



**PENGARUH PENAHAN TEMPERATUR DAN KATALIS ZEOLIT ALAM
PADA PROSES PIROLISIS PLASTIK *POLYSTYRENE* DAN *LOW
DENSITY POLYETHYLENE***

SKRIPSI

Oleh

Yobi Sri Pangestu

NIM 151910101031

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





**PENGARUH PENAHAN TEMPERATUR DAN KATALIS ZEOLIT ALAM
PADA PROSES PIROLISIS PLASTIK *POLYSTYRENE* DAN *LOW
DENSITY POLYETHYLENE***

SKRIPSI

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

Oleh:

Yobi Sri Pangestu

151910101031

**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 imam asmu,i dan suminingseh 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 maimunah dan Kakak perempuan saya Leha yang telah memberikan semangat dan doa dalam menyelesaikan pendidikan.
3. Bapak Ir.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 Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. 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.

MOTTO

Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan.

(Ali Bin Abi Thalib)

Bila kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus tahan menanggung perihnya kebodohan.

(Imam Syafi'i)

“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 : Yobi Sri Pangestu

NIM : 151910101031

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, 20 Januari 2020

Yang menyatakan,

Yobi Sri Pangestu.

NIM 151910101031

SKRIPSI
PENGARUH PENAHAN TEMPERATUR DAN KATALIS ZEOLIT ALAM
PADA PROSES PIROLISIS PLASTIK *POLYSTYRENE* DAN *LOW*
DENSITY POLYETHYLENE



Oleh
Yobi Sri Pangestu
NIM 151910101031

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Francius Xaverius Kristianta, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Penahan Temperatur Dan Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Plastik Polystyrene Dan Low Density Polyethylene ” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing,
Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114199931002

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.
NIP 196501202001121001

Penguji,
Penguji I

Penguji II

Ir. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 1985011720 201212 1 001

Dr. Ir. R. Koekoeh K W., S.T., M.Eng.
NIP 19670708199 4121 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T
NIP 197008261997021001

RINGKAKASAN

Pengaruh Penahan Temperatur Dan Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Plastik *Polystyrene* Dan *Low Density Polyethylene*; Yobi sri pangestu,151910101031; 2020; 55 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pemakaian plastik dan barang-barang yang berbahan plastik semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi, industri, dan jumlah populasi penduduk. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk menguraikan bahan-bahan sampah plastik tersebut dan mengkonversikannya menjadi bahan bakar karena melihat dari sifat penyusun sampah plastik yaitu berupa hidrokarbon. Metode yang banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya menggunakan proses pirolisis yang merupakan reaksi depolimerisasi yang mana pada suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas dan sangat cocok untuk senyawa yang memiliki derajat polimerisasi yang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis, Untuk mengetahui pengaruh proses pirolisis menggunakan katalis;

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pirolisis dengan menggunakan variasi temperatur pemanasan dan lama penahanan, menggunakan katalis zeolit alam. Minyak hasil pirolisis bahan plastik *Polystyrene* dan *Low density polyethylene* dilakukan pengujian nilai kalor, viskositas, *flash point* dan angka oktan. Proses penelitian 300 gram bahan plastik *Polystyrene* dan *Low density polyethylene* dan katalis Zeolit alam 400 gram dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur 380°C dan penahan 30 menit, 40 menit dan 50 menit. Proses pirolisis dengan menggunakan bahan plastik LDPE dan katalis zeolit alam memperoleh hasil minyak terbanyak pada temperatur pemanasan 380 °C dengan lama penahan 50 menit sejumlah 50 ml. Bahan plastik PS dan katalis zeolit alam menghasilkan minyak terbanyak sejumlah 50 ml dengan temperatur pemanasan 380 °C dengan proses penahan 50 menit.

SUMMARY

Effects of Temperature Resistance and Natural Zeolite Catalysts on the Pyrolysis Process of Polystyrene Plastics and Low Density Polyethylene; Yobi sri pangestu, 151910101031; 2020; 55 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The use of plastics and plastic goods has increased along with the development of technology, industry and population. Many attempts have been made to decompose these plastic waste materials and convert them into fuel because of the nature of the compilers of plastic waste in the form of hydrocarbons. The method used in many previous studies uses the pyrolysis process which is a depolymerization reaction which at high temperatures follows a free radical mechanism and is very suitable for compounds that have a high degree of polymerization. The purpose of this study was to determine the volume of oil produced from the pyrolysis process, to determine the effect of the pyrolysis process using a catalyst;

This study uses an experimental method by pyrolysis using variations in heating temperature and holding time, using a natural zeolite catalyst. Oil from the pyrolysis of plastic materials Polystyrene and Low density polyethylene are tested for the heating value, viscosity, flash point and octane number. The research process of 300 grams of Polystyrene plastic material and Low density polyethylene and 400 grams of natural Zeolite catalyst was carried out using temperature variations of 380oC and holding for 30 minutes, 40 minutes and 50 minutes. The process of pyrolysis using LDPE plastic materials and natural zeolite catalysts obtained the most oil yield at a heating temperature of 380 ° C with 50 minutes holding time of 50 ml. PS plastic materials and natural zeolite catalysts produce the most amount of oil in the amount of 50 ml with a heating temperature of 380 ° C with a 50 minute holding proces

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat 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 Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama;
2. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
3. Bapak Ir. Adib Rosyadi S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama;
4. Dr. Ir. R. Koekoeh K W ., S.T., M.T. , selaku Dosen Pembimbing Anggota;
5. Seluruh warga Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan motivasi dan semangat;
6. Grup riset yang beranggotakan Yudan Priyo Anggono dan Yuska Alfian Tio 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.....	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sampah.....	5
2.1.1 Jenis Sampah	5
2.1.2 Karakteristik Sampah	6
2.1.3 Dampak Bagi Lingkungan.....	7
2.2 Plastik	8
2.2.1 Jenis-jenis Plastik	8
2.3 Bahan Bakar Minyak	9
2.3.1 Karakteristik Bahan Bakar Minyak.....	12

2.4	Katalis	13
2.4.1	zeolit	15
2.4.2	Kaolit	17
2.5	Katalik	18
2.6	Pirolisis	19
2.7	Proses Pirolisis	20
2.8	Hipotesis	25
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1	Alat dan Bahan	24
3.1.1	Alat.....	24
3.1.2	Bahan	24
3.2	Sekema Alat	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.4	Metode Penelitian	27
3.4.2	Konsultasi.....	27
3.4.3	Eksperimen.....	27
3.4.4	Analitik.....	27
3.5	Variabel	27
3.5.1	Variabel Bebas	28
3.5.2	Variabel Terikat	28
3.6	Prosedur Penelitian	28
3.7	Pengambilan Data	28
3.8	Diagram Alir	29
BAB 4.	PEMBAHASAN	30
4.1.	Data Hasil Penelitian Proses Pirolisis	30
4.1.1	Perbandingan Hasil Pirolisis Plastik PS dan LDPE	30
4.2	Pengujian Hasil Pirolisis	39
4.2.1	Uji Masa Jenis	39
4.2.2	Pengujian Viskositas	39
4.2.3	Pengujian <i>flash point</i>	41
4.2.4	Pengujian Angka Oktan	41

