sangat indah, maka ingatlah bahwa tuhan memberikanmu kekuatan untuk membuatnya menjadi nyata”

(Deddy Corbuzier)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yusca Alvantio Permana

NIM : 151910101065

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur dan waktu pemanasan pada proses pirolisis PET/PP terhadap karakteristik bahan bakar ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2020

Yang menyatakan,

Yusca Alvantio P.

NIM 151910101065

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PEMANASAN
PADA PROSES PIROLISIS PET/PP TERHADAP
KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR**

Oleh

Yusca Alvantio Permana

NIM 151910101065

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan pada Proses Pirolisis PET/PP terhadap Karakteristik Bahan Bakar” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 8 Januari 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II

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

NIP 19700228 199702 1 001

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

NIP 19681205 199702 1 002

Penguji,

Penguji I

Penguji II

Ir. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.

NIP 19850117 201212 1 001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

NIP 19600812 199802 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T

NIP 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Masalahan penumpukan sampah merupakan hal yang krusial, Bahkan sampah dapat dikatakan sebagai masalah kultural karena dampaknya terkena pada berbagai sisi kehidupan, terutama seperti kota-kota besar. Metode pengolahan sampah plastik yang telah banyak dikembangkan saat ini, adalah dengan metode pirolisis, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengurangi penumpukan sampah plastik dengan mengubah nya menjadi bahan bakar dengan cara memanaskan sampah plastik di dalam ruangan yang terbatas oksigen atau reaktor, kemudian uap dari hasil pemanasan dari reaktor akan mengalir melalui pipa pendingin kemudian uap yang telah melalui pipa pendingin tersebut dapat menjadi minyak bahan bakar yang memiliki karakteristik hampir seperti bahan bakar jenis premium.

SUMMARY

Even the accumulation of rubbish is crucial, even rubbish can be said to be a cultural problem because its impact is affected on various sides of life, especially like big cities. The method of processing plastic waste that has been widely developed now, that is method of pyrolysis, where this research aims to reduce the accumulation of plastic waste by turning it into fuel by burning plastic waste in a room confined to oxygen or reactors, then the steam from the combustion from the reactor will flow through the cooling pipe and then the steam that has passed through the cooling pipe can become fuel oil which has characteristics almost like a premium type of fuel.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan pada Proses Pirolisis PET/PP terhadap Karakteristik Bahan Bakar”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Santoso Mulyadi, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama;
2. Bapak Ir. Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
3. Bapak Ir. Adib Rosyadi S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama;
4. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku Dosen Penguji Anggota;
5. Seluruh warga Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan motivasi dan semangat;
6. Grup riset yang beranggotakan Yudan Priyo Anggono dan Yobi Sri Pangestu dan semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

DAFTAR ISI

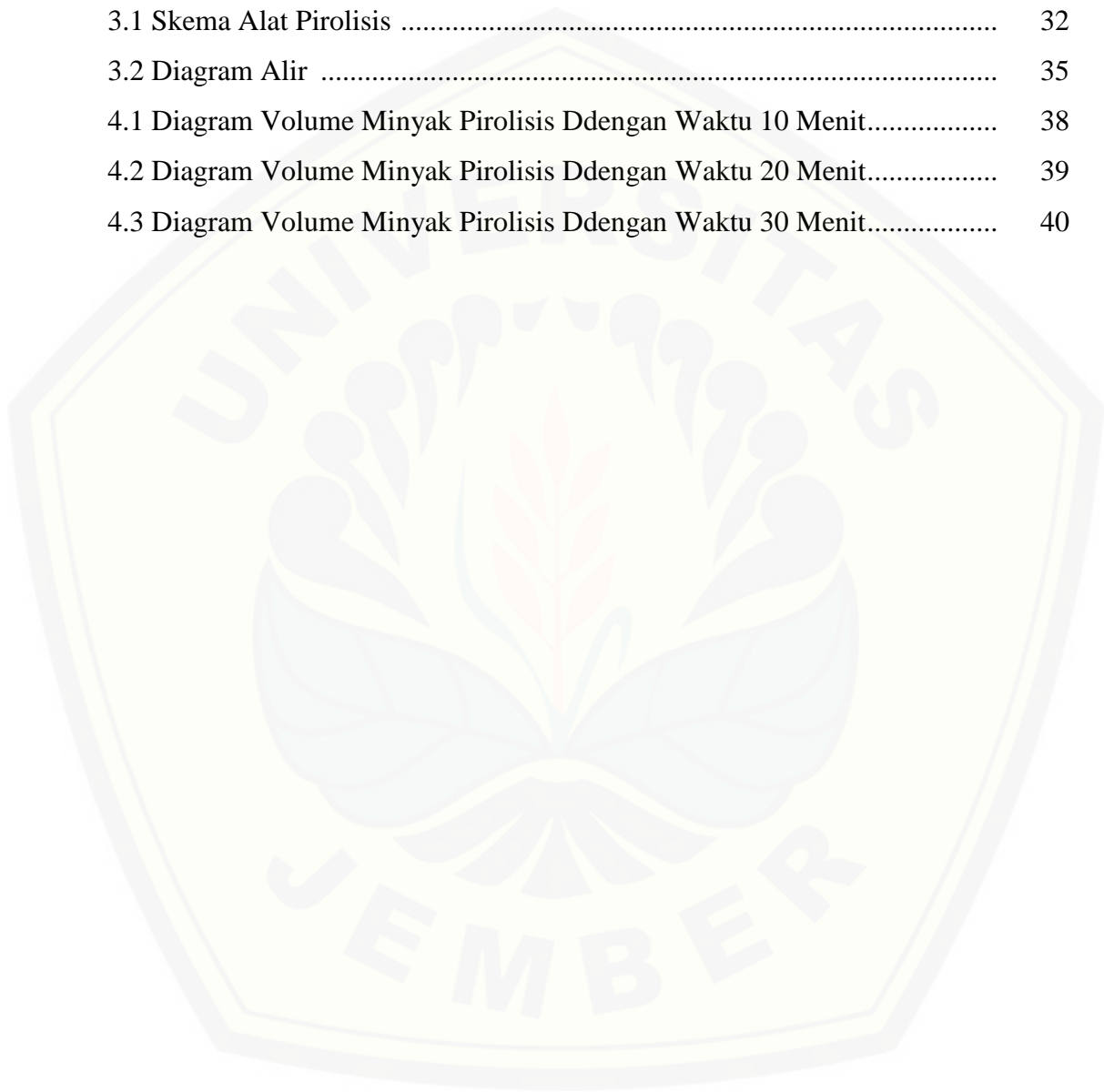
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY.....	ix
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	5
1.3.1 Tujuan.....	5
1.3.2 Manfaat.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Plastik	6
2.1.1 PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>)	9
2.1.2 HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	9
2.1.3 PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	9
2.1.4 LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>).....	10
2.1.5 PP (<i>Polypropylene</i>).....	10
2.1.6 PS (<i>Polystyrene</i>)	10
2.1.7 <i>Other</i> (Lain-lain)	11
2.2 Sampah.....	11

2.2.1 Jenis-jenis Sampah	12
2.2.2 Karakteristik Sampah	12
2.2.3 Dampak sampah Bagi Lingkungan	13
2.3 Bahan Bakar Minyak	14
2.3.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair	17
2.4 Pirolisis	19
2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis	19
2.6 Paramter Proses Pirolisis	20
2.7 Hipotesis	21
2.8 Desain dan Analisis Eksperimen	21
2.8.1 Apakah Desain Eksperimen itu	22
2.8.2 Tujuan Desain Eksperimen	22
2.8.3 Prinsip dasar Desain Eksperimen	22
2.8.4 F Hitung Anava	23
2.8.5 Uji Hipotesis 0 pada (model tetap)	25
2.8.6 Uji Lanjut Anava.....	29
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Alat dan Bahan.....	30
3.1.1 Alat.....	30
3.1.2 Bahan	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.3 Skema Alat.....	31
3.4 Metode Penelitian.....	33
3.4.1 Studi Literatur	33
3.4.2 Konsultasi.....	33
3.4.3 Eksperimental.....	33
3.4.4 Analitik.....	33
3.5 Variabel.....	33
3.5.1 Variabel Bebas	34
3.5.2 Variabel Terikat	34
3.6 Prosedur Penelitian.....	34

3.7	Diagram Alir	35
3.8	Pengambilan Data	36
BAB 4.	PEMBAHASAN	37
4.1	Volume Yang Dihasilkan Proses Pirolisis	37
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian Pirolisis PET dan PP	38
4.2.1	Analisa Data Minyak pirolisis	38
4.2.2	Pengaruh Temperatur	41
4.2.3	Pengaruh Waktu	41
4.3	Pengolahan data dengan metode Anava	42
4.3.1	Pengolahan Data Dengan Anava Menggunakan Eksperimen Faktorial	42
4.3.2	Perhitungan Anava	43
4.3.3	Pembahasan	46
4.3.4	Uji Lanjut anava BNT	51
4.3.5	Uji Lanjut anava Duncan	56
4.4	Pengujian Karakteristik Minyak Pirolisis PET dan PP	57
4.4.1	Uji Massa Jenis	58
4.4.2	Uji Viskositas	58
4.4.3	Uji Flashpoint	58
4.4.4	Uji Oktan	59
BAB 5.	PENUTUP	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60

DAFTAR GAMBAR

2.1 Kode Plastik	7
3.1 Skema Alat Pirolisis	32
3.2 Diagram Alir	35
4.1 Diagram Volume Minyak Pirolisis Ddengan Waktu 10 Menit.....	38
4.2 Diagram Volume Minyak Pirolisis Ddengan Waktu 20 Menit.....	39
4.3 Diagram Volume Minyak Pirolisis Ddengan Waktu 30 Menit.....	40



