



TUGAS AKHIR - RE141581

KAJIAN PIROLISIS PLASTIK *LOW DENSITY POLY ETHYLENE* DAN *POLY PROPYLENE* SEBAGAI BAHAN BAKAR

KURNIANSYAH RIZKI HANANI
NRP 3311 100 078

Dosen Pembimbing
ALIA DAMAYANTI, S.T, M.T, Phd

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - RE141518

**STUDY OF PIROLYSIS PLASTIC LOW DENSITY
POLY ETHYLENE AND POLY PROPYLENE AS
FUEL**

**Kurniansyah Rizki Hanani
NRP 3311100078**

**Supervisor
Alia Damayanti, ST., MT., PhD**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PIROLISIS PLASTIK *LOW DENSITY* POLYETHYLENE DAN POLY PROPYLENE SEBAGAI BAHAN BAKAR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut
Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KURNIANSYAH RIZKI HANANI

NRP. 3311100078

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D
NIP. 19770209200312001

**SURABAYA
JULI, 2015**

ABSTRAK

KAJIAN PIROLISIS PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE* DAN *POLY PROPYLENE* SEBAGAI BAHAN BAKAR

Nama Mahasiswa : Kurniansyah Rizki Hanani
NRP : 3311 100 78
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D

Studi Literatur ini bertujuan merumuskan konsep untuk memanfaatkan limbah plastik jenis LDPE (*Low Density PolyEthylene*) , HDPE (*High Density PolyEthylene*) dan PP (*PolyPropylene*) sebagai bahan bakar, melalui metode pirolisis. Konsep tersebut ditunjang oleh beberapa teori yaitu prinsip kerja cracking minyak bumi, seperti yang terdapat pada unsur kimia plastik , sehingga memungkinkan untuk dijadikan bahan bakar alternatif. Selain itu juga studi literatur ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari LDPE dan PP. Dalam studi literatur ini didapatkan suhu yang digunakan untuk pirolisis plastik LDPE berkisar antara 200-600°C. Sedangkan untuk pirolisis PP suhunya berkisar antara 350 – 600°C. Dari hasil pirolisis antara LDPE dan PP didapatkan bahwa PP lebih efisien sebagai bahan bakar yakni berkisar 80% sementara LDPE berkisar 60%. Serta pemanfaatan plastik di luar negeri menggunakan metode pirolisis dan catalic craking sedangkan di Surabaya menggunakan metode pirolisis.

Kata Kunci : *Cathalyc Cracking, Low Density PolyEthylene, Pirolisis , dan PolyPropylene*

ABSTRACT

STUDY OF PIROLISIS PLASTIC LOW DENSITY POLY ETHLENE AND POLY PROPILENE AS FUEL

Name : Kurniansyah Rizki Hanani
NRP : 3311 100 78
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D

This literature study aims to formulate a concept for the use of waste plastics LDPE (Low Density Polyethylene), HDPE (High Density Polyethylene) and PP (polypropylene) as fuel, through methods of pyrolysis. The concept is supported by some of the theories that the working principle of the cracking of petroleum, as well as on plastic chemical elements, making it possible to be used as alternative fuel. In addition to this literature study also aims to determine the efficiency of LDPE and PP. In this literature study found that temperature is used for LDPE plastics pyrolysis ranged between 200-600°C. As for the PP pyrolysis temperature range between 350 - 600°C. From the results of pyrolysis between LDPE and PP showed that the PP is more efficient as a fuel which ranges from 80% while LDPE ranges from 60%. As well as the use of plastic abroad using pyrolysis method and catalytic cracking while in Surabaya using pyrolysis method.

Key Word : *Cathalyc Cracking, Low Density PolyEthylene, Pirolisis , dan PolyPropylene*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan yang berjudul **“KAJIAN PIROLISIS PLASTIK *LOW DENSITY* POLYETHYLENE DAN POLY PROPYLENE SEBAGAI BAHAN BAKAR**

1. Ibu Alia Damayanti ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberi ilmu, masukan, dan pengarahan dalam membimbing tugas akhir.
2. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE, M.Sc, PhD selaku dosen penguji dan dosen yang telah memberikan masukan dan saran terhadap studi literatur tugas akhir.
3. Bapak Welly Herumurti ST., M.Sc.,selaku dosen penguji dan dosen yang telah memberikan masukan dan saran terhadap studi literatur tugas akhir.
4. Ibu Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan saran terhadap perbaikan tugas akhir.
5. Ketua Jurusan Teknik Lingkungan dan Sekretariat Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah memfasilitasi pelaksanaan tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis.
7. Keluarga yang selalu memberi doa dan dukungan.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS 2011, 2012, dan 2013 atas kerja sama dan dukungannya.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Deskripsi Studi Literatur	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Pirolisis	5
2.2 Jenis Pirolisis	9
2.3 Karakteristik Destilasi	11
2.4 Karakteristik Plastik	13
2.5 Jenis Plastik	17
2.6 Karakteristik Polietilena	25