BAB 5. PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43

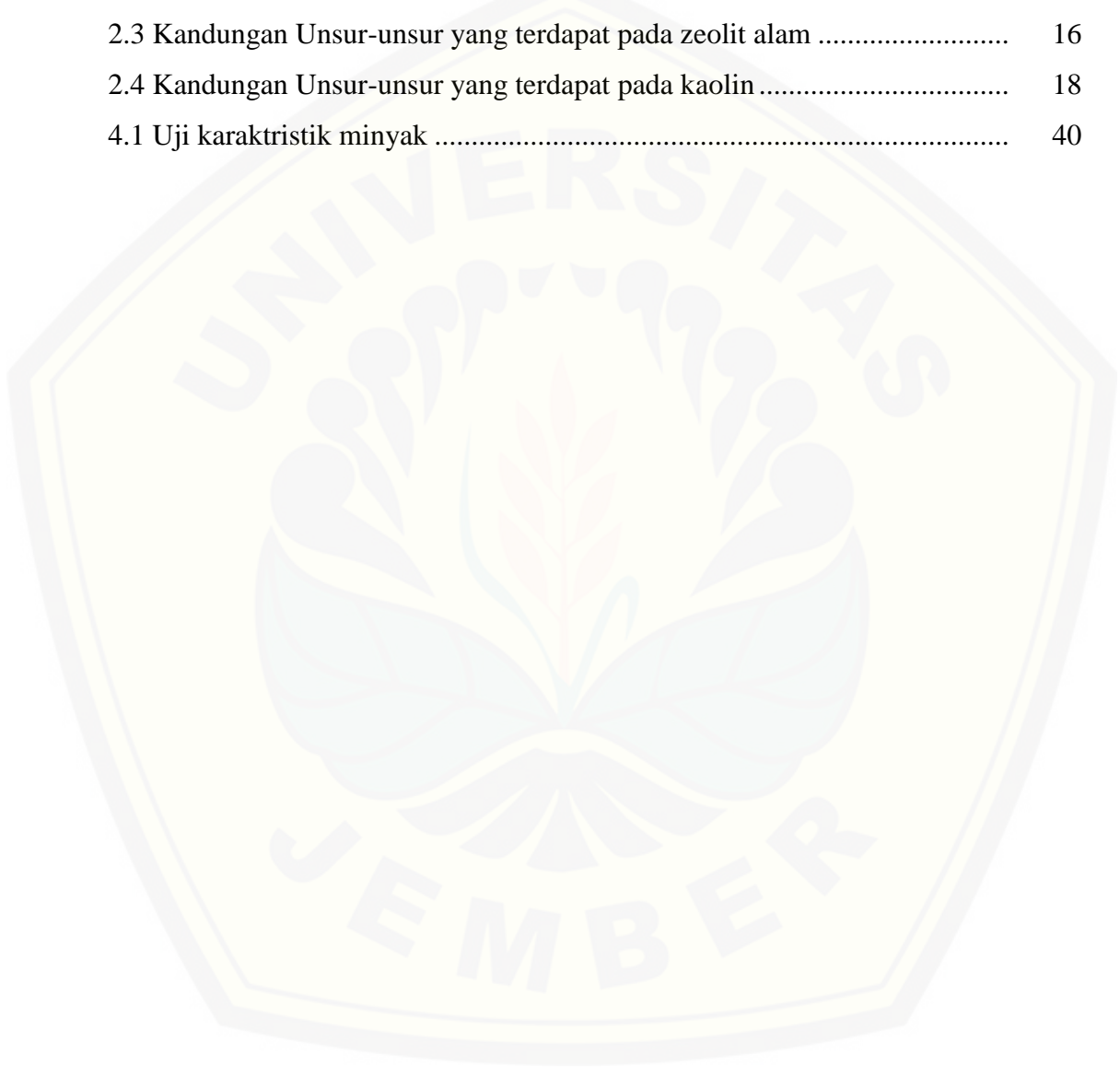
xi

DAFTAR MBAR

2.1 <i>Closed Batch Reaktor</i>	20
2.2 <i>Small Pilot scale Batch Raaktor</i>	23
3.1 Skema Alat Pirolisis	25
3.2 Diagram Alir	29
4.1 Pengambilan Hasil Pirolisis Pada Waktu Penahan 30 Menit	31
4.2 Pengambilan Hasil Pirolisis Pada Waktu Penahan 40 Menit	31
4.3 Pengambilan Hasil Pirolisis Pada Waktu Penahan 50 Menit	32
4.4 Perbandingan Pirolisis Dengan Katalis Pada Lama Penahanan 30 Menit	33
4.5 Perbandingan Pirolisis Dengan Katalis Pada Lama Penahanan 40 Menit	33
4.6 Perbandingan Pirolisis Dengan Katalis Pada Lama Penahanan 50 Menit	34
4.7 Perbandingan LDPE Menggunakan Katalis Dan non Katalis 30 Menit	35
4.8 Perbandingan LDPE Menggunakan Katalis Dan non Katalis 40 Menit	36
4.9 Perbandingan LDPE Menggunakan Katalis Dan non Katalis 50 Menit	36
4.10 Perbandingan PS Menggunakan Katalis Dan non Katalis 30 Menit	37
4.11 Perbandingan PS Menggunakan Katalis Dan non Katalis 40 Menit	38
4.12 Perbandingan PS Menggunakan Katalis Dan non Katalis 50 Menit	38

DAFTAR TABEL

2.1 Jenis-jenis plastik dan penggunaanya	9
2.2 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada minyak bumi	10
2.3 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada zeolit alam	16
2.4 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada kaolin	18
4.1 Uji karakteristik minyak	40



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kuantitas sampah di Surabaya merupakan konsekuensi logis dari perkembangan kota. Peningkatan penggunaan plastik untuk keperluan rumah tangga berdampak pada peningkatan timbunan sampah plastik. Saat ini jumlah sampah tiap harinya yang masuk di TPA Surabaya sekitar 1500 ton dan sekitar 10% - 20% merupakan sampah plastik.

Sampah merupakan material sisa dari suatu proses pemakaian atau pembuatan yang tidak diinginkan. Berdasarkan sifatnya sampah dibedakan menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah non-organik. Banyak permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari sampah. Sampah plastik merupakan penyumbang terbanyak dari sampah di dunia yang mencemari lingkungan baik darat maupun perairan. Surabaya menduduki peringkat ke-2 dalam menghasilkan sampah plastik di dunia.

Sampah plastik merupakan sampah non-organik yang sulit untuk diurai oleh alam, butuh waktu yang lama bagi sampah plastik untuk terurai oleh alam. Sehingga banyak sampah plastik yang bertumpuk menghasilkan beberapa kerugian baik bagi alam maupun bagi manusia seperti contohnya bau tidak sedap yang dihasilkan oleh penumpukan sampah plastik, sampah plastik yang dibuang disungai akan dialirkan menuju lautan lepas yang akan mencemari air, membunuh hewan laut dan merusak ekosistem laut, sampah plastik yang dibakar menghasilkan beberapa gas yang berbahaya bagi kesehatan seperti karbon dioksida(CO_x), sulfur dioksida (SO_x) dan nitrogen dioksida(NO₂) (Aprian, dan Munawar 2011).

Perlu adanya alternatif proses daur ulang yang lebih menjanjikan dan berprospek ke depan. Salah satunya mengonversi sampah plastik menjadi minyak. Hal ini bisa dilakukan proses pemanasan dengan oksigen yang sedikit, yang akan merubah rantai polimer untuk menguraikan bahan plastik yang dinamakan dengan proses pirolisis baik menggunakan katalis maupun tidak (Rodiansono dkk,2007), merupakan salah satu upaya dalam mendaur ulang sampah plastik yang menumpuk dan mencemari lingkungan.

Hasil akhir dari proses pirolisis ini adalah arang sisa pembakaran dan minyak dari proses kondensasi gas selama proses pirolisis. Minyak hasil pirolisis ini akan menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang saat ini masih banyak digunakan baik dalam lingkup industri maupun dalam lingkup sehari-hari.

Pirolisis adalah reaksi depolimerisasi dengan suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas dan cocok untuk senyawa yang memiliki derajat polimerisasi yang tinggi. Reaksi tersebut melalui tiga tahapan yaitu, pemanasan, perambatan, dan penghentian (Sabarodin dan Dewanto, 1998). Thermal Cracking merupakan proses pirolisis dengan cara memanaskan polimer plastik tanpa oksigen. Hasil dari proses ini yaitu arang dari hasil pemanasan, lalu cairan yang disebut minyak sebagai hasil dari kondensasi gas, serta gas yang tidak bisa terkondensasi. Suhu yang digunakan dalam proses ini adalah 350-900 °C (Surono, 2013). Pada proses pirolisis penambahan katalis dipakai oleh beberapa peneliti, fungsi dari katalis yaitu mengurangi kebutuhan energi, mengurangi waktu reaksi, dan memperbaiki kualitas produk keluarannya. Katalis juga dapat mendorong selektivitas produk akhir. Beberapa jenis katalis yang biasa digunakan peneliti yaitu silika alumina, fluid catalytic cracking (FCC), zeolit Y, HZSM-5, MCM-41, dan zeolit alam (Syamsiro dkk, 2011).

Jenis bahan plastik yang dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan bahan bakar minyak PolyStyrena (PS), PolyEthylene Terephthalate (PET), High Density PolyEthylene (HDPE), dan PolyVinyl Chloride (PVC), Low Density PolyEthylene (LDPE), dan PolyPropylene (PP). Biasanya ditemukan pada bahan baku untuk 3 pembuatan mainan anak-anak, barang elektronik, wadah makanan, bahan baku botol air mineral, bahan baku pembuatan kantong kresek, dan bahan baku gelas air mineral (Miandad dkk., 2017).

Pada penelitian Miandad dkk. (2017) dengan tipe bahan plastik yang digunakan PS, PP, PE, melakukan penelitian dengan cara mencampur bahan plastik seperti penyampuran antara PS/PP, PS/PE, PP/PE, PS/PE/PP, PS/PE/PP/PET.

Serta melakukan proses pirolisis plastik tersebut dengan memakai katalis zeolit alam dan sintetis, temperatur yang di gunakan tetap pada 450°C, dengan hasil tertinggi pencampuran katalis alam dengan bahan plastik PS hasil minyak sebanyak 54 % sedangkan dengan katalis sintetis pada PS hasil minyak sebanyak 50 % , dan hasil tertinggi percobaan dengan menggunakan katalis sintetis bahan plastik campuran antara PS/PP/PE hasil minyak sebanyak 60 % sedangkan dengan katalis alam pada bahan plastik PS/PP/PE hasil minyak sebanyak 38%. Pada percobaan yang lain oleh Devy.,dkk. (2018) beliau melakukan penelitian pirolisis dengan katalis bertipe HZSM-5:Al-MCM-41 dengan metode two-stage yang menghasilkan bahan bakar bernilai variatif di setiap perbandingannya. Penelitian pirolisis juga di lakukan oleh Dicky Kurnia R. (2018) beliau meneliti sampah plastik rumah tangga bertipe PolyStyrene (PS) dan Low Density PolyEthylene (LDPE) dengan variasi temperatur dan lama pemanasan sehingga memperoleh hasil minyak terbanyak senilai 212 gram pada penggabungan 70% PS dan 30% LDPE pada suhu 250°C dan waktu 50 menit.

Jadi dari penelitian di atas dapat di lakukan penelitian selanjutnya yaitu tentang penelitian pirolisis sampah plastik bertipe *polystyrene* (PS) dan *highdensity polyethylene* (LDPE) dengan menggunakan temperatur senilai 350-380°C selama 30, 40, dan 50 menit dengan menggunakan metode katalisasi di luar tabung menggunakan katalis berjenis zeolit alam.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitan ini adalah sebagai berikut :

- a. Berapa volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik ?
- b. Bagaimana pengaruh minyak penggunaan katalis yang dihasilkan ?
- c. Bagaimana pengaruh temperatur panas reaktor terhadap volume minyak yang dihasilkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dilakukannya penelitian ini:

- a. Untuk mengetahui volume minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis.
- b. Untuk mengetahui pengaruh proses pirolisis menggunakan katalis.
- c. Dapat mengidentifikasi pengaruh waktu pemanasan dengan katalis luar tabung reaktor terhadap jumlah hasil keluaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan manfaat yang didapat dari penelitian ini:

- a. Dapat mengurangi sampah plastik yang berada dilingkungan sekitar dan mengubahnya menjadi suatu sumber energi terbarukan.
- b. Mendapat informasi tentang pengaruh yang dihasilkan oleh pemakaian katalis diluar tabung pada proses pirolisis
- c. Mendapat informasi tentang pengaruh yang dihasilkan oleh penggunaan katalis terhadap minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah yang melingkupi:

- a. Tidak ada perhitungan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi.
- b. Tidak membahas atau menjelaskan unsur unsur kimia.
- c. Tekanan udara awal pada reaktor pembakaran sama dengan tekanan udara atmosfer.
- d. Tidak membahas tentang jumlah penggunaan energi selama melaku proses pirolisis.
- e. Debit air pendingin pada tahap kondensasi tetap.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah merupakan hasil sisa dari suatu proses atau aktivitas manusia yang tidak diinginkan atau tidak berguna kembali baik dalam dunia industri maupun dalam kehidupan rumah tangga sehari-hari baik dalam bentuk padat, cair, maupun gas. Meskipun dianggap tidak berguna kembali sampah dapat didaur ulang kembali menjadi suatu barang atau energi tertentu yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari dan dijadikan bahan baku (Damanhuri.,2010).