DAFTAR TABEL

2.1 Jenis-jenis plastik dan pemakaian	7
2.2 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada minyak bumi.....	15
2.3 Parameter Proses Pirolisis	20
3.1 Contoh Pengambilan Data	36
4.1 Hasil perolehan minyak pirolisis.....	37
4.2 Data hasil percobaan pirolisis	39
4.3 Variabel a x b x c	42
4.4 Variabel a x b.....	43
4.5 Variabel a x c.....	43
4.6 Variabel b x c	43
4.7 Hasil hitung anava	46
4.8 Kondisi hipotesa H_0	50
4.9 <i>Between Subect Factor</i>	51
4.10 <i>Descriptive Statistic</i>	54
4.11 <i>Test of Between Subect Factor</i>	55
4.12 Volume	56
4.13 <i>MultipleCompressions</i>	56
4.14 Volume	57
4.15 Data Karakteristik Minyak Pirolisis PET dan PP	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini berbagai jenis plastik merupakan sebuah bahan dasar yang pemakaiannya banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai kemasan makanan maupun sebagai alat yang dapat digunakan untuk keperluan yang lain, kantong plastik dan botol minuman misalnya, bahan dasar dari kedua benda tersebut adalah berasal dari plastik. Sampah botol plastik dan kantong plastik merupakan sampah yang sering kita jumpai, karena sampah jenis botol plastik dan kantong plastik banyak digunakan pemakaiannya yang hanya sekali pakai, hal tersebut yang menyebabkan banyaknya sampah jenis botol plastik yang sering kita temui. Volume sampah yang dihasilkan dari botol plastik sendiri sangat besar dikarenakan ukurannya yang bervariasi dan kantong plastik menjadi besar volume sampah yang dihasilkan dikarenakan banyaknya pemakaian dari kantong plastik ini dalam pengemasan macam-macam produk seperti bungkus pembelian obat ataupun bumbu makanan contohnya.

Masalah penumpukan sampah merupakan hal yang krusial, Bahkan sampah dapat dikatakan sebagai masalah kultural karena dampaknya terkena pada berbagai sisi kehidupan, terutama seperti kota-kota besar. Sumber sampah terbanyak adalah yang berasal dari pemukiman, komposisinya berupa 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya adalah sampah anorganik. Sampah organik telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kompos, briket serta biogas, tetapi sampah anorganik masih sangat minim pengelolaannya. Sampah anorganik sangat sulit didegradasi bahkan tidak dapat didegradasi sama sekali oleh alam, oleh karena itu diperlukan suatu lahan penumpukan yang sangat luas untuk mengimbangi produksi sampah jenis ini. Sampah anorganik yang paling banyak dijumpai di masyarakat adalah sampah plastik. Pada tahun 2008 produksi sampah plastik untuk kemasan mencapai 925.000 ton dan sekitar 80%nya berpotensi menjadi sampah yang berbahaya bagi lingkungan (Putra 2010).

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang terbentuk melalui proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen, Untuk membuat plastik bahan yang sering digunakan salah satu nya adalah Naptha, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam (Kumar dkk., 2011).

Metode pengolahan sampah plastik yang telah banyak dikembangkan saat ini, adalah dengan metode pirolisis, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengurangi penumpukan sampah plastik dengan mengubah nya menjadi bahan bakar dengan cara memanaskan sampah plastik di dalam ruangan yang terbatas oksigen atau reaktor, kemudian uap dari hasil pembakaran dair reaktor akan mengalir melalui pipa pendingin dan kemudian uap yang telah melalui pipa pendingin tersebut dapat menjadi minyak bahan bakar. Pengolahan sampah dengan menggunakan metode pirolisis rata-rata dapat menghasilkan 52,1% *wax*, 25,2% *char*, 22,6% *gas*. Cairan dari proses pirolisis merupakan campuran kompleks senyawa organik, yaitu stirena, etil-benzena, toluena dan lain-lain (Rachmawati, 2015).

Thermal Cracking merupakan proses pirolisis dengan cara memanaskan polimer plastik tanpa oksigen. Hasil dari proses ini yaitu arang dari hasil pemanasan, lalu minyak sebagai hasil dari proses kondensasi gas, serta gas yang tidak bisa terkondensasi. Suhu yang digunakan pada proses ini pada 350 – 900°C (Surono, 2013). Proses pirolisis menghasilkan padatan yang mengandung *char*/residu dan bahan anorganik yang terkandung dalam bahan baku. Pirolisis juga dapat menghasilkan gas yang terdiri dari hidrokarbon, CO dan CO₂, dimana memiliki nilai kalor yang tinggi. Pirolisis merupakan pengolahan sampah yang dapat mengurangi berat dan volume sampah, serta menghasilkan produk seperti: gas yang mempunyai nilai kalori rendah sampai sedang, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif; residu (*char*) merupakan hasil pembakaran sampah dimana memiliki nilai kalori tinggi, digunakan sebagai bahan bakar alternatif; *wax* yang 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, 2015).

Bahan plastik yang dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan bahan bakar minyak yaitu *PolyStyrene* (PS), *PolyEthylene Terephthalate* (PET), *High Density PolyEthylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density PolyEthylene* (LDPE), dan *PolyPropylene* (PP). *Polystyrene* merupakan jenis plastik untuk bahan baku pembuatan mainan anak-anak, barang-barang elektronik, wadah makanan. *Polyethylene terephthalate* merupakan jenis plastik yang sering ditemukan yang digunakan sebagai bahan baku botol air mineral. *Low density polyethylene* digunakan untuk bahan baku kantong kresek dan *polypropylene* yang digunakan sebagai bahan gelas air mineral. (Miandad dkk., 2016).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rachmawati dkk. 2015 adalah didapat dengan penguraian sampah plastik dengan metode pirolisis dengan jenis sampah plastik PET dapat menghasilkan gas yang tertinggi yaitu sebesar 45,40% . Dan penelitian yang dilakukan oleh Savira 2016 adalah plastik dengan jenis PP, karena memiliki kadar air tertinggi sebesar 0,027%. Jadi plastik PP akan lebih cepat mengalami proses pembakaran dan penguapan pada proses pirolisis karena memiliki kadar air paling rendah. Pada penelitian nya dapat menunjukkan bahwa plastik PP memiliki kadar abu terendah sebesar 0,077%. Hal tersebut dikarenakan plastik jenis PP dapat terdekomposisi pada suhu $>300^{\circ}\text{C}$. Semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap *char* yang dihasilkan pada proses pirolisis karena semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka semakin mempercepat proses pembakaran. Nilai kalori tertinggi yaitu pada plastik jenis PP sebesar 11.114 kal/g.

Plastik PP mempunyai panas yang tinggi, Semakin besar nilai kalor dari suatu bahan menunjukkan semakin besar pula energi panas yang dapat dilepaskan untuk melakukan proses pembakaran maupun pemindahan kalor. Dan penelitian lain yang dilakukan oleh Surono. 2016 pada pengujian nilai kalor dapat diketahui bahwa plastik dari bahan dasar PP memiliki nilai kalor yang tinggi karena plastik

jenis PP memiliki jumlah atom karbon sebanyak 6 hingga 18, yang menjadikan pengolahan minyak dari jenis tersebut setara dengan bensin ataupun minyak tanah.

Dengan adanya metode pirolisis diharapkan dapat membantu untuk mengatasi persoalan sampah plastik yang banyak dialami oleh kota-kota besar, dan juga mampu mengurangi pengkonsumsian bahan bakar dari fosil. Berdasarkan latar belakang tersebut masih diperlukan penelitian lanjutan guna melakukan kajian tentang minyak pirolisis dengan bahan plastik jenis plastik lainnya, penelitian ini akan dilakukan kajian guna membandingkan hasil minyak dari plastik jenis PET dengan plastik jenis PP. Alasan dari menggunakan bahan utama dalam metode pirolisis dengan sampah plastik jenis PET dan PP adalah besarnya volume yang dihasilkan dari sampah jenis PET dan juga pemakaiannya yang hanya sekali pakai menjadikan sampah jenis dari PET dan PP mudah untuk ditemui, dan juga jenis sampah plastik PP mampu untuk terdekomposisi pada suhu $>300^{\circ}\text{C}$ dan memiliki kadar air paling rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah;

1. Jenis sampah plastik manakah yang menghasilkan minyak paling banyak ?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan temperatur reaktor terhadap volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan sampah plastik PET/PP ?
3. Bagaimana pengaruh lama pemanasan saat *holding temperature* terhadap volume minyak hasil dari proses pirolisis dengan sampah plastik PET/PP ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui jenis sampah plastik mana yang menghasilkan volume minyak dari proses pirolisis paling banyak;
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan temperatur reaktor terhadap volume minyak pirolisis yang dihasilkan;

3. Untuk mengetahui pengaruh lama pemanasan saat terhadap volume minyak yang dihasilkan.

1.3.2 Manfaat

Manfaat penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi dari proses pirolisis;
2. Mengetahui tentang pengaruh perbedaan temperatur dan lama pemanasan reaktor saat *holding temperature* terhadap volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis;
3. Sebagai informasi mengenai minyak hasil dari proses pirolisis dan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah yang meliputi sebagai berikut ini :

1. Tidak menghitung laju perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi dari pemanas ke luar;
2. Debit air pendinginan saat proses kondensasi terjadi secara tetap (konstan);
3. Tidak membahas tentang energi yang dibutuhkan untuk proses pirolisis;
4. Tekanan udara awal pada reaktor sama dengan tekanan atmosfer.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik merupakan senyawa organik yang sangat mudah dibentuk, punya rantai yang panjang karena tersusun atas polimerisasi bahan organik dan memiliki berat molekul yang besar. Plastik terbuat dari karbon, hidrogen dan atom – atom lainnya yang terikat dalam rantai molekul panjang yang disebut polimer. Plastik tidak ditemukan di alam, tetapi dibuat dari produk – produk batubara, minyak bumi, katun, kayu gas, garam dan air. Plastik digunakan untuk membuat berbagai macam materi, termasuk perabot, komputer dan mainan. Plastik sangat berguna karena kuat, ringan dan tahan terhadap panas dan bahan kimia dibandingkan banyak materi lain (Srinovaz, 2017).