2.1.1 Jenis Sampah

Jenis-jenis sampah pada umumnya dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Sampah organik

Sampah Organik, yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, dan daun-daun kering. Sampah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos. Contohnya adalah Daun, kayu, kulit telur, bangkai hewan, bangkai tumbuhan, kotoran hewan dan manusia, Sisa makanan, Sisa manusia. kardus, dan kertas.

2. Sampah Anorganik

Sampah Anorganik, yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol, gelas minuman, kaleng, dan kayu. Sampah ini dapat dijadikan sampah komersial atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa sampah anorganik yang dapat dijual adalah plastik wadah pembungkus makanan, botol, gelas bekas minuman, kaleng, kaca, dan kertas, baik kertas koran, HVS, maupun karton (Basriyanta,2007).

1.1.2 Karakteristik sampah

Berdasarkan karakteristik sampah yang ada maka dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

1. Sampah Basah

Sampah basah ini mudah mengalami pembusukan yang disebabkan oleh aktivitas organisme yang dimana pada dasarnya merupakan sampah padat semi basah dan memiliki rantai kimia yang pendek dan biasanya berupa bahan organik seperti kulit buah buahan, sayuran dan hasil sisa dapur (Soemirat.,2000).

Menurut Kusnopranto (2000) sampah jenis ini terdiri dari hasil pengolahan, persiapan, pembuatan, dan penyediaan makanan yang tersusun dari zat zat yang mudah mengalami pembusukan dikarenakan kandungan air bebas seperti contohnya berasal dari bahan bahan hewani maupun pertanian.

2. Sampah kering

Sampah Kering adalah sampah yang berasal dari sisa bahan/ material yang tidak bisa atau sulit dihancurkan secara alami oleh alam. Yang dimana jenis sampah ini dibagi lagi menjadi dua jenis berdasarkan kegiatan masyarakat yaitu yang mudah terbakar seperti kertas, dan kardus yang sulit untuk terbakar seperti kaca, besi, dan aluminium.

Undang undang Negara nomor 18 tahun 2008 mengatur tentang pendaur ulangan sampah yang menjelaskan tentang aktivitas yang sistematis dan menyeluruh yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah yang tidak hanya mencakup tentang pengolahan sampah secara teknis tetapi juga non-teknis yang mengatur bagaimana cara dan berapa biaya yang disediakan untuk mengolah sampah atau mendaur ulang sampah untuk masyarakat agar aktif dalam mendaur ulang sampah.

Sampah jenis plastik merupakan sampah yang paling berpotensi dalam merusak lingkungan karena sulit untuk diurai oleh alam, maka jika masyarakat terus menghasilkan sampah plastik terus menerus akan menimbulkan masalah baik untuk masyarakat maupun untuk alam. Apabila sampah plastik tidak didaur ulang sebagaimana mestinya, contohnya dibakar seperti yang masyarakat pada umumnya

lakukan akan menghasilkan zat atau partikel yang berbahaya bagi kesehatan masyarakat itu sendiri.

2.1.3 Dampak Bagi Lingkungan

Semakin banyak aktivitas masyarakat dan industri maka akan semakin banyak juga sampah yang dihasilkan baik dari sampah rumah tangga maupun sampah industri. Bila ini terus berlanjut maka sampah akan terus bertumpuk. Maka dari itu akan menimbulkan beberapa masalah bagi lingkungan yang mempengaruhi kesehatan dan kehidupan manusia seperti :

- A. Sampah yang dibuang kesungai akan mengganggu aliran air sungai yang dimana akan menyumbat aliran air yang berpotensi menghasilkan banjir serta polusi air, selain itu sampah yang dibuang kesungai akan mengalir menuju perairan terbuka seperti laut yang dimana akan mengganggu ekosistem laut karena bisa membunuh beberapa hewan maupun terumbu karang.
- B. Sampah yang cara pembuangannya dikubur akan menghasilkan aliran air dari permukaan tanah menuju dalam tanah akan terganggu dan tidak lancar serta menghasilkan polusi tanah yang akan mengganggu pertumbuhan tanaman.
- C. Sampah yang dibakar akan menghasilkan gas atau asap terutama sampah plastik, yang akan menghasilkan beberapa gas berbahaya bagi kesehatan yang bisa menyebabkan penyakit seperti kanker, dan bronchitis. Pada saat ini cara yang paling sering digunakan dalam mengolah limbah plastik adalah *reuse*, *reduce*, dan *recycle*, *reuse* adalah memakai kembali barang barang yang terbuat dari plastik, *reduce* adalah mengurangi pemakaian barang barang yang terbuat dari bahan plastik, dan *recycle* adalah pendaur ulangan barang barang berbahan plastik menjadi barang yang sama atau barang yang berbeda yang dapat dipakai kembali.

2.2 Plastik

Plastik merupakan salah satu material yang tersusun dari rantai molekul yang panjang yang terbentuk dari proses polimerisasi dan memiliki berat molekul yang cukup besar, yang terdiri dari karbon, hidrogen dan molekul molekul atom lainnya yang dibentuk melalui proses manufaktur yang terdiri dari empat cara yaitu injection molding, ekstrusi, thermoforming , dan blow molding (Mujiarto 2005). Plastik sendiri tidak dapat ditemukan di alam. Plastik dapat digunakan dalam berbagai macam bentuk dan kebutuhan seperti contohnya kantung plastik, prabot rumah , dan steroform. Karakteristik dari plastik adalah mudah dibentuk, kuat, ringan dan beberapa jenis plastik dapat menahan panas dan bahan kimia tertentu.

Plastik dibedakan menjadi dua menurut sifatnya yaitu thermoplastik yang merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan proses pemanasan ulang dan thermoset yang merupakan plastik yang tidak dapat didaur ulang kembali karena apabila dilakukan pemanasan ulang maka akan merusak molekul pembentuk plastik jenis ini. Maka berdasarkan sifat sifat nya plastik yang sering dipakai yaitu jenis thermoplastik yang dapat dipakai atau didaur ulang kembali yang diberi kode agar mudah dalam mengidentifikasi dan membedakannya (Kurniawan dan Nasrun ,2015).

2.2.1 Jenis jenis plastik

Ada berbagai macam jenis plastik. Plastik yang digunakan sebuah botol tentu berbeda bahan dengan plastik untuk membuat mangkuk atau sebuah piring plastic, kursi, sedotan, dan pipa paralon. Untuk mengetahui jenis plastik yang digunakan sebagai material dari produk dapat dilihat dengan kode-kode plastiknya. Kode-kode tersebut dibagi menjadi 7 jenis kode. Setiap kode tersebut memiliki fungsi dan kegunaan masing-masing seperti yang dipaparkan di Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis-jenis plastik, kode, dan penggunaannya

Jenis-jenis plastik	Karakteristik dan contoh
PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>)	Botol minum ringan, botol air mineral, bahan pengisi kantong tidur/bantal, dan serat textile.
HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	Kantong plastik, botol sampo, botol susu, dan kantong plastik.
PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Botol <i>juice</i> , kotak pupuk, pipa saluran, selang taman, sol sepatu, kantong darah, dan tabung.
PS (<i>poystyrene</i>)	Wadah pop mie, cangkir minum panas, meja plastik, wadah makanan, dan pengepakan
PP (<i>polypropylene</i>)	Kemasan berpendingin, bungkus makanan, kantong , dan sedotan.
LDPE (<i>low density</i>)	Kotak <i>ice cream</i> , kantong sampah, dan kantong plastik.
<i>Other</i> (O), jenis plastik	Termasuk plastik lainnya, <i>acrylic</i> dan <i>nylon</i>

(Putra.,dkk 2010)

2.3 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar cair yang dihasilkan dari penyatuan senyawa hidrokarbon dari alam atau buatan, pada umumnya berasal dari minyak bumi yang memiliki warna hitam atau coklat kehitam-hitaman. Minyak bumi adalah senyawa yang berasal dari perut bumi yang dikelompokkan menjadi hidrokarbon paraffin. Minyak bumi memiliki beberapa sifat seperti kekentalan yang dimiliki. Minyak bumi memiliki beberapa unsur seperti yang dipaparkan di 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 : Mudjirahardjo,2006

Berdasarkan sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar yaitu bahan yang bila dibakar akan dapat meneruskan pembakara dengan sendirinya dengan melepas atau mengeluarkan kalor. Bahan bakar minyak digunakan untuk menjadikan energi yang menghasilkan kerja mekanik secara terkendali. Kelebihan dari bahan bakar cair adalah hasil pembakan dan alat pembakar yang lebih mudah dibanding dengan bahan bakar lainnya. Penggunaan bahan bakar selain bahan bakar cair pada saat ini mengalami kenaikan, seperti biomasa, batu bara, dan bahan bakar lain yang mudah terbakar. Jenis dari bahan bakar cair dapat bibedakan menjadi:

1. Bensin

Bensin merupakan bahan bakar cair yang paling sering digunakan dalam kehidupan, pada umumnya bensin digunakan untuk bahan bakar kendaraan yang berasal dari pengolahan bahan minyak bumi, selain itu bensin juga dapat digunakan sebagai pelarut yang dimana bensin disini memiliki kemampuan untuk melarutkan seperti cat. Bensin disusun dari hidrokarbon alifatik yang ditambahkan dengan iso-oktana untuk memperkaya oktan pada bensin, maka dari itu bensin dapat dibedakan lagi menjadi beberapa produk yang dihasilkan seperti :

- a. Premium : Memiliki warna kekuningan, memiliki nilai oktan terendah dari bensin yang lainnya yaitu 88, pada umumnya digunakan pada kendaraan bermotor seperti mobil, dan sepeda motor.
- b. Pertalite : Memiliki warna biru-kehijauan, memiliki nilai oktan sebesar 90.
- c. Pertamina : memiliki warna biru dan memiliki angka oktan sebesar 92.
- d. Pertamina Plus : memiliki warna merah dan memiliki angka oktan sebesar 95.

Bilangan oktan atau disebut juga *octane number* merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam bensin. Nilai bilangan 0 ditetapkan sebagai untuk n-heptana yang sangat mudah terbakar, dan nilai 100 untuk isooktana yang tidak mudah terbakar. Suatu campuran 30 n-heptana dan 70 isooktana akan mempunyai bilangan oktan.

2. Minyak tanah

Minyak tanah merupakan cairan hidrokarbon yang tidak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dengan proses distilasi fraksional dari petroleum di suhu 150°C. minyak tanah bisa digunakan untuk bahan bakar lemari yang digunakan untuk penerangan serta bahan bakar pengganti dalam bidang dapur sebagai pengganti gas LPG. Minyak tanah dapat diproduksi oleh hydrocracker yang digunakan untuk memperbaiki kualitas minyak mentah untuk bahan bakar minyak.

3. Solar

Solar terbuat dari pemanasan minyak bumi pada suhu 250°C sampai 340°C. solar biasa dipakai sebagai bahan bakar kendaraan mesin diesel. Solar mengandung belerang karena titik didih yang tinggi. Kualitas ditentukan dengan bilangan setana berbeda dengan bahan bakar bensin, yang merupakan kemudahan minyak solar untuk terbakar. Minyak solar dapat dicampur lagi menggunakan bahan organik atau non-organik yang akan menjadi bio-solar yang dimana pembakarannya lebih mudah akan tetapi meninggalkan sisa pembakaran seperti kerak yang lebih banyak dibandingkan dengan minyak solar murni.

2.3.1 Karakteristik bahan bakar minyak

Bahan bakar yang akan dipergunakan pada mesin bakar haruslah diketahui karakteristiknya terlebih dahulu, agar hasil pembakaran yang didapat menjadi maksimal. Berikut ini merupakan sifat-sifat atau karakteristik yang dimiliki oleh bahan bakar cair yang perlu diketahui seperti :

1. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala merupakan suatu angka yang menunjukkan suhu terendah yang dimiliki oleh bahan bakar minyak yang akan menimbulkan nyalanya api pembakaran. Sifat ini digunakan untuk pertimbangan keamanan pada penimbunan dan pengangkutan bahan bakar minyak dari kemungkinan terjadinya kebakaran.

2. Nilai kalor

Merupakan nilai yang menampilkan jumlah panas atau kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran. Nilai kalor pada umumnya berkisar pada angka 18.300- 19.800 Btu/lb atau 10.160-11.000 kkal/kg. nilai kalor diperlukan oleh mesin dalam suatu periode yang pada umumnya dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb.

3. Massa jenis

Kerapatan diartikan juga dengan ukuran atau jarak antar partikel dalam suatu zat. Kerapatan dilambangkan dengan ρ yang didefinisikan sebagai massa jenis. Massa jenis adalah pengukuran massa dalam satuan volume, yang memiliki rumus :

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

Dimana :

ρ = massa jenis (kg/m³)

m = massa (kg)

v = volume (m³)

4. Viskositas

Ukuran kekentalan dari bahan bakar minyak yang menyatakan besar atau kecilnya gesekan pada fluida. Semakin besar nilai viskositas bahan bakar maka akan semakin sulit untuk mengalir. Karakteristik ini disebabkan karena gaya kohesi antar molekul zat cair dan gas yang disebabkan oleh tumbukan molekul gas. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal untuk penyimpanan dan atomisasi yang optimal. Jika terlalu kental maka akan semakin sulit bagi mesin untuk melakukan pembakaran karena sulit pada saat pemompaan bahan bakar, dan apabila proses atomisasi tidak terlalu bagus akan berakibat pada saat pembakaran yang akan menghasilkan endapan karbon. Maka dari itu dibutuhkan pemanasan awal agar proses atomisasi menjadi tepat. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dari viskositas adalah:

- a. Tekanan : viskositas bahan bakar minyak akan naik apabila terjadi penekanan, sedangkan viskositas tidak dipengaruhi oleh tekanan.
- b. Ukuran dan berat molekul : viskositas bahan bakar akan meningkat dengan naiknya massa atau berat dari molekul, serta nilai viskositas akan naik apabila ikatan rangkap antar molekul semakin banyak
- c. Konsentrasi larutan : viskositas akan semakin tinggi apabila konsentrasi larutan yang tinggi, karena konsentrasi larutan merupakan seberapa banyak partikel yang terlarut setiap satuan volumenya, dengan kata lain semakin banyak partikel maka akan semakin tinggi juga viskositas bahan bakar minyak.

2.4 Katalis

Katalis merupakan suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat laju reaksi tetapi bahan tersebut tidak berubah karena reaksi yang terjadi. Cara kerja dari katalis adalah membantu reaksi dan menurunkan temperatur serta berperan sebagai penyalin agar didapat hasil yang lebih bersih serta lebih murni dan juga mempercepat reaksi tanpa mengalami perubahan komposisi kimianya. Dalam

pemilihan katalis untuk digunakan ada beberapa karakteristik yang perlu diperhatikan seperti :

1. Pori

Pori yang terdapat pada katalis akan menyediakan tempat untuk terjadinya reaksi. Semakin banyak dan semakin sama ukuran yang dimiliki oleh pori katalis akan mengakibatkan semakin cepat suatu reaksi dan menghasilkan rantai karbon yang seragam.

2. Kemampuan tahan panas

3. Katalis memiliki temperatur kerja yang maksimal, tergantung kepada komposisi penyusun katalis itu sendiri. Jika terlalu tinggi maka tidak akan mampu untuk mereaksi.

4. Luas permukaan

Luas permukaan yang dimiliki katalis berhubungan dengan pori yang dimiliki bahan katalis, semakin luas permukaannya maka semakin banyak juga yang dimiliki oleh katalis.

5. Tingkat kristalisasi

Tingkat kristalisasi berhubungan dengan tingkat keasaman katalis, asam membantu proses pemutusan rantai karbon yang pada awalnya panjang menjadi lebih pendek.

6. Sisi aktif.

Sisi aktif berhubungan dengan tingkat kristalisasi pada katalis. Semakin terkristalisasi katalis maka semakin banyak sisi aktif pada katalis. Pada sisi aktif terdapat asam yang dapat membantu proses reaksi, sisi aktif ini terdapat di pori katalis yang membantu reaksi yang terjadi dan mempengaruhi kemampuan aktivitas pada katalis.

Menurut Lestari dan Edianti (2011) kemampuan katalis untuk membantu reaksi dapat diukur dari dua hal, yaitu:

1. Aktivitas

Aktivitas diukur melalui seberapa banyak hasil produk yang dihasilkan setelah reaksi berjalan dengan adanya penambahan katalis.

2. Selektifitas

Selektifitas diukur dari banyak produk utama yang didapatkan dengan meminimalisir produk sampingan yang dihasilkan.

Terdapat beberapa jenis katalis yang terdapat di alam yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi. Menurut Lestari dan Edianti (2012) kelemahan pada katalis alam adalah adanya zat pengotor yang terdapat pada bahan katalis yang perlu untuk dibersihkan sebelum digunakan agar mempermudah, meningkatkan, dan mengefisienkan penggunaannya, setelah dibersihkan dari zat pengotornya maka bahan katalis akan dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan. Proses ini dapat menghasilkan tingkat asam yang terdapat pada katalis yang dimana tingkat keasaman ini membantu dalam proses yang mempercepat reaksi yang terjadi. Berikut ini merupakan jenis-jenis katalis alam yang tersedia yaitu :

2.4.1 Zeolit

Zeolit merupakan mineral alam yang memiliki kandungan utama silika dan alumina yang mengandung kation alkali dan alkali tanah. Katalis jenis ini memiliki sifat mudah melepas air pada saat dipanaskan, tetapi mudah mengikat air pada udara karena dari itu katalis jenis ini banyak digunakan sebagai bahan pengering. Katalis zeolit ini dibagi menjadi dua macam yaitu :

a. Zeolit alam

Katalis zeolit alam banyak ditemukan pada sekitar gunung berapi dan pada daerah sumber air panas. Zeolit alam terbentuk dari perubahan bebatuan vulkanik yang biasanya masih tercampur dengan mineral alam seperti gipsum, kuarsa dan kalsit.

b. Zeolit sintetik

Katalis zeolit sintetis dibuat dengan cara memodifikasi susunan atom atau komposisi penyusun agar sesuai dengan hasil yang diinginkan. Zeolit sintetis dibuat dengan proses termal dari senyawa alumina, silika, dan logam alkali.

Zeolit alam pada umumnya terbentuk dari beberapa unsur seperti yang dipaparkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada zeolit alam

Unsur	72,6%
SiO ₂	12,4%
Fe ₂ O ₃	1,19 %
Na ₂ O	0,45 %
TiO ₂	0,16 %
MgO	1,15 %
K ₂ O	2,17%
CaO	3,56%
Lain	6,32%

Sumber : Yuliusman dkk, 2009

Menurut karima(2012) terdapat karakteristik zeolit yaitu :

a. Sifat dehidrasi zeolit

Sifat ini mempengaruhi terhadap sifat adsorpsi. Zeolit mampu melepaskan molekul air dari rongga permukaan yang berinteraksi dengan molekul teradsorpsi. Jumlah air yang diserap berbanding lurus dengan jumlah pori yang dimiliki atau jumlah volume pori zeolit. Pori-pori ini terbentuk dari proses pemanasan.

b. Sifat adsorpsi

Pori pada permukaan zeolit akan terisi oleh oleh molekul air yang dimana pada saat dipanaskan, molekul air akan menguap dan zeolit dapat berfungsi kembali dalam menyerap air dan gas.

c. Sifat katalis

Zeolit dapat digunakan sebagai katalis pada reaksi katalik. Zeolit memiliki pori yang berongga yang membentuk saluran. Pada saat terjadi proses katalis maka pada pori dan rongga disini akan terjadi proses difusi molekul.

d. Sifat penyaring

Zeolit memiliki sifat yang dapat menyaring dan membersihkan pengotor seperti air dari campuran uap berdasarkan ukuran, bentuk, massa, dan polaritas dari molekul yang disaring, yang memberikan hasil yang lebih bersih dan lebih murni.

e. Sifat penukar ion

Zeolit memiliki kemampuan untuk menukar ion yang bergatung terhadap banyaknya kation tukar pada zeolit. Sifat ini bergantung juga terhadap ukuran pori dan rongga yang dimiliki oleh zeolit. Semakin besar pori dan rongga pada zeolit maka semakin tinggi sifat penukaran ion yang dimiliki oleh zeolit. Semakin kecil volume dari ion, akan semakin cepat laju penukaran ion yang terjadi, serta semakin tinggi temperatur maka semakin cepat pula penukaran ion yang terjadi.