Plastik dapat dibedakan menjadi dua golongan, berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *thermoplastic* sendiri merupakan bahan plastik yang apabila dipanaskan sampai dengan suhu tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan, sedang *thermosetting* adalah plastik yang apabila dibuat dalam bentuk padat tidak dapat dicairkan kembali dengan cara di panaskan.

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik tersebut, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk di daur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan dalam pemakaiannya (Kurniawan, 2012).

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 akan kembali mengeras ketika menggalmai proses pendinginan. Jenis plastik *thermmoplastic* ada beberapa jenis yaitu jenis plastik : PE,PP,PS,ABS,SAN,Nylon,PET,BPT,*polyacetal* (POM),PC dan lain-lain.

Termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu dan tidak dapat dikembalikan ke sifat alaminya atau sifat aslinya (*irreversible*). Plastik termoset

jika mengalami kondisi tertentu tidak akan memungkinkan untuk dicetak kembali, karena bentuk dari polimernya berbentuk dari jaringan tiga dimensi, jenis plastik ini tidak dapat digunakan kembali setelah mengalami proses pengerasan. Pada proses pemanasan yang tinggi akan membentuk arang. Jenis-jenis plastik termoset antara lain jenis : PU (*poly Urethane*), UF (*urea formaldehyde*), MF (*melamine formaldehyde*), *polyester*, *epoksi* dan lain-lain (Karuniastuti, 2013).

Jenis-jenis plastik yang paling sering diolah adalah polyethylena (PE), polypropylene (PP), polistiren (PS), polyethylene terephthalate (PET) dan polyvinyl chloride (PVC), jenis plastik yang dapat di daur ulang dan diberi kode berupa penomoran pada plastik tersebut untuk memudahkan dalam pengidentifikasian plastik tersebut, Nomor kode plastik akan tercantum pada produk-produk yang terbuat dari bahan plastik seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.1 Kode plastik (UNEP 2009).

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Plastik dan Pemakaian

Kode	Jenis Plastik	Pemakaian
1	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik.
2	HDPE (High-density Polyethylene)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas.
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik.

Kode	Jenis Plastik	Pemakaian
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropylene atau Polypropene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari Styrofoam.
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	plastik kemasan, galon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi.

Penjelasan dari berbagai jenis plastik pada tabel 2.1 adalah sebagai berikut :

2.1.1 PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Hampir semua bahan plastik dari jenis PET di dunia digunakan untuk serat sintesis (sekitar 60%), dalam pertekstilan. PET biasa disebut juga dengan polyester (bahan dasar botol kemasan 30%). Botol jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya untuk sekali pemakaian. Jika digunakan terlalu sering dan juga untuk menyimpan air hangat dan panas jenis botol ini akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol akan meleleh dan akan mengeluarkan zat karsinogenik atau zat yang dapat menyebabkan penyakit kanker. Titik leleh jenis plastik ini adalah sebesar 85° C.

Pada pembuatan plastik jenis PET memakai bahan yang biasa disebut dengan antimoni trioksida, yang berbahaya bagi para pekerja yang mendaur ulang maupun yang mengolah jenis plastik ini, karena antimoni trioksida masuk ke tubuh melalui sistem pernafasan, akibat dari menghirup debu yang terkandung

dalam senyawa tersebut. Terkontaminasi senyawa tersebut dalam periode yang lama dapat menimbulkan iritasi kulit dan juga gangguan saluran pernafasan. Bagi pekerja wanita, senyawa ini dapat meningkatkan masalah pada menstruasi dan juga keguguran bila melahirkan, anak mereka memungkinkan akan mengalami pertumbuhan yang lambat hingga usia 12 bulan (Karuniastuti, 2013).

2.1.2 HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE merupakan salah satu jenis bahan plastik yang aman jika digunakan karena kemampuannya untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik yang berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya. Memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, jika dibandingkan dengan plastik dengan kode PET. Ada baiknya pula untuk tidak memakai wadah plastik dengan bahan HDPE terus-menerus karena meskipun cukup aman tetapi plastik dengan bahan HDPE akan melepaskan senyawa antimon trioksida secara terus menerus (Karuniastuti, 2013).

2.1.3 PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Bahan PVC lebih tahan dari bahan senyawa kimia, minyak dan lain-lain. PVC mengandung DEHA yang dapat bereaksi dengan makanan yang dikemas dengan plastik berbahan PVC ini saat bersentuhan langsung dengan makanan tersebut, titik lelehnya mencapai 70 - 140°C. Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor, kemudian masuk ke dalam makanan yang berminyak jika dipanaskan. Reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas dengan plastik ini berpotensi bahaya untuk organ ginjal, hati dan penurunan berat badan pada manusia. Jenis plastik PVC jika dibakar dapat mengeluarkan racun (Karuniastuti, 2013).

2.1.4 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Sifat mekanis pada jenis plastik LDPE adalah kuat, bisa ditembus oleh cahaya, fleksibel, dan juga permukaan agak berlemak. Pada suhu dibawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik untuk gas yang lain seperti oksigen. Plastik ini dapat di daur ulang, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan juga memiliki resistansi yang baik terhadap reaksi kimia. Plastik jenis

LDPE biasa digunakan untuk tempat makanan, plastik kemasan, botol yang lunak. Barang berbahan dasar dari LDPE ini sulit untuk dihancurkan, tetapi baik untuk makanan ataupun minuman karena sulit bereaksi dengan senyawa kimiawi dengan makanan atau minuman yang dikemas dengan bahan ini (Karuniastuti, 2013).

2.1.5 PP (*Polypropylene*)

Karakteristik dari plastik jenis PP adalah botol transparan yang tidak jernih atau berawan, jenis plastik ini lebih kuat dan juga ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, Stabil pada suhu tinggi dan cukup mengkilap, Memiliki titik leleh pada suhu 165°C (Karuniastuti, 2013).

2.1.6 PS (*Polystyrene*)

Polystyrene adalah polimer aromatik yang bisa mengeluarkan bahan *styrene* ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan fisik. Bahan ini harus dihindari karena berbahaya bagi kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi, pertumbuhan dan sistem syaraf, juga bahan ini sulit untuk di daur ulang. Bila akan di daur ulang bahan ini memerlukan proses yang lama. Jika terkena tidak tertera kode angka dibawah kemasan plastik ini, maka bahan ini dapat dikenali dengan cara dibakar. Ketika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan api berwarna kuning-jingga, dan meninggalkan jelaga. Titik leleh jenis PS adalah 95°C (Karuniastuti, 2013).

2.1.7 Other (Lain-lain)

Bahan dengan tulisan other berarti dapat berupa bahan SAN (*styrene acrylonitrile*), ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*polycarbonate*), Nylon. PC (*polycarbonate*), dapat mengeluarkan bahan utamanya yaitu Bisphenol-A ke dalam makanan dan minuman yang berpotensi merusak sistem hormon, kromosom pada ovarium, penurunan produksi sperma, dan mengubah fungsi imunitas. Dianjurkan untuk tidak dipergunakan untuk tempat makanan ataupun minuman karena Bisphenol-A dapat berpindah ke dalam minuman atau makanan jika suhunya dinaikkan karena pemanasan (Karuniastuti, 2013).

Penangan sampah plastik yang banyak dilakukan selama ini adalah dengan 3R yaitu (*Reuse, Reduce, Recycle*). *Reuse* adalah kegiatan memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Reduce* adalah kegiatan mengurangi pembelian atau pemakaian barang-barang yang terbuat dari plastik. *Recycle* adalah mendaur ulang dilakukan dengan mengolah kembali barang-barang yang dianggap sudah tidak mempunyai nilai ekonomis lagi melalui proses fisik maupun kimiawi ataupun keduanya sehingga dapat diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjual belikan kembali (2010).

2.2 Sampah

Sampah jika diartikan secara umum adalah semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (sludge), cair, maupun gas yang dibuang karena tidak diperlukan lagi atau tidak bias di gunakan lagi. Meskipun dianggap tidak dapat di pergunakan kembali, namun bahan tersebut terkadang masih bias untuk dimanfaatkan kembali dan dijadikan bahan baku (Damanhuri, 2010).

2.2.1 Jenis – jenis Sampah

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

1. Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang terdiri dari bahan-bahan seperti hewan dan tumbuhan yang telah mati, yang mana pula berasal dari alam sekitar, kegiatan pertanian, kegiatan perikanan dan lain sebagainya. Sampah jenis organik dapat dengan mudah terurai dengan proses-proses yang alami. Sampah rumah tangga sebagian terdiri dari bahan organik, seperti sampah yang berasal dari rumah tangga atau dapur.

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah sampah yang bersasal dari sumber daya alam dan yang tidak dapat diperbaharui adanya seperti mineral dan minyak bumi, atau yang berasal dari proses kegiatan industri. Sebagian sampah anorganik tidak dapat diuraikan ataupun susah untuk terurai oleh alam, dan sebagian lain nya dapat

terurai dengan alam akan tetapi memerlukan waktu yang tidak sebentar dalam proses penguraian nya.

2.2.2 Karakteristik Sampah

Berdasarkan karakteristik nya sampah dibagi menjadi dua klasifikasi sebagai berikut yaitu :

1. Sampah Basah

Menurut dari (Soemirat, 2000), sampah basah merupakan sampah yang dapat sangat mudah membusuk, yaitu dengan sangat mudah melakukan proses pembusukan karena di sebabkan oleh aktifitas organisme yang terdapat pada sampah basah. Sampah basah adalah sampah padat yang bersifat semi basah yang berupa dari bahan-bahan organik yang paling sering berasal dari makanan dan juga hasil pertanian, contohnya pada sisa-sisa makanan, sayuran, buah-buahan.

Sampah jenis ini memiliki banyak ciri-ciri agar dapat mudah terurai oleh mikroorganisme dan mudah mengalami pembusukan, karena mempunyai rantai kimia yang relatif lebih pendek. Jenis sampah basah juga terdiri dari sisa-sisa potongan sayuran ataupun hewan yang dihasilkan dari pengolahan dan pembuatan makanan yang banyak terdiri dari zat yang mudah untuk mengalami proses pembusukan, dan bersifat lembab dan juga banyak terkandung air bebas (Putratno, 2000).

2. Sampah Kering

Sampah jenis kering adalah sampah yang padat organik yang sifatnya kering dan sulit terurai oleh mikroorganisme sehingga sulit untuk terjadi proses pembusukan dan hal ini disebabkan oleh sampah kering memiliki rantai kimia yang panjang dan juga kompleks. Sampah jenis kering termasuk dalam sampah yang bisa untuk terbakar dan juga tidak dapat terbakar yang berasal dari kegiatan masyarakat. Jenis sampah yang mudah terbakar yaitu berasal dari kardus, kertas, kain, kayu plastik kering dan lain sebagainya. Sedangkan yang susah untuk terbakar adalah jenis sampah yang terbentuk dari material logam, mineral, kaleng, dan jenis lain sebagainya.

Jika dibedakan kedalam golongan yang berdasarkan fasanya adalah sampah padat, sampah cair, sampah berlumpur (sludge). Pengolahan sampah diatur

dalam undang-undang negara pada UU-18 tahun 2008 yang menjelaskan bahwa kegiatan yang sistematis menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Penanganan dan pengolahan bukan berarti hanya yang bersangkutan dengan aspek teknis, tetapi juga mencakup aspek non teknis, seperti bagaimana mengorganisir, bagaimana membiayai dan bagaimana melibatkan masyarakat penghasil sampah agar dapat ikut serta berpartisipasi secara aktif atau pasif dalam aktivitas penanganan tersebut.

Sampah jenis plastik sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan, dikarenakan plastik adalah bahan yang susah untuk terdegradasi, sehingga jika sampah tersebut akan ditimbun dalam penimbunan terakhir akan menimbulkan masalah yang lain seperti sampah plastik akan meempati bagian yang seharusnya dapat dipergunakan oleh sampah jenis lain nya, karena sampah plastik yang ringan dengan penutup tanah yang tidak baik plastik akan cenderung terangkat ke atas permukaan dan cenderung akan mengotori lingkungan sekitarnya, dan jika terjadi kebakaran plastik menimbulkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia, dan jika tercecer di air plastik dapat menyumbat saluran air yang tidak heran mengakibatkan peningkatan volume. Sampah plastik apabila tidak diolah dengan baik dapat berpotensi memperburuk kualitas dari lingkungan, namun apabila sampah plastik dapat diolah dengan baik melalui kegiatan daur ulang maka sampah plastik juga berpotensi juga dapat diubah menjadi uang ataupun bahan yang lain nya seperti minyak misalnya saja (Pamungkas, 2006)

2.2.3 Dampak sampah Bagi Lingkungan

Menurut Status Lingkungan Hidup Daerah (SLDH) Kota Surabaya, volume sampah yang masuk ke TPA sebesar 10.000 m³/hari. Timbunan sampah kota surabaya tahun 2011 dengan jumlah rumah tangga 806.794 yaitu sebesar 1200 ton/hari nya. sampah yang dihasilkan bukan pada jumlah yang sedikit nilainya, sampah tersebut harus dapat ditangani dengan baik dan juga benar, sampah merupakan salah satu sumber penyakit. Secara langsung ataupun terbuka sampah adalah tempat bersarangnya parasit, bakteri dan patogen. Secara tidak langsung sampah merupakan tempat vektor pembawa penyakit seperti kecoa, nyamuk, dan

alat. Penyakit yang dapat di timbulkan antara lain seperti diare, disenteri, cacian, dan demam berdarah akibat sampah yang terlalu banyak menumpuk (SLDH Surabaya, 2010).

Pemakaian Plastik yang berlebihan dapat mengakibatkan jumlah tumpukan sampah yang akan semakin besar. Dalam keadaan seperti itu dapat menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan seperti :

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

Sejauh ini keterlibatan masyarakat untuk upaya mengurangi pemakaian dan mendaur ulang plastik masih sangat minim, Biasanya plastik akan dibakar untuk memusnahkannya dari pandangan. Padahal jika pembakaran plastik tidak sempurna atau pada temperatur (di bawah 800°C) dapat menyebabkan terbentuknya dioksin, yaitu senyawa yang dapat memicu kanker, hepatitis, pembengkakan pada hati dan gangguan sistem syaraf (Rachmawati, 2015).

2.3 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak merupakan bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk menghasilkan suatu kerja mekanik yang secara terkontrol. Dengan kata lain bahan bakar minyak adalah zat yang dapat menghasilkan energi, terutama energi panas yang dapat digunakan. Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar dapat diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran dengan sendirinya disertai dengan peristiwa pelepasan atau pengeluaran kalor (Awaludin, 2007).

Bahan bakar jenis cair dihasilkan oleh penggabungan senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam, ataupun secara buatan, pada umumnya berasal dari minyak bumi. Minyak bumi adalah senyawa hidrokarbon yang berasal dari dalam perut bumi yang dikelompokkan atas hidrokarbon parafin, naften, dan aromatik. Hidrokarbon parafin merupakan hidrokarbon jenuh yang memiliki ikatan unsur C – C dan C -H dan struktur rantai atom C terbuka. Hidrokarbon yang berjenis parafin ini memiliki titik didih paling rendah diantara jenis naften ataupun aromatik dan juga banyak terdapat fraksi ringan yang terkandung di dalamnya. Hidrogen yang berjenis jenis aromatik memiliki struktur rantai atom C yang tertutup berikatan rangkap dua dan tunggal yang saling bergantian diantara kedua atom C nya yang berdekatan.

Hidrogen yang berjenis naften memiliki sifat-sifat diantara jenis parafin dan juga aromatik, disebut juga sebagai sikloparafin atau sikloalkana. Hidrokarbon jenis naften adalah yang lebih stabil apabila dibandingkan dengan hidrokarbon parafin, dikarenakan memiliki rantai atom C yang tertutup. (Mujiarto 2005). Minyak bumi dapat menghasilkan beberapa macam produk berwarna hitam hingga berwarna coklat kehitaman, yang berbentuk cair dan juga gas yang melarut didalam kandungan minyak bumi tersebut. Sifat dari minyak bumi sendiri berbeda-beda, salah satunya adalah pada kekentalan yang dimiliki. Besarnya kandungan unsur-unsur dari minyak bumi dapat ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Unsur-unsur yang Terdapat pada Minyak Bumi

Unsur	Kandungan (%.wt)
Karbon	83 % - 87 %
Hidrogen	10 % - 14 %
Sulfur	0,5 % - 6 %
Oksigen	0,5 % - 1,5 %
Nitrogen	0,1 % - 2 %
Logam	10^{-5} % – 10^{-2} %

Sumber : Mudjiardjo dkk, 2006

Pemakaian bahan lain sebagai bahan bakar cair saat ini mengalami kenaikan, seperti pada biomassa, batubara dan bahan bakar cair lain nya yang

mudah untuk terbakar, Kelebihan lain yang dimiliki oleh bahan bakar cair dibanding dengan bahan bakar padat adalah pada hasil pembakaran dan pemakaian alat yang lebih mudah. Adapun jenis-jenis dari bahan bakar cair diantara lain sebagai berikut :

1. Bensin

Bensin adalah suatu hidrokarbon berantai pendek yang berkisar antara C₄ – C₁₀ yang dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor yang berbentuk cairan bening, agak kekuning-kuningan, dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar di gunakan untuk bahan bakar di dalam mesin pembakaran. Bensin juga dapat digunakan sebagai pelarut, terutama karena kemampuan dari bensin sendiri yang dapat melarutkan cat. Sebagian besar bensin tersusun atas hidrokarbon alifatik yang di per kaya dengan iso-oktana yang terkandung di dalam nya atau benzena untuk menaikkan nilai oktan pada bensin sendiri.

2. Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium adalah bahan bakar minyak untuk kendaraan bermotor yang paling banyak di Indonesia. Premium di Indonesia paling banyak di pasarkan pada tahun 2000 hingga pada tahun 2014. Premium sendiri dipasarkan dengan harga yang relatif terjangkau karena mendapatkan subsidi dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara. Premium merupakan bahan bakar dengan nilai oktan terendah diantara bahan bakar minyak jenis lainnya untuk kendaraan bermotor yaitu dengan angka 88. Pada umumnya, premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin seperti : mobil, sepeda motor, dan lain-lain.

3. Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi dengan antara suhu 250 - 340°C yang memiliki panjang hidrokarbon antara C₁₆ – C₂₀. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang memakai mesin jenis diesel. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang, dikarenakan titik didih dari solar memiliki titik didih yang tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan

bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel.

4. Minyak Tanah

Minyak tanah atau kerosene adalah cairan hidrokarbon yang tak bewarna dan mudah untuk terbakar yang di dapat dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada suhu 150°C dan 275°C dan juga memiliki rantai karbon dari C₁₁ hingga C₁₅. Biasanya, minyak tanah di distilasi langsung dari minyak mentah membutuhkan perawatan khusus, dalam sebuah unit merox atau hidritreater, untuk mengurangi kadar belerang dan pengaratannya. Minyak tanah dapat juga di produksi oleh hidrocracker, yang digunakan untuk memperbaiki kualitas bagian dari minyak mentah yang akan bagus untuk bahan bakar minyak.