2.4.2 Kaolin

Kaolin pada umumnya digunakan sebagai kerajinan keramik, dan genteng, Menurut Nelson (2001) kaolin memiliki kandungan besi yang sedikit. Pada umumnya berwarna putih kecoklatan. Dalam bidang industri kaolin digunakan sebagai pembuatan kertas, serta kaolin dapat digunakan sebagai pembuat tawas atau aluminium sulfat.

Kaolin memiliki nilai plastis yang tinggi bila basah yang mengeras apabila kering. Jenis katalis ini memiliki kapasitas penukaran ion sebesar 5 – 15 meq/100 gram. Kaolin juga memiliki daya penghantar panas yang cukup rendah. Kekerasan yang dimiliki katalis jenis ini yaitu skala 2,5 skala mohs dengan berat jenis 2,6 – 2,63 gram/cc. Menurut Jalaludi (2005) kaolin memiliki unsur-unsur pembentuk seperti yang dipaparkan pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Kandungan Unsur-unsur yang terdapat pada kaolin

Unsur	Jumlah (%)
Silika(SiO ₂)	61,43
Alumina (Al ₂ O ₃)	18,99
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	1,22
Kalsium Oksida (CaO)	0,84
Sulfur Trioksida (SO ₃)	0,01

Sumber : Jalaludin dkk, 2005.

2.5 Katalik (*catalic cracking*)

Penambahan katalis pada proses pirolisis memberikan beberapa keuntungan pada hasil dari prosesnya. Kualitas hasil bahan bakar yang dihasilkan lebih baik dan lebih murni saat melakukan proses penambahan katalis. Penggunaan katalis dengan metode cracking bahan akan menghasilkan reaksi pada suhu yang lebih rendah sehingga energi yang digunakan akan semakin rendah (Achilias dkk,2007). Penggunaan katalis juga membuat pemecahan rantai polimer lebih cepat dan hasil produk lebih baik dibanding dengan metode pemecahan secara termal (Aguardo dkk, 1997). Menurut Kyong-H(2003) hasil produk cair lebih banyak terbentuk dengan menggunakan katalis. Dan apabila waktu reaksi lebih singkat maka hasil produk memiliki viskositas yang tinggi dan lebih banyak terbentuk dari pada

pemecaha tanpa menggunakan katalis, dikarenakan laju degradasi yang lebih rendah.

2.6 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi bahan pada suhu tinggi dengan ruangan vakum atau dengan udara terbatas. Proses dekomposisi dikenal juga dengan proses devolatisasi. Pirolisis merupakan suatu metode yang dapat dipertimbangkan dan layak untuk dilakukan dengan menggunakan degradasi material polimer dengan kondisi vakum atau sedikit menggunakan oksigen. Kondisi vakum ini dimaksudkan agar keamana, kualitas, dan yield yang terjaga (Scheirs dan Kaminsky 2006).

Pirolisis juga merupakan salah satu cara pengolahan sampah yang mengurangi berat massa dan volume sampah serta menghasilkan produk lain yang dapat digunakan kembali. Produk utama dari proses pirolisis ini adalah minyak, gas, dan arang. Arang yang dihasilkan dari proses pirolisis dapat digunakan sebagai karbon aktif atau dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan minyak yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat aditif atau sebagai campuran bahan bakar dan gas yang dihasilkan dapat dibakar secara langsung.

Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C pada saat komponen bahan polimer tidak stabil secara termal dan mudah menguap pada sampah yang akan pecah (Aprian dan Munawar 2011). Proses pirolisis dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan suhu dilakukannya proses pirolisis ini yaitu pada suhu rendah (600°C) (Scheirs, 2006), Menurut Ramadhan (2011) proses pirolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

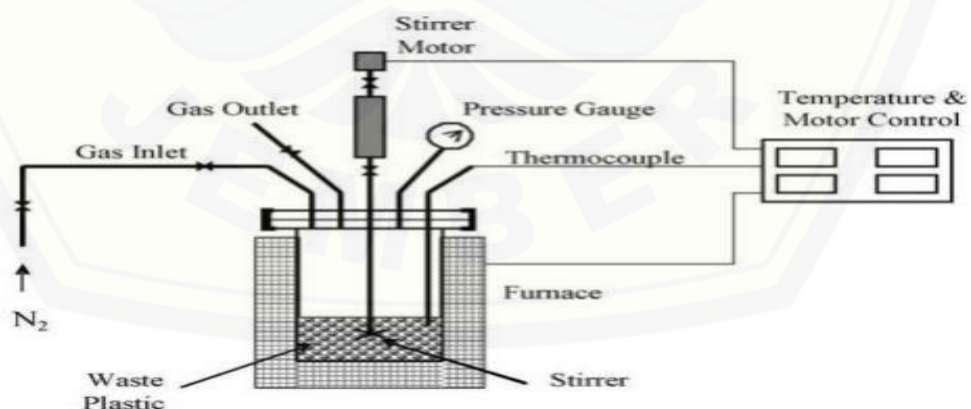
1. Waktu berpengaruh pada produk yang dihasilkan, semakin lama waktu proses pirolisis maka produk yang dihasilkan akan menjadi seperti residu padat, tar, dan gas yang akan semakin naik.
2. Suhu mempengaruhi produk yang akan dihasilkan, semakin tinggi suhu yang digunakan saat proses pirolisis maka nilai dekomposisi termal akan

semakin besar yang berakibat laju pirolisis akan bertambah dan konversi yang semakin tinggi.

3. Ukuran partikel berpengaruh pada hasil, semakin besar ukuran partikel maka luas permukaan per satuan berat akan semakin kecil dan berakibat pada proses pirolisis yang semakin lambat.
4. Berat partikel berpengaruh pada hasil, semakin banyak bahan yang dimasukkan pada proses pirolisis maka hasil bahan bakar cair dan arang akan semakin banyak.

2.7 Proses Pirolisis

Onwudili dkk.,(2009) melakukan penelitian proses pirolisis dengan menggunakan bahan plastik polystyrene dan menggunakan reaktor berjenis closed batch reactor. Penggunaan jenis plastik ini disebabkan masyarakat yang menghasilkan sampah yang cukup banyak, daur ulang sampah dengan proses pirolisis ini dinilai menguntungkan dengan merubah sampah plastik menjadi bahan bakar yang dapat digunakan kembali. Pirolisis ini menggunakan reaktor closed batch reactor karena tidak menggunakan oksigen (vakum) pada proses pemanasannya dan juga pada reaktor bagian atas dilengkapi dengan pressure gauge untuk mengukur tekanan didalam reaktor yang dipaparkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Closed Batch Reactor (Sumber : Onwuidili,2009)

Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur dan waktu pada proses pirolisis untuk mengetahui kondisi optimal untuk memproduksi minyak dan mengetahui perbandingan komposisi dari produk yang dihasilkan. Penggunaan variasi ini juga digunakan untuk menghindari terjadinya hal yang tidak dapat dipertimbangkan seperti berapa waktu pemanasan pada reaktor dan waktu saat reaksi berlangsung. Penelitian ini dimulai dari temperatur awal 300°C, dan pada suhu naik menjadi 350°C, 1% dari jumlah bahan plastik terdegradasi menjadi minyak yang memiliki viskositas yang tinggi, dan berwarna gelap, dan terbentuk sedikit gas hidrokarbon. Pada temperatur 400°C hingga 425°C terjadi peningkatan pada arang dan gas, tetapi minyak yang dihasilkan memiliki viskositas yang lebih rendah. Arang dihasilkan sebesar 19,6% pada suhu 450°C dan naik menjadi 30,4% pada suhu 500°C. Semakin banyak arang yang dihasilkan maka semakin sedikit minyak yang dihasilkan. Minyak yang dihasilkan sebesar 97% pada suhu 425°C dan berkurang menjadi 80% pada suhu 450°C. Pengaruh pada waktu proses pirolisis yaitu semakin lama waktu proses maka berpengaruh pada jumlah minyak yang dihasilkan. Pada temperatur 400°C dalam waktu 120 menit menghasilkan 42% metana. Produk minyak yang dihasilkan berwarna gelap dan sedikit kental berbanding lurus dengan bertambahnya proses yang dilakukan.

Pada penelitian ini juga dilakukan pencampuran jenis plastik sebesar 70% polyethylene dan 30% polystyrene dengan temperatur 300°C sampai 450°C. Pada temperatur 300°C, polyethylene tidak terdekomposisi apabila dipanaskan tanpa adanya pencampuran bahan plastik, hasil campuran bahan plastik ini berupa lilin. Pada saat suhu dinaikkan menjadi 450°C menghasilkan minyak berwarna gelap. Maka dari perbedaan penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa polystyrene memiliki pengaruh katalis terhadap proses degradasi pada polyethylene. Campuran bahan plastik menghasilkan gas yang lebih banyak dibandingkan dengan proses tanpa pencampuran kedua bahan pada temperatur 350°C, kemudian pada saat temperatur dinaikkan menjadi 400°C, produk gas yang dihasilkan naik menjadi 4% dan tidak terbentuk arang dan sisanya menghasilkan minyak. Gas terbentuk meningkat menjadi 8,6% dan arang sebesar 1,2% pada saat temperatur 425°C. Pada temperatur 450°C produk gas menjadi 12,8% dan arang 3,5%. Produksi minyak

pada campuran bahan plastik pada temperatur 450°C lebih banyak dibandingkan dengan hasil proses tanpa campuran.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Donaj dkk.,(2012) dengan menggunakan low density polyethylene 46%, 30% high density polyethylene dan 24% polypropylene menggunakan fluized bed reactor dengan menggunakan temperatur sebesar 650°C dan 730°C. Dengan hasil yang didapat 48% minyak yang terdiri dari 52% bahan padat lainnya seperti minyak padat, lilin, dan karbon hitam pada temperatur 650°C. pada temperatur 730°C menghasilkan 44% minyak yang tersusun dari 70% bahan yang ringan. Dengan itu menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka hasil produksi cairan hidrokarbon dan gas semakin sedikit. Dengan masing masing bahan yang dipotong menjadi dimensi 3mm x 5mm dan berat sebesar 1 gram yang digunakan oleh Demirbas (2004) pada proses pirolisis, yang dipanaskan dengan temperatur 250°C sampai dengan 752°C dengan menggunakan reaktor tabung berupa stainless steel. Produk hasil dibedakan menjadi tiga macam yaitu gas yang tidak terkondensasi, cairan yang terkondensasi, serta lilin dan residu padat hasil degradasi, sebesar 46,6% minyak, 52% gas, dan 1,4% residu.