2.3.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair yang akan dipergunakan pada mesin sangat perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik nya agar hasil dari pembakaran yang dihasilkan dapat dihasilkan dengan maksimal. Sifat-sifat yang dimiliki bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah seperti berikut ini :

1. Titik Nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah suatu angka yang dapat menunjukkan suhu terendah dari bahan bakar minyak yang akan timbul nyeala api sesaat ketika pada permukaan minyak didekatkan pada api, sifat tersebut dapat dipergunakan untuk memberikan pertimbangan sebagai keamanan pada penimbunan dan pengangkutan bahan bakar, minyak terhadap bahaya kebakaran yang mungkin terjadi (Dermanto 2014).

2. Viskositas

Viskositas adalah ukuran sebuah kekentalan pada fluida yang menyatakan besar ataupun kecilnya gesekan di dalam fluida. Semakin besar nilai viskositas suatu fluida, maka fluida akan susah untuk mengalir. Viskositas pada zat cair disebabkan oleh adanya gaya kohesi antar molekul zat cair dan pada gas disebabkan oleh tumbukan antar molekul gas. Pada proses penyimpanan dan pemakaian bahan bakar minyak, viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang di utuhkan untuk *handling*, penyimpanan dan atomisasi yang optimal.

Jika minyak yang di pakai terlalu kental, maka akan mempersulit dalam proses pemompaan, sulit dalam proses penyalaan *Burner* dan juga susah untuk dialirkan. Proses atomisasi yang tidak bagus akan mengakibatkan terjadinya endapan pada karbon pada dinding atau ujung *Burner*. Maka dari itu pemanasan awal adalah hal yang terpenting. Untuk proses atomisasi yang tepat (Dermanto 2014).

3. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan angka yang dapat menampilkan jumlah panas atau kalori yang dapat di hasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara maupun oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak pada umumnya memiliki angka rata-rata antara 18.300 – 19.800 Btu/lb atau 10.160 – 11.000 kkal/kg. Nilai kalor dapat di tentukan dengan alat kalorimeter. Nilai kalor diperlukan untuk menghitung jumlah bahan bakar minyak yang diperlukan suatu mesin dalam suatu periode dan umumnya dinyatakan dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb.

4. Massa Jenis

Menurut (Kartika, 2009) Kerapatan bisa diartikan juga sebagai ukuran atau jarak antar partikel-partikel dalam suatu zat. Kerapatan didalam fluida dilambangkan dengan rho (ρ) didefinisikan sebagai massa jenis. Massa jenis merupakan pengukuran massa dalam satuan volume, Rumus untuk mengetahui massa jenis adalah seperti berikut ini :

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

Dimana :

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m= massa (kg)

V= Volume (m^3)

2.4 Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses penguraian bahan organik yang dilakukan secara thermal (*thermal decomposition*), tanpa oksigen, sedangkan produk yang

dihasilkan berupa cairan, padatan, dan gas. Pirolisis juga bisa dikatakan dengan dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara. Pirolisis adalah metode yang di pertimbangkan dan layak untuk di lakukan dengan mendegradasi material berupa polimer tanpa memerlukan oksigen. Tujuan dengan menghilangkan udara adalah untuk alasan keamanan, kualitas dari produk dan juga *yield* (Scheirs, 2006).

Secara umum pirolisis dapat menghasilkan tiga produk, yaitu gas (H_2 , H_2O , CO_2 , CO dan CH_4), tar (*pyrolytic oil*) dan arang. Paramter yang mempengaruhi kecepatan reaksi pirolisi mempunyai hubungan yang kompleks, sehinga kecepatan reaksi yang diformulasikan dapat menunjukan nilai yang berbeda (Triana, 2002). Pirolisis juga merupakan salah satu pengolahan sampah jenis plastik yang bisa mengurangi berat dan juga volume sampah, dan dapat menghasilkan produk yang lain. Produk utama yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis adalah minyak, arang, dan gas. Minyak yang di hasilkan dapat dipakai untuk zat aditif atau campuran dari bahan bakar. Arang yang dihasilkan dari proses ini dapat digunakan sebagai karbon aktif maupun digunakan sebagai bahan bakar. Dan gas yang dihasilkan dapat dibakar langsung (Chaurasia, 2005).

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis

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

1. Temperatur

Temperatur adalah variable yang sangat penting dan sangat berpengaruh pada proses pirolisis dari plastik. Temperatur mengarah pada peningkatan kemampuan dari katalis. Jika pada proses pirolisis terjadi pada peningkatan temperatur mengarah pada penigkatan pemecah ikatan. Salah satu cara untuk meningkatkan konversi dengan menaikkan temperatur, dan didapatkan hasil bahwa dengan konversi yang tinggi, maka produk utama akan terbentuk menjadi produk gas dan akan menghasilkan produk cairan yang minimal (Ramadhan, 2012).

2. Waktu

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

3. Berat Partikel

Semakin banyak jumlah partikel yang di gunakan pada proses pirolisis dapat menyebabkan hasil bahan bakar cair (tar) dan jumlah dari arang akan meningkat (Wahyudi, 2001).

4. Ukuran Partikel

Pengaruh dari ukuran partikel terhadap proses pirolisis adalah ketika semakin besar ukuran partikel maka luas dari permukaan per satuan berat yang terkena panas akan semakin kecil, sehingga dapat menyebabkan proses pirolisis menjadi relatif lama (Wahyudi 2001).

2.6 Paramter Proses Pirolisis

Menurut (Jahirul dkk., 2012) kondisi operasi proses pirolisis dibagi menjadi tiga jenis kategori yang dapat dilihat pada tabel 2.3, sebagai berikut :

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
Fast	0,5 – 10	<1	850 – 1250	576,85 – 976,85
Flash	< 0,5	< 0,2	1050 – 1300	776,85 – 1026,85

Tabel 2.3 Parameter Proses Pirolisis (Jahirul dkk., 2012)

Pada tabel 2.3 proses parameter operasi proses pirolisis dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pirolisis Lambat

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.

2.7 Hipotesis

Berdasarkan studi literatur yang didapatkan, maka diajukan hipotesis bahwa penggunaan plastik PP dapat meningkatkan volume minyak lebih besar dibanding plastik PET yang dihasilkan dari proses pirolisis. Dan semakin besar suhu serta waktu pemanasan dapat meningkatkan jumlah volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis.

2.8 Desain dan Analisis Eksperimen

2.8.1 Apakah Desain Eksperimen itu

Ilmu statistika banyak berkaitan dengan pengumpulan, penyajian dan pengambilan kesimpulan mengenai populasi berdasarkan sekumpulan data dan dapat di selesaakan dengan imu hitung peluang. Dalam hal ini analisis adalah hanya bersifat eksak saja apabila asumsi-asumsi, Pada kenyataan nya hal-hal tersebut sangat sukar dibuktikan, sehingga dalam banyak hal sering bergantung pada metoda analisis yang digunakan untuk suatu persoalan. Sering terjadi bahwa

data yang dikumpulkan ternyata kurang berfaedah untuk keperluan ini, cara yang dapat di gunakan dikenal dengan nama *desain eksperimen*, yaitu suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan.

2.8.2 Tujuan Desain Eksperimen

Desain suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang dibutuhkan dan berguna melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Penelitian hendaknya dilakukan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan. Jadi sangat jelas bahwa desain eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum.

2.8.3 Prinsip dasar Desain Eksperimen

Prinsip dasar yang lazim dikenal adalah *replikasi, pengacakan dan kontrol lokal* yang dimana sebelum memberikan penjelasan ketiga prinsip dasar tersebut terlebih dahulu akan dijelaskan pengertian tentang perlakuan, kekeliruan eksperimen dan unit eksperimen.

1. *Perlakuan*

Perlakuan diartikan sekumpulan kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup desain yang dipilih. Perlakuan dapat berbentuk tunggal maupun kombinasi.

2. *Unit eksperimen*

Dengan memasukan unit eksperimen dikenai perlakuan tunggal dalam sebuah replikasi eksperimen dasar.

3. *Kekeliruan eksperimen*

Kekeliruan eksperimen menyatakan kegagalan dari dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberikan hasil yang sama. Kekeliruan eksperimen tentu saja diusahakan agar terjadi sekecil-kecilnya.

Cara yang lazim digunakan adalah dengan mengurangi eksperimen yang

homogen, menggunakan informasi yang sebaik-baiknya tentang variabel yang telah ditentukan, menggunakan desain eksperimen yang lebih efisien.

2.8.4 F Hitung anava

Analisis anava dengan metode eksperimen faktorial dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai rata-rata efek tiap taraf ataukah tidak. Akan tetapi sering terjadinya akan menyelidiki secara bersamaan efek beberapa faktor yang berlainan. Apabila tiap faktor terdiri dari atas beberapa taraf, maka kombinasi tertentu dari taraf tiap faktor menentukan sebuah kombinasi perlakuan, Dikatakan dengan cara lain, eksperimen faktorial adalah eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu di kombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada dalam eksperimen itu.

Untuk keperluan anava, maka jumlah kuadrat-kuadrat ΣY^2 dan R_y dihitung serupa seperti dalam hal untuk dua faktor, adalah :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}^2 \text{ dengan } dk = abc n$$

$$R_y = \left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} \right)^2 / (abc n), \text{ dengan } dk = 1$$

Jumlah kuadrat-kuadrat lainnya yang diperlukan akan mudah dapat dihitung apabila data hasil observasi dipecah dan disusun dalam beberapa buah daftar, adalah daftar a x b x c, daftar a x b, a x c dan daftar b x c.

J_{abc} = Jumlah kuadrat- kuadrat untuk sel a x b x c

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (J_{ijk}^2 / n) - R_y$$

$$\text{Dengan } J_{ijk} = \text{elemen dalam sel (ijk) dari daftar a x b x c} = \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

J_{ab} = Jumlah kuaadrat- kuadrat antar sel untuk daftar a x b

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (J_{ij}^2 / c n) - R_y$$

Dengan J_{ij} = elemen dalam sel (ij) dari daftar a x b =

$$\sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} = \sum_{k=1}^c J_{kl}$$

J_{ac} = Jumlah kuadrat- kuadrat antar sel untuk daftar a x c =

$$\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c (J_{ik}^2 / b n) - R_y$$

dengan J_{ik} = elemen dalam sel (ik) dari daftar a x c

$$\sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{jl}^2 = \sum_{j=1}^b J_{jl}$$

J_{bc} = Jumlah kuadrat- kuadrat antar sel untuk daftar $b \times c =$

$$\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (J_{jk}^2 / a n) - R_y$$

Dengan $J_{jk} = \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n Y_{il} = \sum_{i=1}^a J_{ijk}$

Jumlah kuadrat- kuadrat untuk sumber variasi perlakuan A adalah

A_y = Jumlah semua nilai observasi untuk taraf ke-i faktor A

$$A_y = \sum_{i=1}^a (A_i^2 / b c n) - R_y$$

$$A_i = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{jki} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c J_{ijk} = \sum_{j=1}^b J_{ij} = \sum_{k=1}^c J_{ik}$$

Jumlah kuadrat- kuadrat untuk sumber variasi perlakuan B adalah

B_y = Jumlah semua nilai observasi untuk taraf ke-j faktor B

$$B_y = \sum_{j=1}^b (B_j^2 / a c n) - R_y \text{ dengan } dk = (b-1)$$

$$B_j = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ikl} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c J_{ikl} = \sum_{i=1}^a J_{ikl} = \sum_{k=1}^c J_{ikl}$$

Jumlah kuadrat- kuadrat untuk sumber variasi perlakuan C adalah

$$C_y = \sum_{k=1}^c (C_k^2 / a b n) - R_y \text{ dengan } dk = (c-1)$$

Dan C_k = Jumlah semua nilai observasi untuk taraf ke-k faktor C

$$C_k = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijk} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b J_{ijk} = \sum_{i=1}^a J_{ijk} = \sum_{j=1}^b J_{ijk}$$

Selanjutnya jumlah kuadrat- kuadrat interaksi adalah

$$AB_y = J_{ab} - A_y - B_y, \text{ dengan } dk = (a-1)(b-1)$$

$$AC_y = J_{ac} - A_y - C_y, \text{ dengan } dk = (a-1)(c-1)$$

$$BC_y = J_{bc} - B_y - C_y, \text{ dengan } dk = (b-1)(c-1)$$

$$ABC_y = J_{abc} - A_y - B_y - C_y - AB_y - AC_y - BC_y$$

$$\text{dengan } dk = abc (a-1)(b-1)(c-1).$$

$$E_y = \sum Y^2 - R_y - A_y - B_y - C_y - AB_y - AC_y - BC_y - ABC_y,$$

$$\text{dengan } dk = abc(n-1).$$

Sebagaimana halnya dalam desain faktorial $a \times b \times c$ dimana pengujian yang tepat ditentukan oleh sifat taraf faktor-faktor, maka dalam hal ini sifat taraf

faktor tetap dan acak akan menentukan statistik F untuk pengujian yang diperlukan.

2.8.5 Uji Hipotesis 0 pada (model tetap)

Pada uji hipotesis 0 model acak dapat diasumsikan dengan contoh adanya tiga buah populasi taraf faktor-faktor A, B dan C. Dari masing-masing populasi sebanyak a taraffaktor A, b taraf faktor B dan c taraf faktor C telah diambil secara acak. Jika semua taraf tiap faktor yang telah diambil tadi terdapat di dalam eksperimen yang dilakukan maka diperoleh model acak. Asumsi yang berlaku dalam hal model acak adalah

$$A_i = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_A)$$

$$B_j = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_B)$$

$$C_k = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_C)$$

$$AB_{ij} = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_{AB})$$

$$AC_{ik} = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_{AC})$$

$$BC_{jk} = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_{BC})$$

$$ABC_{ijk} = \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_{ABC})$$

Dengan asumsi-asumsi tersebut, maka hipotesis nol yang dapat di uji adalah

$$H_{01} = \sigma^2_A = 0$$

$$H_{02} = \sigma^2_B = 0$$

$$H_{03} = \sigma^2_C = 0$$

$$H_{04} = \sigma^2_{AB} = 0$$

$$H_{05} = \sigma^2_{AC} = 0$$

$$H_{06} = \sigma^2_{BC} = 0$$

$$H_{07} = \sigma^2_{ABC} = 0$$

Apabila EKT ini disusun dan digunakan untuk menentukan statistik F, maka semua hipotesa nol dapat di uji dengan menggunakan

$$F = AB/ABC \text{ untuk } H_{04}$$

$$F = AC/ABC \text{ untuk } H_{05}$$

$$F = BC/ABC \text{ untuk } H_{06}$$

$$F = ABC/E \text{ untuk } H_{07}$$

Sedangkan untuk $H_{01}, H_{02},$ dan H_{03} tidak ada uji eksak yang dapat digunakan.

Derajat kebebasan pembilang dan derajat kebebasan penyebut distribusi F untuk menentukan daerah kritis, masing-masing sama dengan dk pembilang dan dk penyebut tiap perlakuan yang membentuk rasio F yang di hitung.

Penjelasan :

1. Faktor A (level peningkatan temperatur)
2. Faktor B (level jenis plastik yang digunakan)
3. Faktor C (level peningkatan waktu pemanasan yang digunakan)
4. Faktor A dan B (level peningkatan temperatur dan jenis plastik)
5. Faktor A dan C (level peningkatan temperatur dan waktu pemanasan)
6. Faktor B dan C (level peningkatan jenis plastik dan waktu pemanasan)
7. Faktor A,B dan C (level peningkatan temperatur, level jenis plastik dan level waktu pemanasan).

Nilai F_{hitung} yang lebih besar daripada F_{tabel} menunjukkan bahwa variable tersebut memiliki perbedaan yang nyata terhadap volume minyak yang dihasilkan. Pada penelitian ini taraf signifikansi yang digunakan adalah 5%. Hipotesa awal (H_0) dan hipotesa alternatif (H_1) yang digunakan sebagai uji hipotesa menggunakan distribusi F

a. Tempertatur

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = temperatur pirolisis 300°C

μ_2 = temperatur pirolisis 350°C

μ_3 = temperatur pirolisis 400°C

b. Jenis Plastik

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = jenis plastik PET yang digunakan sebagai bahan pirolisis

μ_2 = jenis plastik PP yang digunakan sebagai bahan pirolisis

c. Waktu Pemanasan

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = waktu pemanasan pirolisis selama 10 menit

μ_2 = waktu pemanasan pirolisis selama 20 menit

μ_3 = waktu pemanasan pirolisis selama 30 menit

d. Temperatur dan jenis plastik

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = temperatur pirolisis yang digunakan

μ_2 = jenis plastik yang digunakan sebagai bahan pirolisis

e. Temperatur dan waktu pemanasan

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = temperatur pirolisis yang digunakan

μ_2 = waktu pemanasan pirolisis yang digunakan

f. Jenis plastik dan waktu pemanasan

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = jenis plastik yang digunakan sebagai bahan pirolisis

μ_2 = waktu pemanasan pirolisis yang digunakan

g. Temperatur, jenis plastik dan waktu pemanasan

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = temperatur pirolisis yang digunakan

μ_2 = jenis plastik yang digunakan sebagai bahan pirolisis

μ_3 = waktu pemanasan pirolisis yang digunakan

2.8.6 Uji Lanjut anava

a. Uji lanjut BNT(Beda Nyata Terkecil)

Uji anava lanjut yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan uji LSD (*Least Significance Different*) atau dikenal dengan nama lain uji BNT (Beda Nyata Terkecil) adalah metode yang digunakan untuk menentukan apakah rata-rata dua perlakuan berbeda secara statistik atau tidak. Untuk menghitung nilai BNT dibutuhkan data yang berasal dari perhitungan anava yang telah dilakukan sebelumnya yang berupa MS_E dan df_E dan tabel F hitung.

b. Uji Lanjut *Duncan*

Uji lanjut *Duncan* adalah uji lanjutan untuk mengetahui nilai tengah mana saja yang sama dan nilai tengah mana saja yang tidak sama ketika pengujian kehomogenan beberapa nilai tengah memberikan hasil menolak hipotesis nol dan menerima hipotesis alternatif.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tabung Reaktor
2. Pipa Tembaga
3. Kompor Gas
4. *Thermocouple*
5. Kondensor
6. Gelas Ukur
7. Thermo Gun

3.1.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampah Plastik jenis PET
2. Sampah Plastik jenis PP

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan Tempat untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