Miandad dkk (2017) juga melakukan penelitian yang menggunakan bahan polystyrene wadah plastik makanan. Dengan menggunakan reaktor small pilot scale dengan bahan stainless steel berkapasitas 20 liter dan menggunakan pemanas listrik dengan temperatur maksimal 600°C. bahan plastik yang digunakan sebesar 1000 gram. Dengan hasil yang diperoleh dengan variasi temperatur yaitu 400°C, 450°C, dan 500°C dengan variasi waktu 60 menit, 75 menit, dan 120 menit. Proses dekomposisi dimulai pada temperatur 400°C dan mencapai maksimal pada temperatur 450°C dengan hasil 91%. Variasi temperatur dengan waktu 75 menit menghasilkan minyak dengan jumlah yang berbeda. Jumlah tertinggi pada temperatur 450°C dengan wakt 75 menit yaitu 80,8% dari jumlah bahan plastik yang dipaparkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Small Pilot Scale Batch Reactor (sumber: Miandad dkk,2017)

2.8 Hipotesis

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

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| a. Tabung reaktor. | : 12 kg |
| b. Timbangan. | : 4000 g |
| c. Pipa tembaga. | : ¼ d |
| d. Kondensor. | : 9 L |
| e. <i>Thermocouple</i> . | : -50°C – 1300°C |
| f. Burner | : GSB-310 |
| g. <i>Pressureguage</i> | : kg/cm ² |
| h. Gelas ukur. | : 8L |
| i. Tabung katalis | : 2 kg |

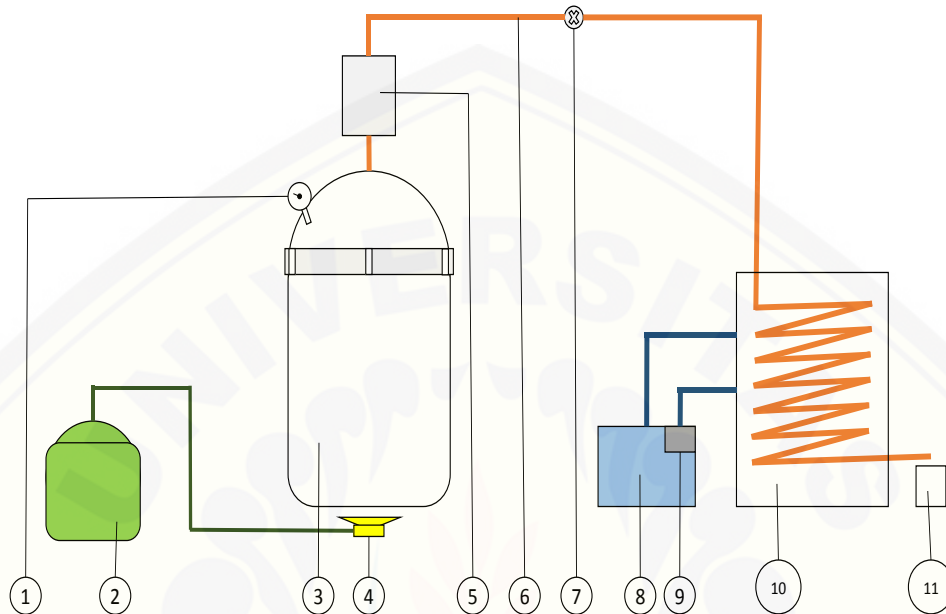
3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sampah plastik:

- PS (*polystyrene*)
- LDPE (*low density polyethylene*)
- Katalis zeolit alam

3.2 Sekema Alat

Proses pirolisis bahan plastik dilakukan pada reaktor dengan pemanas berupa burner atau kompor gas. Bahan plastik yang diproses merupakan jenis plastik PS (*polystyrene*) dan LDPE (*low density polyethylene*) dan menggunakan bahan tambahan katalis zeolit alam. Alat yang digunakan pada proses ini dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Skema alat pirolisis

1. *Pressure gauge*

Pressure gauge berfungsi untuk mengukur tekanan yang dihasilkan tabung reaktor.

2. Tabung *Liquified Petroleum Gas*

Tabung LPG digunakan sebagai sumber bahan bakar gas untuk memanaskan reaktor melalui pembakaran.

3. Reaktor

Reaktor ini berfungsi sebagai media yang digunakan untuk merubah plastik menjadi uap dengan cara dipanaskan dengan suhu tertentu atau dapat juga disebut melalui proses pirolisis.

4. Burner

Burner berfungsi sebagai pemanas reaktor menggunakan bahan bakar GAS berupa LPG untuk proses pembakarannya.

5. Tabung katalis.

Tabung katalis fungsinya untuk tempat katalis. Maka uap tersebut akan melewati

tabung katalis pada proses pemanasan.

6. Pipa tembaga.

Pipa tembaga berfungsi sebagai penyalur uap panas yang dihasilkan dari proses pirolisis.

7. Katup pembuka.

Katup pembuka berfungsi untuk mengatur aliran uap panas yang keluar dari reaktor.

8. Wadah air pendingin.

Wadah air digunakan untuk menampung air pendingin yang masuk ke tabung kondensor.

9. Pompa air.

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari wadah penampung menuju kondensor.

10. Kondensor.

Kondensor berbentuk tabung yang digunakan untuk mendinginkan uap hasil pirolisis menggunakan pipa tembaga dengan media pendingin berupa air.

11. Gelas ukur

Digunakan untuk penampung cairan pirolisis.

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

Waktu : Juli – Oktober 2019

Tempat : Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik
Universitas Jember.

3.4. Metode Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Penelitian tentang proses pirolisis yang menggunakan bahan baku sampah plastik menggunakan tipe *low density polyethylene* (LDPE) dan *polystyrene* (PS) dilakukan menggunakan studi literatur dengan menggunakan jenis katalis yang digunakan zeolit alam, variasi katalis suhu 350°C, 380°C, untuk menghasilkan minyak yang digunakan sebagai bahan bakar terbarukan.

3.4.2 Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing dan dosen lainnya untuk mendapatkan petunjuk atau arahan tentang proses pirolisis bahan plastik dari bertipe *low density polyethylene* (LDPE) dan *polystyrene* (PS) dengan menggunakan katalis.

3.4.3 Eksperimen

Melakukan menggunakan tabung katalis dengan bahan plastik sampah bertipe *low density polyethylene* (LDPE) dan *polystyrene* (PS) yang akan digunakan untuk mendapat data dan melakukan analisa.

3.4.4 Analitik

Analisa hasil pirolisis bahan plastik sampah bertipe *low density polyethylene* (LDPE) dan *polystyrene* (PS) dengan katalis zeolit alam.

3.5 Variabel

Pada penelitian ini digunakan variabel untuk mendapatkan kandungan minyak yang sesuai dengan keinginan dalam penelitian pirolisis menggunakan sampah plastik yaitu sebagai berikut.

3.5.1. Variabel Bebas

Variable bebas dari penelitian ini yaitu sampah plastik bertipe *low density*

polyethylene (LDPE) dan *polystyrene* (PS) sebanyak 300 gram dengan katalis zeolit alam sebanyak 400 gram. Dengan skema percobaan :

- a. (400 gram) katalis (300 gram) *low density polyethylene* (LDPE).
- b. (400 gram) katalis (300 gram) *polystyrene* (PS).
- c. (400 gram) katalis zeolit alam. Temperatur yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu 350°C- 380°C, dengan lama penahanan 30, 40, dan 50 menit dan dengan menggunakan katalis zeolit alam.