Waktu : Januari – Juli 2019

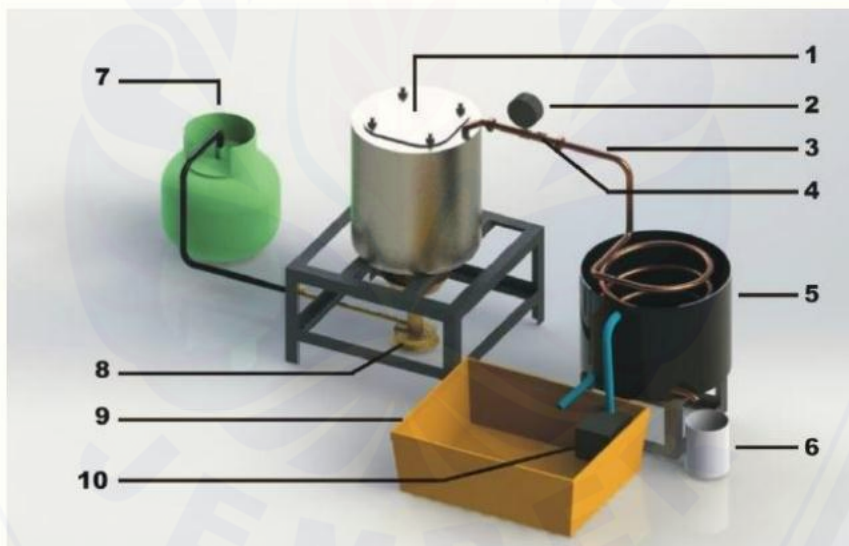
Tempat : Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas
Jember

3.3 Skema Alat

Proses pirolisis dengan bahan sampah plastik dilakukan didalam reaktor dengan pemanas berupa kompor gas. Bahan plastik yang diproses merupakan sampah plastik rumah tangga dengan tipe *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Poly Propylene* (PP) Yang akan di gunakan sebagai bahan dasar pembakaran didalam tabung reaktor. Alat yang akan di gunakan akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Tabung Reaktor
Tabung reaktor berfungsi sebagai media pemanas yang digunakan untuk merubah plastik menjadi uap dengan cara dipanaskan dengan suhu tertentu atau dapat juga disebut melalui proses pirolisis ;
2. *Pressure gauge*
Pressure gauge berfungsi untuk mengukur tekanan yang dihasilkan pada tabung reaktor ;
3. Pipa Tembaga
Pipa tembaga berfungsi sebagai penyalur uap panas yang di hasilkan dari tabung proses pirolisis yang di hubungkan dengan kondensor untuk proses kondensasi ;
4. Katup Pembuka
Katup pembuka berfungsi untuk mengatur aliran uap panas yang keluar dari reactor ;
5. Kondensor
Kondensor berbentuk tabung yang digunakan untuk mendinginkan uap hasil pirolisis menggunakan pipa tembaga dengan media pendingin berupa air ;
6. Wadah
Minyak dari hasil pendinginan yang akan mengalir dan ditampung, yang nantinya akan diuji dan dianalisa ;

7. Tabung Elpiji 3kg Pertamina
Tabung Elpiji 3kg digunakan sebagai sumber bahan bakar gas untuk memanaskan reaktor melalui pembakar ;
8. Pembakar
Pembakar berfungsi sebagai sumber api reaktor menggunakan bahan bakar berupa gas ;
9. Wadah air pendinginan
Wadah air digunakan untuk menampung air pendingin yang masuk ke tabung kondensor ;
10. Pompa Air
Pompa air berfungsi untuk memompa air dari wadah penampung menuju kondensor.



Gambar 3.1 Skema Alat Pirolisis

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Tabung Reaktor | 6. Wadah Penampung |
| 2. <i>Pressure gauge</i> | 7. Tabung Elpiji 3kg Pertamina |
| 3. Pipa Tembaga | 8. Pembakar |
| 4. Katup Pembuka | 9. Wadah Pendingin |
| 5. Tabung Kondensor | 10. Pompa air |

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Penelitian tentang pirolisis bahan plastik dari sampah rumah tangga dilakukan dengan melakukan studi literatur pada jenis reaktor lainnya yang digunakan, variasi suhu dan lama pemanasan untuk menghasilkan minyak yang digunakan untuk bahan bakar.

3.4.2 Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dosen lainnya untuk mendapatkan petunjuk – petunjuk tentang proses pirolisis bahan plastik dari sampah rumah tangga.

3.4.3 Eksperimental

Melakukan uji coba reaktor pirolisis dengan bahan plastik sampah rumah tangga yang berguna untuk memperoleh data serta dilakukan analisa

3.4.4 Analitik

Analisa terhadap minyak hasil pirolisis bahan plastik sampah rumah tangga.

3.5 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.

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan terlebih dahulu oleh peneliti sebelum melakukan penelitian dan menjadi sebab dari timbulnya variabel terikat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur pada reaktor.

a. Jenis Plastik

Plastik yang digunakan adalah jenis plastik PET dan PP.

b. Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 3 variasi, yaitu sebesar 300°C, 350°C, 400°C.

c. Waktu Pemanasan

Waktu yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 3 variasi waktu, yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit.

3.5.2 Variabel Terikat

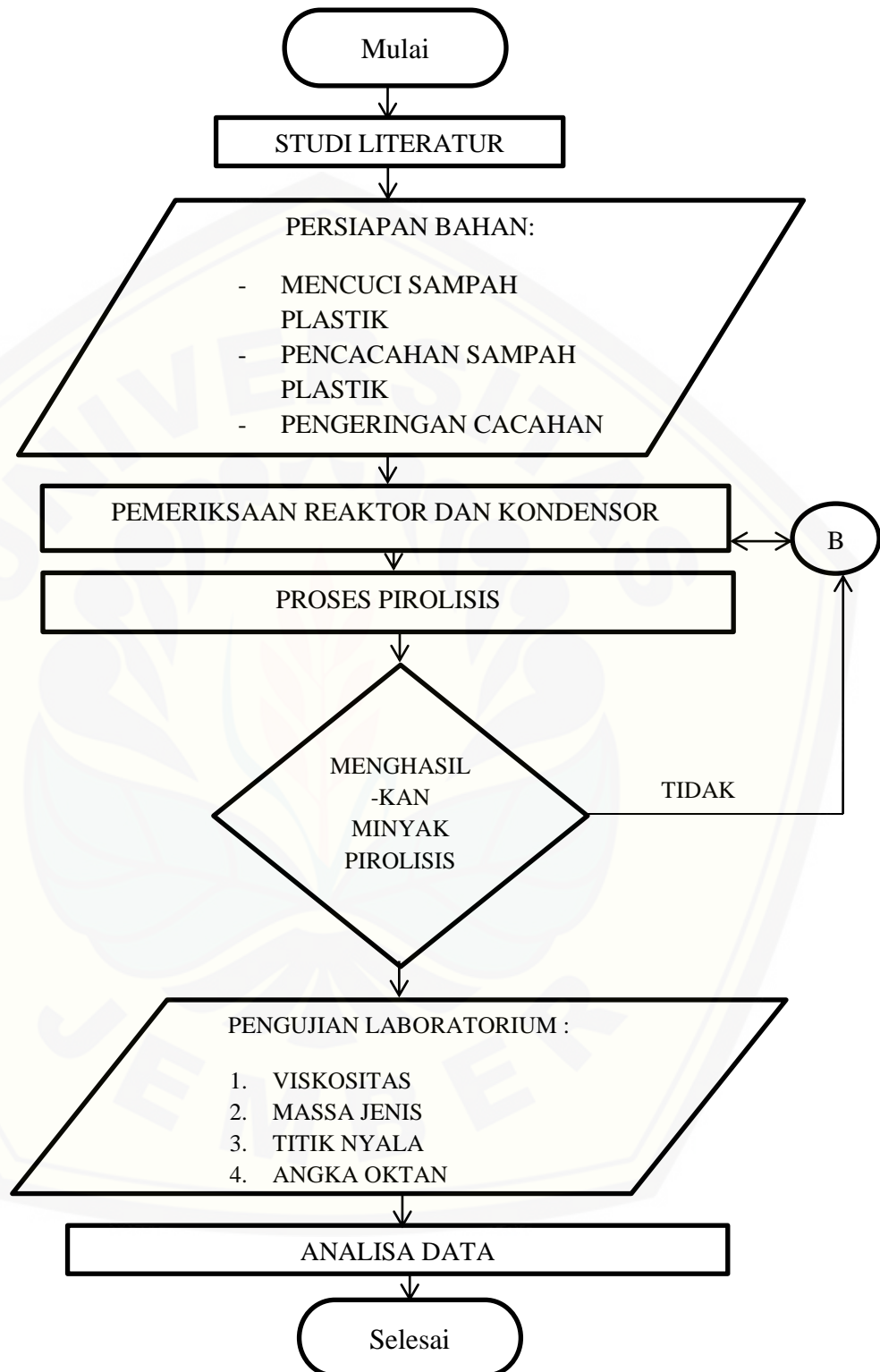
Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang besarnya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah volume minyak yang keluar setelah proses pirolisis.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan sampah plastik Jenis PET/PP dan membersihkannya;
2. Mencacah sampah plastik yang akan digunakan sebagai bahan dasar dari proses pirolisis dengan dimensi yang sama;
3. Memproses sampah plastik yang telah dicacah pada reaktor pirolisis serta dijaga panas yang digunakan ;
4. Mengumpulan data-data hasil dari proses pirolisis bahan sampah plastik;
5. Mengolah data-data yang diperoleh dari hasil pirolisis bahan sampah plastik yang dikelompokkan berdasarkan variasi temperatur dan lama pemanasan yang digunakan ;
6. Menganalisa pengaruh variasi temperatur dan lama pemanasan terhadap jumlah minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis ;
7. Melakukan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir

3.8 Pengambilan Data

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

Tabel 3.1 Contoh Pengambilan data

Bahan	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Percobaan			Volume minyak rata-rata (ml)
			1	2	3	
PET 2700 gr	300	10				
	350	10				
	400	10				
	300	20				
	350	20				
	400	20				
	300	30				
	350	30				
	400	30				
PP 2700 gr	300	10				
	350	10				
	400	10				
	300	20				
	350	20				
	400	20				
	300	30				
	350	30				
	400	30				

BAB 5 PENUTUP

a. Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapat dari eksperimen yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut :

- a. Proses pirolisis dengan plastik jenis (*polyethylene terephthalate*) PET dan (*Polypropylene*) PP yang paling banyak menghasilkan minyak adalah pada plastik (*Polypropylene*).
- b. Pengaruh variabel temperatur yang digunakan adalah jika semakin besar temperatur yang digunakan maka semakin banyak volume minyak yang dihasilkan.
- c. Pengaruh dari variabel waktu pemanasan yang digunakan yang paling banyak menghasilkan minyak pirolisis adalah selama 30 menit waktu pemanasan.
- d. Karakteristik yang di tunjukan oleh minyak pirolisis PET dan PP menunjukkan dibawah karakteristik bahan bakar Premium dengan massa jenis yang lebih ringan dan nilai oktan yang lebih rendah.

b. Saran

Usahakan mengguakan temperatur yang tinggi, agar volume minyak yang dihasilkan dapat lebih meningkat dan *dekomposisi thermal* dari sampah plastik dapat terpecah sampai habis, Pada proses pirolisis sebaiknya gunakan waktu pemanasan yang lebih lama, agar proses pirolisis dapat meghasilkan volume yang lebih banyak.

Setelah melakukan proses pirolisis di anjurkan agar melakukan penambahan unsur material yang dapat menaikkan nilai oktan agar karakteristik dari minyak pirolisis dapat lebih mendekati karakteristik dari bahan bakar premium atau lebih baik dari premium.

DAFTAR PUSTAKA

- Achilas D.S., C. Roupakias, P. Megalokonomos, A. A. Lappas, E. V. Antonakou. 2007. Chemical Recycling of Plastic Wastes made from Polyethylene (LDPE and HDPE) and Polypropylene (PP). *Journal of Hazardous Materials* 149:536-542.
- Awaluddin, A. 2007. *Proses Pencairan Langsung Biomassa Menjadi Bio-oil dengan menggunakan Thermo-Oil*. IMERE Project. HEO-IU Universitas Riau.
- Basriyanta. 2007. *Memanen Sampah*. Yogyakarta: Kanisius, 18-19.
- Basu P. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Pratical Design*. United States : Elsevier.Inc.
- Cahyono M.S. 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Volume 5. Nomor 2. Juni 2013Hal. 67-76. ISSN: 2085-1227.
- Chaurasia,A.S.,&Babu,B.V.,2005,"*Influence of product yield, Desity, Heating Conditions and Conversions on Pyrolysis of biomass*" *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 87, 305-308.
- Darni Y., H. Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan*. 7(4): 88-93.
- Jahirul M.I., M.G. Rasul, A. A. Chowdhury, N. Ashwath. 2012. Biofuels Productions through Biomass Pyrolysis. *Energies*. 5(12): 4952-5001.
- Jude A.O., N. Insura, P. T. Williams. 2009. Composition of Product from the Pyrolysis of Polyethylene and Polystyrene in A Closed Batch Reactor: Effect of Temperature and Residence Time. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 86: 293-303.
- Kristianto. 2004. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi. Hal 71-75, 83-84, 155, 157, 169-172.

- Karuniastuti N. 2013. Bahaya Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan. *Forum Teknologi* Vol. 03, No.1, Tahun 2013.
- 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.
- Landi T., Ariyanto Perancangan dan Uji Alat Pengolahan Sampah Plastik Jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. 2017. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 5, No. 1, Tahun 2017.
- Miandad R., M. A. Barakat, A. S. Aburiazaiza, M. Rehan, A.S. Nizami. 2016. Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: a Review. *Process Safety and Environmen Protection* 102: 882-838.
- Miller Jr, G.T. 1997. *Environment Science*. Sixth Edition. United States of America: Wadsworth Publishing Company. 335-346.
- Milne T.A., N. Abatzoglou, R.J. Evan. 1998. Biomass Gasifier "Tars": Their Nature, Formation and Conversion. National Renewable Energy Laboratory (NREL)
- Mujiarto I. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Edisi Desember 3(2).
- Nasrun E. Kurniawan, I. Sari. 2015. Pengolahan Limbah Kantong Platik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar menggunakan Poses Pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik* Volume IV Nomor 1 Tahun 2015.
- 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 4 maret 2019].
- Pamungkas, T.A. (2006). Iswanto: Bukan Membuang tapi Mengelola, dalam Sampah Dilema Manusia Modern dan Krisis Ekologi. *Balairung Jurnal Mahasiswa Universitas Gadjah Mada*. Edisi 39. Yogyakarta.

- Pratiwi R., W. Dahani. Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam dalam Pirolisis Limbah Plastik jenis HDPE Menjadi Bahan Bakar Cair setara Bensin. jurnal.ftumj.ac.id/index.php/semnastek. ISSN: 2407 – 1846.e-ISSN: 2460 – 8416.
- Putra H.P., Y. Yuriandala. 2010. Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 2, Nomor 1, Januari 2010, Halaman 21-31. ISSN: 2085-1227.
- Rachmawati Q., W. Herumurti. 2015. Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik . *Jurnal Teknik ITS* Vol. 4, No. 1, (2015). ISSN 2337-3539.
- Ramadhan, A., dan M. Ali. 2012. Pengolahan sampah plastik menjadi minyak Menggunakan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 4(1): 44-53.
- Sari G.L. 2017. Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.3 No.1 - September 2017(06-13).
- Sarker M., M. Rashid, M. Molla. 2011 Waste Plastic Conversion Into Chemical Product Like Napthan. *Journal of fundamentals of renewable energy and applications*.
- Savira F.L., O.Hendriyanto 2016. Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Penambahan Sampah Ranting. *Jurnal ENVIROTEK* Vol. 9 No. 2.
- Scheirs J., W. Kaminsky. 2006. *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Singgih Santoso. 2017. *Statistik Multivariat dengan SPSS*. Bandung. Penerbit: PT Elex Media Komputindo.
- Soemirat. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung: Gadjah Mada University Press.
- Sudjana. 2005. *Desain Analisis dan Eksperimen*. Edisi III. Bandung. Penrbit: TARSIITO.

Surono U.B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurnal Teknik 3(1) ISSN 2088-3676.

Surono U.B., Ismanto. 2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST). Vol. 1(1)2016:32-37, Surono et al. ISSN : 2527-3841 ; e-ISSN : 2527-4910.

Trianna N. W., M. Rochimoellah. 2002. Model Kinetika Reaksi Heterogen pada Pirolisis. Prosiding Rekayasa Kimia dan Proses. 31 Oktober – 1 November 2002. UNDIP :1411-4216.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2009. Converting Waste Plastics Into a Resource. Osaka/Shiga: Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre.

Wahyudi, 2001. Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair Dan Arang Dengan Proses Pirolisis. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UPN Veteran.

Lampiran



UNIVERSITAS AIRLANGGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
DEPARTEMEN FISIKA
LABORATORIUM FISIKA MATERIAL

Kampus C Mulyorejo Surabaya 60115 Telp 031-5936501 Fak 031 5936502
Web-site: <http://www.fsaintek.unair.ac.id> – e mail: saintek@unair.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL UJI SAMPEL
No : 11/UN3.18.7/LM/2019

Bahan uji : Cairan Polimer
Jenis Uji : Massa jenis dan viskositas
Tanggal Uji : 5 Nopember 2019
Pemilik : Yusca Alvantio P (Universitas Jember)

No	Bahan	Massa Jenis (gr/ml)	Viskositas (dPa.s)
1	PET tanpa Katalis	0,795366	0,3
2	PP tanpa Katalis	0,76039	0,3
3	PP dengan Katalis	0,769464	0,4
4	PS	0,730924	0,2
5	LDPE	0,803352	0,1

Surabaya, 6 Nopember 2019
Kalab Fisika material



CS Scanned with
CamScanner

Lampiran hasil pengujian karakteristik viskositas dan massa jenis



PT. PERTAMINA (PERSERO)

Laboratorium TBBM Surabaya Group
 Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya -
 60165 Telp : 031 - 3293886 Fax. 031 -
 3294954

ASLI

TEST REPORT

No. 051 / LAB-ITS/ EXT / XI /2019

Jenis Sample : HSD
 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember
 Alamat : Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember
 Customer Ex. :-
 No. Segel :-
 Nomor Surat : 7422/UN25.11/EP/2019
 Tanggal Surat : 29 Oktober 2019

Pengambilan Sample :-
 Jenis Pengambilan :-
 Tanggal Penerima : 19 November 2019
 Tanggal Pengujian : 19 November 2019

No.	PARAMETER UJI	UNITS	METHODE	LIMITS *)	HASIL UJI				
					LDPE (KATALIS)	PS (KATALIS)	PET	PP	PP (KATALIS)
1	Flash point PMcc	°C	ASTM D-93	Min.52	**	**	**	**	**
2	Angka Oktan	RON	ASTM D-2699	Min.20	81*	75*	68*	75*	77*

Catatan / Kesimpulan :

Hasil uji sample memenuhi Spesifikasi Dirjen Migas

**) Tidak Terbaca

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28. K/10/DJM.T/2016

Daftar Distribusi:

- Laboratorium TBBMSG (Asli)
- Pihak Internal (copy)
- Pihak Eksternal – bila diperlukan (Asli)

Surabaya, 19 November 2019

Laboratorium TBBMSG
 Pjs. Sr Spv. Quality & Quantity

(Signature)
 SYFA ALMIRA

Test Report hanya berhubungan dengan sample yang diterimakan diperiksa di Laboratorium
 Dilarang menggandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium P.T PERTAMINA (persero) TBBM Surabaya Group"

Scanned with
 CamScanner

Lampiran pengujian flash poin dan nilai oktan



Lampiran skema alat pirolisis



Lampiran char pirolisis PP



Lampiran char pirolisis PET