3.5.2 Variabel Terikat

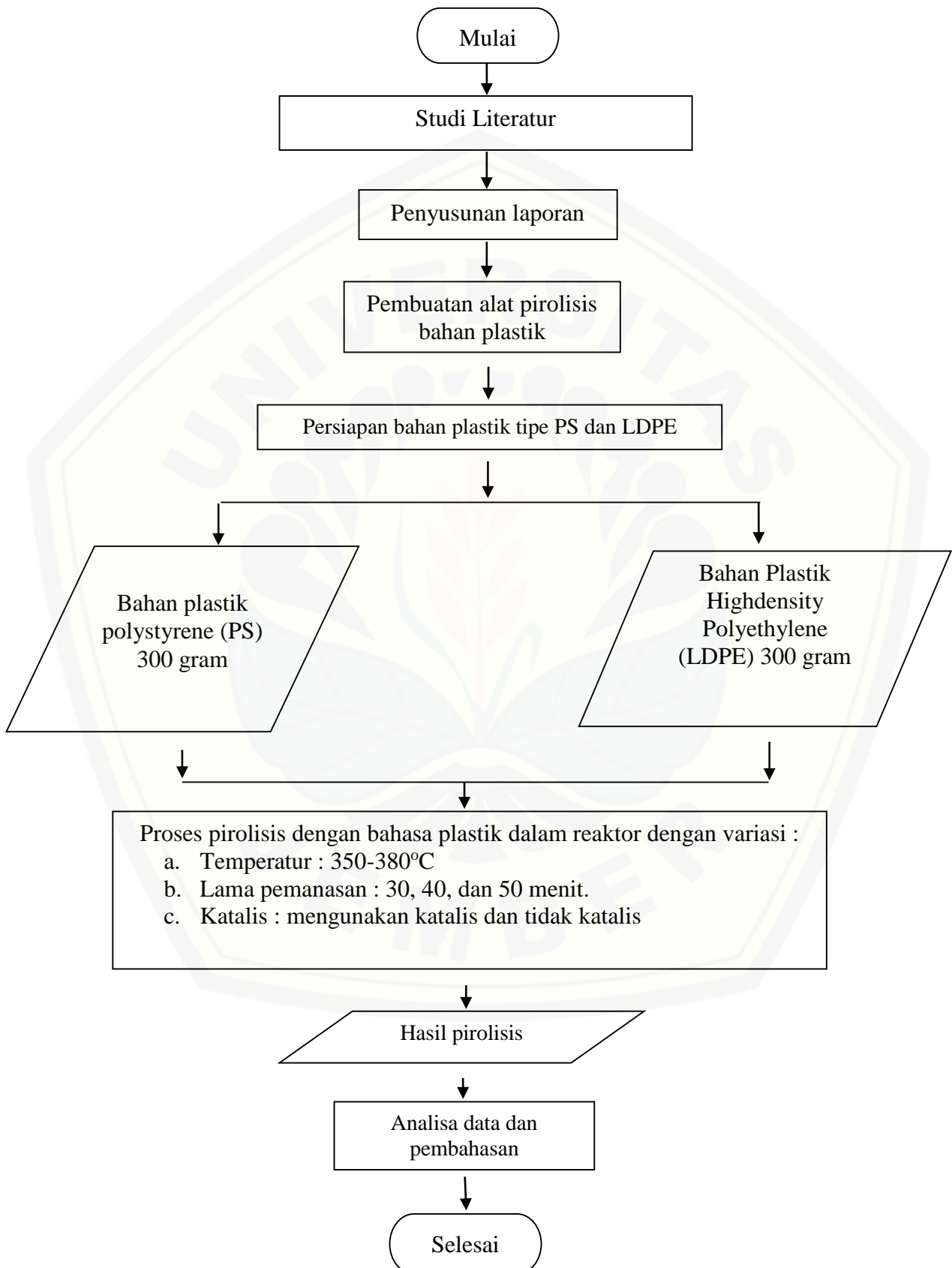
Variabel terikat pada penelitian ini hasil dari proses pirolisis dalam bentuk minyak yang keluar (ml). Dengan menggunakan bahan plastik PS (*polystyrene*) dan LDPE (*low density polyethylene*) menggunakan katalis zeolit alam.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan sampah plastik bertipe PS (*polystyrene*) dan LDPE (*low density polyethylene*).
- b. Membersihkan dan memotong sampah plastik PS (*polystyrene*) dan LDPE (*low density polyethylene*) menjadi serpihan kecil.
- c. Menyiapkan katalis zeolit alam.
- d. Menyiapkan alat pirolisis.
- e. Melakukan proses pirolisis dengan memasukkan bahan sampah plastik kedalam tabung reaktor dan memasukkan katalis zeolit alam kedalam tabung katalis
- f. Mengumpulkan data hasil pirolisis.
- g. Mengolah data yang didapat dari proses pirolisis sampah plastik yang dikelompokkan berdasarkan variasi dengan katalis zeolit alam.
- h. Menganalisa pengaruh variasi proses pirolisis sampah plastik berdasarkan variasi yang sudah ditetapkan terhadap hasil yang didapat.
- i. Melakukan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian yang didapat

3.8 Diagram Alir Penelitian



BAB 5 TINJAUAN PUSTAKA

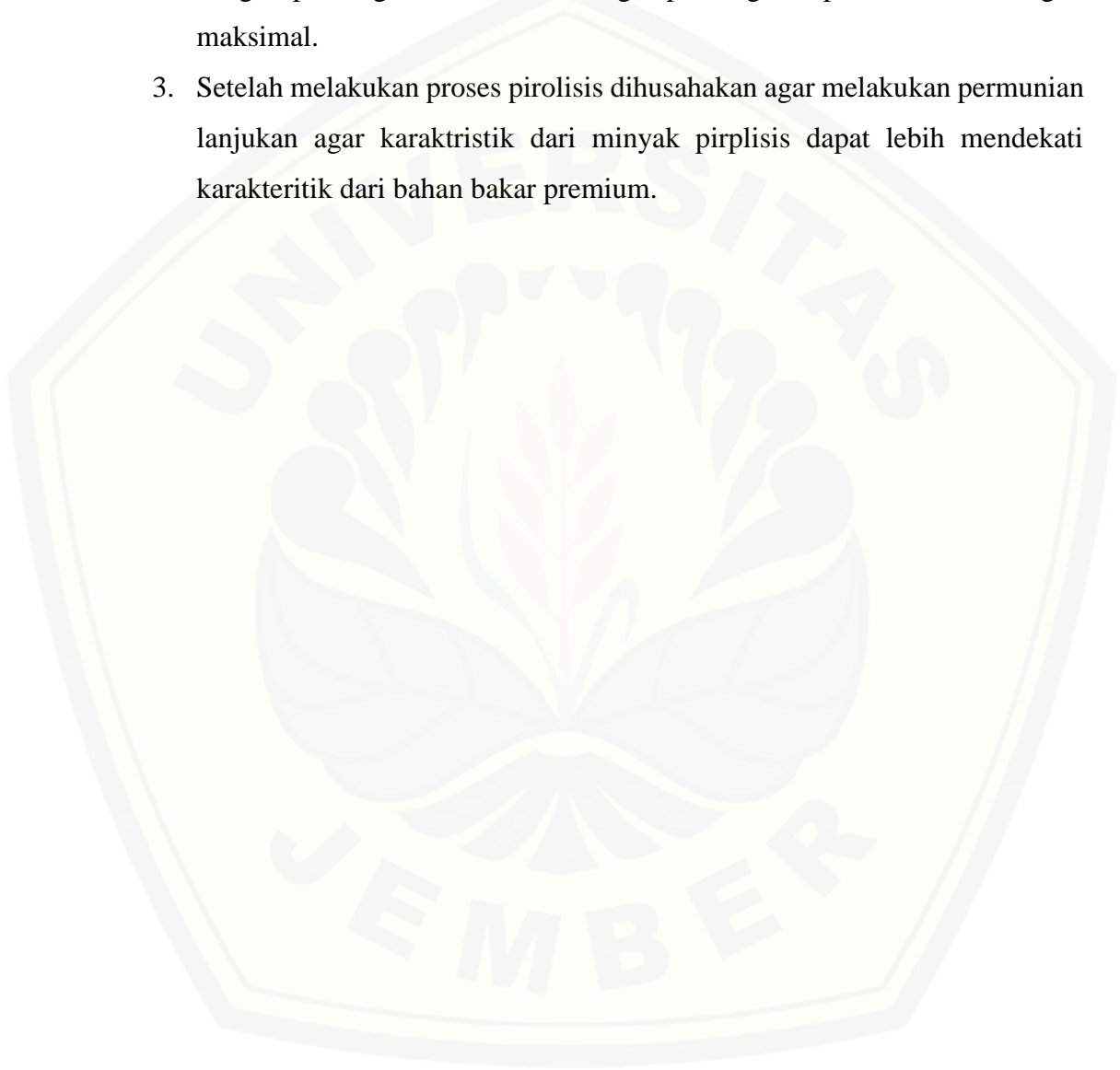
5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab diatas dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Minyak yang diperoleh menggunakan proses pirolisis menggunakan plastik PS lebih sedikit daripada minyak yang diperoleh pada plastik LDPE. Karena plastik PS pada proses pirolisis lebih banyak menghasilkan uap yang tidak dapat terkondensasi pada kondensor pirolisis. Minyak plastik LDPE tanpa katalis memiliki masa jenis 0,769537gram/ml, viskositas 0,7 dpa.s plastik PS tanpa katalis memiliki masa jenis 0,874985 gram/ml,viskositas 0,8 dpa.s, dan plastik LDPE menggunakan katalis hasil masa jenis 0,803352 gram/ml, viskositas 0,1 dpa.s pada plastik PS katalis didapatkan hasil masa jenisnya 0,730924 gram/ml, viskositas 0,2 dpa.s
2. Pada proses pirolisis menggunakan waktu penahanan temperatur sangat mempengaruhi jumlah minyak yang dihasilkan, jadi semakin lama waktu penahanan maka jumlah minyak yang diperoleh semakin banyak. Hasil minyak yang diperoleh pada proses pirolisis paling banyak pada plastik LDPE tanpa katalis 75 ml, PS tanpa katalis 72 ml, LDPE katalis 50 ml, dan PS katalis 50 ml
3. Penggunaan katalis luar tabung reaktor dapat mempengaruhi minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis menjadi jernih dan dapat mempengaruhi hasil nilai viskositas cairan. Tapi menggunakan tabung katalis luar akan menurunkan fraksi minyak dan residu serta meningkatkan fraksi gas jika dibanding dengan tanpa katalis. Plastik PS dan plastik LDPE dengan menggunakan katalis mempunyai viskositas 0,1 dpa.s, dan 0,2 dpa.s.
4. Energi yang dikeluarkan diproses pirolisis tidak sebanding dengan hasilnya pada proses pirolisis dikarnakan energi yang dilakukan sangat banyak dan waktu yang dikeluarkan pada proses penahanan membutuhkan waktu yang lama dan hasil minyak sangat sedikit.

5.2 Saran

1. Usahakan menggunakan kompor listrik atau thermostart agar suhu yang ingin digunakan tetap stabil.
2. Pada proses kondensasi sebaiknya gunakan air yang mengalir atau dibantu dengan pendinginan dari batu es agar pendingin dapat dilakukan dengan maksimal.
3. Setelah melakukan proses pirolisis diusahakan agar melakukan permunian lanjutan agar karakteristik dari minyak pirolisis dapat lebih mendekati karakteristik dari bahan bakar premium.



DAFTAR PUSTAKA

- Achilias, 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.
- Aguado, J., Serrano, D. P., Miguel, G. S., Castro, M. C., Madrid, S. 2007. Feedstock Recycling Of Polyethylene In A Two-Step Thermo-Catalytic Reaction System. Jerman: *journal of analytical and applied pyrolysis*. 231: 415-423.
- Aprian, R.P. Munawar, A. 2011. Pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis: *jurnal teknik*, 4:45-54.
- Basriyanta. 2007. *Memanen Sampah*. Yogyakarta: Kanisius, 18-19.
- Damanhuri, E. 2010. Pengelolaan Sampah. *Tesis*. Bandung. Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknolgi Bandung.
- Demirbas, E., 2004. Adsorption Kinetics for The Absorben of Chromonium (VI) from Aqueous on The Solution on The Activated Carbons Prepared from Agricultural Wastewater. *Journal of American Science*. 30:533-540.
- Devy, K. Ratnasari, Weihong Yang, Pär G. Jönsson. 2018. Two-stage ex-situ catalytic pyrolysis of lignocellulose for the production of gasoline-range chemicals. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.
- Dicky, K. 2018. "Pengaruh Temperatur dan Lama Pemanasan Terhadap Minyak Hasil Pirolisis Bahan Plastik Sampah Rumah Tangga". *Skripsi*. Jember. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Donaj, P. J., W. Kaminsky, F. Buzeto, dan W. Yang. 2012. Pyrolysis of Polyolefins for Increasing the Yield of Monomers' Recovery. *Waste Management* 32(5): 840-846.
- Jalaluddin. 2005. "Pemanfaatan Kaolin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Alumunium Sulfat dengan Metode Adsorpsi". *Jurnal sistem Teknik Industri* Vol 6. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Karima, F. 2012. Signifikansi Penggunaan Zeolit Alam Pada Proses Ozonasi Untuk Disinfeksi Hama Bakteri. *Skripsi*. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kurniawan, I. Nasrun E. Sari. 2015. Pengolahan Limbah Kantong Platik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar menggunakan Poses Pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik*. 41:1-7
- Kusnoputranto, H. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Depok: FKM UI. Kristianto. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: 171-175, 83-84, 155, 157, 169-172.
- Kyong, H., S. G. Jeon, K. H. Kim, N. S. Noh, D. H. Shin, J. Park, Y. Seo, J. J. Yee, G. T. Kim. 2003. Thermal and Catalytic Degradation of Waste High-density Polyethylene (HDPE) Using Spent FCC Catalyst. *Korean J. Chem. Eng*, 20(4): 693 – 697.
- Lestari, F., A., Ediati, R. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zr-Al-MCM-41 dengan Metode Hidrothermal. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November..
- Miandad, M.A. Barakat, M. Rehan, A.S. Aburiazaiza, I.M.I. Ismail, A.S. Nizami. 2017. Plastic waste to liquid oil through catalytic pyrolysis using natural and synthetic zeolite catalysts. *Waste Management*.

- Mudjirahardjo. 2006. *Pengetahuan Minyak Bumi dan Minyak Bakar*. PT.Akamigas. cepu.
- Mujiarto, I. 2005. *Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif*. Edisi Desember 3(2).
- Nelson, Stephen A. 2003. Mineral Chemistry. <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/mineralchemistry.htm>. [Diakses pada 12 Mei 2019].
- Onwudili, Nagi Insura, Paul 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.
- Putra, Y. H. S., I. Yuriandala, dan Y. S. Rahayu. 2010. *Pendampingan Kementerian Pengolahan Limbah Botol Plastik Menjadi Produk Bernilai Ekonomis Pada Masyarakat Desa Girimoyo Karangploso Malang*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ramadhan. 2009. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Journal Nasional*. 98-102.
- Rodiansono, Trisunaryanti W, dan Triyono. 2007. *Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z Pada Reaksi Hidrorengka Menjadi Fraksi Bensin*. Berkala MIPA. 17: 2.
- Sabarodin, A dan Dewanto. 1998. *Pembuatan Minyak Bakar dari Sampah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta. Hal 9-12.
- 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
- Soemirat, Juli. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung: Gadjah Mada University Press.
- Surono, U.B. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. *Jurnal Teknik* 3(1) ISSN 2088-3676.
- Syamsiro. M., P. Prawisudha., W. Hu. dan K. Yoshikawa. 2011. "Co-production of liquid and gas fuels from waste plastics". The 4th AUN/SEED-Net Regional Conference on New and Renewable Energy. Hanoi, Vietnam.
- Yuliusman., W. Purwanto., S. Monna., P. Dandi . 2009. Studi Awal Pemanfaatan Zeolit Alam Untuk Penjernihan Asap Kebakaran. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia –SNTKI*. Bandung: Forum Nasional Teknik Kimia Indonesia. 19-20 Oktober.

Lampiran A. Data Hasil Percobaan

A.1. Pengambilan data dilakukan pada proses pengujian, pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan penelitian plastik PS dan LDPE

Plastik	Suhu	perlakuan	Waktu Penahanan	Pengulangan			Hasil Cairan (ml)	Hasil arang (Gram)
				1	2	3		
PS 300	350-380	Katalis	30	25	30	30	28,3	96
			40	31	29	42	34	90
			50	40	45	50	45	82
		Tanpa katalis	30	28	30	32	30	109
			40	35	42	47	41,3	83
			50	57	68	72	65,6	70
LDPE 300	350-380	Katalis	30	25	32	31	29,3	90
			40	31	29	42	34	81
			50	40	45	50	45	75
		Tanpa katalis	30	30	32	37	33	80
			40	55	60	67	60,6	75
			50	57	68	75	66,6	72

A.2. Data Karakteristik Minyak Pirolisis Bahan Plastik



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



Juwanto, Drs., M.Si
 NIP.1964051989031003

CS Scanned with CamScanner

PT. PERTAMINA (PERSERO)
 Laboratorium TBBM Surabaya Group
 Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya -
 60165 Telp : 031 – 3293885 Fax. 031 –
 3294864



ASLI

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

Jenis Sample : H S D
 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember
 Alamat : Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegaltoto, Jember
 Customer Ek. :
 No. Segel :
 Nomor Surat : 7422/UN25.11/EP/2019
 Tanggal Surat : 29 Oktober 2019
 Pengambilan Sample :
 Jenis Pengambilan :
 Tanggal Penerimaan : 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 PWTcc	°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. Spv. Quality & Quantity

SYFA ALMIRA

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

CS Scanned with CamScanner

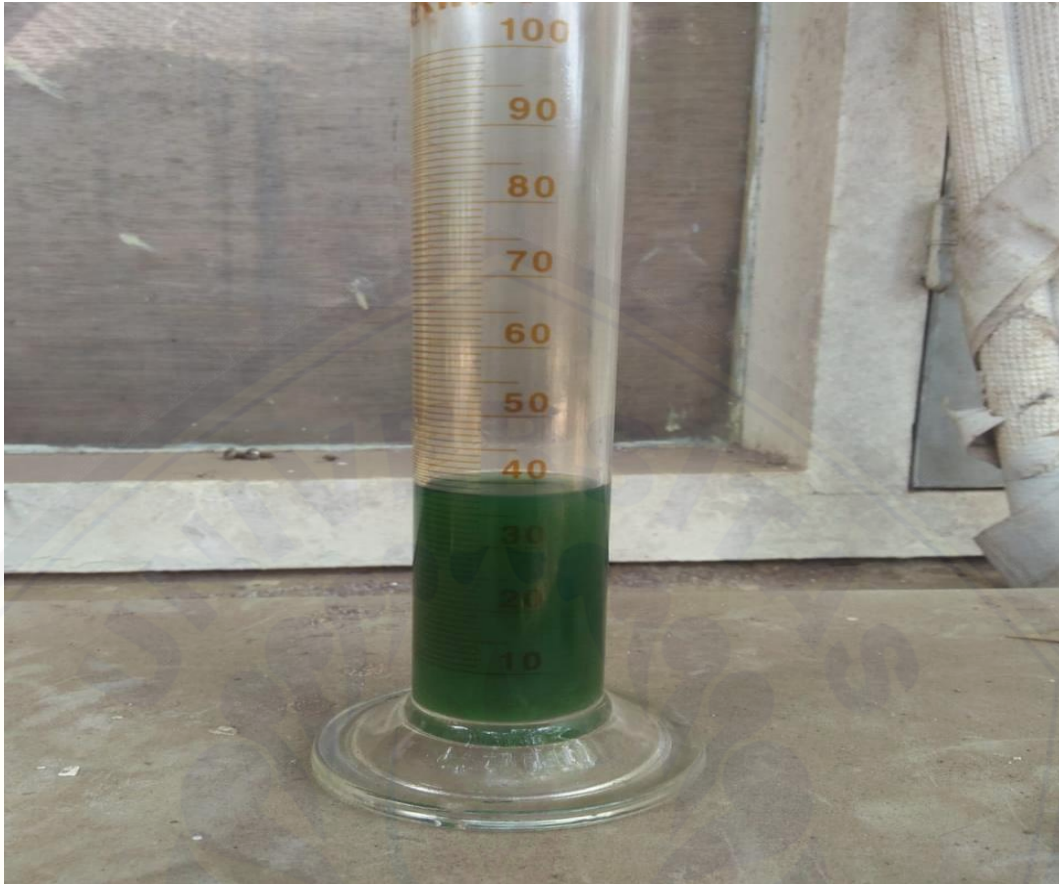
Lampiran B. Dokumen hasil penelitian



Gambar B.1 Alat pirolisis



Gambar B.2 Hasil pirolisis plastik PS



Gambar B.3 Hasil pirolisis plastik LDPE

JEMBER



Gambar B. 4 Hasil sisa proses pirolisis (Arang), Plastik LDPE



Gambar B.5 Hasil sisa proses pirolisis (Arang) Plastik PS



Gambar B.6 Gambar katalis zeolit

Lampiran C perhitungan persentase minyak pirolisisi

Di ketahui :

Berat plastik awal 300 gram

Volume minyak : 30 ml

$\rho = 0,76490$ gram/ml

Masa arang = 96 gram

Di tanya persentase (%) ?

Masa = $0,76490$ gram/ml x 30 ml

= 22,94 gram

Persentase minyak $\frac{22,94 \text{ gram}}{300 \text{ gram}} \times 100 \%$

= 7,6 %

Persentase Arang $\frac{96 \text{ gram}}{300 \text{ gram}} \times 100 \%$

= 32 %