2.7 Karakteristik Polipropilena.....	27
2.8 Jenis Bahan Bakar	30
2.9 Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar.....	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	38
3.1 Jenis Penelitian	38
3.2 Perumusan Masalah	41
3.3 Studi Literatur.....	41
3.4 Pembahasan.....	41
3.5 Kesimpulan.....	41
3.6 Penulisan Laporan	41
BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA.....	42
4.1 Proses Pembuatan Bahan Bakar Dengan Bahan Baku <i>LDPE</i> dan <i>PP</i> dengan metode pirolisis.....	42
4.2 Efisiensi <i>LDPE</i> dan <i>PP</i> Untuk Dijadikan Bahan Bakar.....	45
4.2.1 Pirolisis Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> ...	47
4.2.1.1 Pirolisis Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> percobaa Purwanti.....	47
4.2.1.2 Pirolisis Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> percobaa C-Tech Inovation Ltd.....	48
4.2.2 Pirolisis Plastik <i>Poly Propylene</i>	49

	4.2.2.1 Pirolisis Plastik <i>Poly Propylene</i>	
	percobaan Joko Susilo	50
	4.2.2.2 Pirolisis Plastik <i>Poly Propylene</i>	
	percobaan Adityo	54
	4.3 Pemanfaatan Limbah Di Luar Negeri	58
	4.3.1 Pemanfaatan Limbah Plastik Di Jepang	58
	4.3.2 Pemanfaatan Limbah Plastik Di Korea Selatan	62
	4.3.3 Pemanfaatan Limbah Plastik Di India	63
	4.3.4 Pemanfaatan Limbah Plastik Di Australia	65
	4.3.5 Pemanfaatan Limbah Plastik Di Belgia	67
	4.4 Pemanfaatan Limbah Plastik Di Surabaya	68
	4.4.1 Pemanfaatan Limbah Plastik di Surabaya Menggunakan Proses Pirolisis	70
	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
	5.1 Kesimpulan	76
	5.2 Saran	76
	DAFTAR PUSTAKA	78
	BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Skema Pirolisis Menggunakan Katalis	8
Gambar 2 : Skema Diagram Pirolisis Non Katalis.....	9
Gambar 3 : Logo Daur Ulang Jenis PETE atau PET	19
Gambar 4 : Logo Daur Ulang Jenis HDPE	19
Gambar 5 : Logo Daur Ulang Jenis PVC	20
Gambar 6 : Logo Daur Ulang LDPE	21
Gambar 7 : Logo Daur Ulang Jenis PP	22
Gambar 8 : Logo Daur Ulang Plastik Jenis PS	23
Gambar 9 : Logo Daur Ulang Jenis OTHER	24
Gambar 10 : Molekul penyusun Poly Ethilene	25
Gambar 11 Molekul penyusun Poly Propilene	28
Gambar 12 : Metode Penelitian.....	38
Gambar 13 : Setup Pirolisis.....	44
Gambar 14 : Grafik Antara Waktu dan Suhu dengan Hasil Pirolisis	48
Gambar 15 : Grafik Antara Waktu dan Suhu dengan Hasil Pirolisis	49
Gambar 16 : Skema Alat Uji.....	50
Gambar 17 : Hasil Pirolisis Plastik PP.....	52
Gambar 18 : Hasil Pirolisis Untuk Perbandingan Komposisi dan Suhu	55
Gambar 19 : Mesin Pengolah Sampah Plastik Menjadi	

BBM Skala Kecil.....	60
Gambar 20 : Mesin Dengan Sistem Kontinyu Yang Sedang Dalam Perakitan	60
Gambar 21 : Reaktor Pirolisis Skala Medium.....	61
Gambar 22 : Hasil Penyulingan Bahan Bakar Yang Diperoleh Dari Proses Pirolisis.....	61
Gambar 23 : Skema Pirolisis.....	64
Gambar 24 : Skema Pirolisis.....	66
Gambar 25 : Komposisi Sampah Plastik di Kota Surabaya	69
Gambar 26 : Pirolisis HDPE yang dipengaruhi suhu dan waktu	71
Gambar 27 : Pengaruh suhu dan waktu terhadap massa LDPE.....	71
Gambar 28 : Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik HDPE	72
Gambar 29 : Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Minyak Hasil Pirolisis Plastik LDPE	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik.....	14
Tabel 2 : Nilai Kalor Plastik dan Bahan Lainnya	15
Tabel 3 : Kesesuaian Jenis Plastik Untuk Dijadikan Bahan Bakar	16
Tabel 4 : Nilai Kalor Beberapa Jenis Plastik	17
Tabel 5 : Sifat Fisik dan Kimia Polietilena (antara LDPE dengan HDPE)	26
Tabel 6 : Sifat Fisik dan Kimia Polietheilen	27
Tabel 7 : Sifat Fisik dan Kimia Polipropilen	29
Tabel 8 : Karakteristik Bahan Bakar dari sampah Plastik Polietena.....	42
Tabel 9 : Hasil Pengujian Viskositas Minyak.....	50
Tabel 10 : Hasil Pengujian Nilai Kalor Minyak.....	51
Tabel 11 : Hasil Pengujian Viskositas Minyak Pirolisis	53
Tabel 12 : Masa Jenis Minyak Hasil Pirolisis	53
Tabel 13 : Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis	54
Tabel 14 : Limbah Plastik Di Korea	59
Tabel 15 : Hasil Pirolisis Berbanding Suhu di Korsel.....	60
Tabel 16 : Hasil Percobaan Dengan Variabel Suhu dan Waktu	61
Tabel 17 : Hasil Produk Dari Pirolisis	64
Tabel 18 : Hasil Produk Dari Pirolisis Limbah Plastik	65

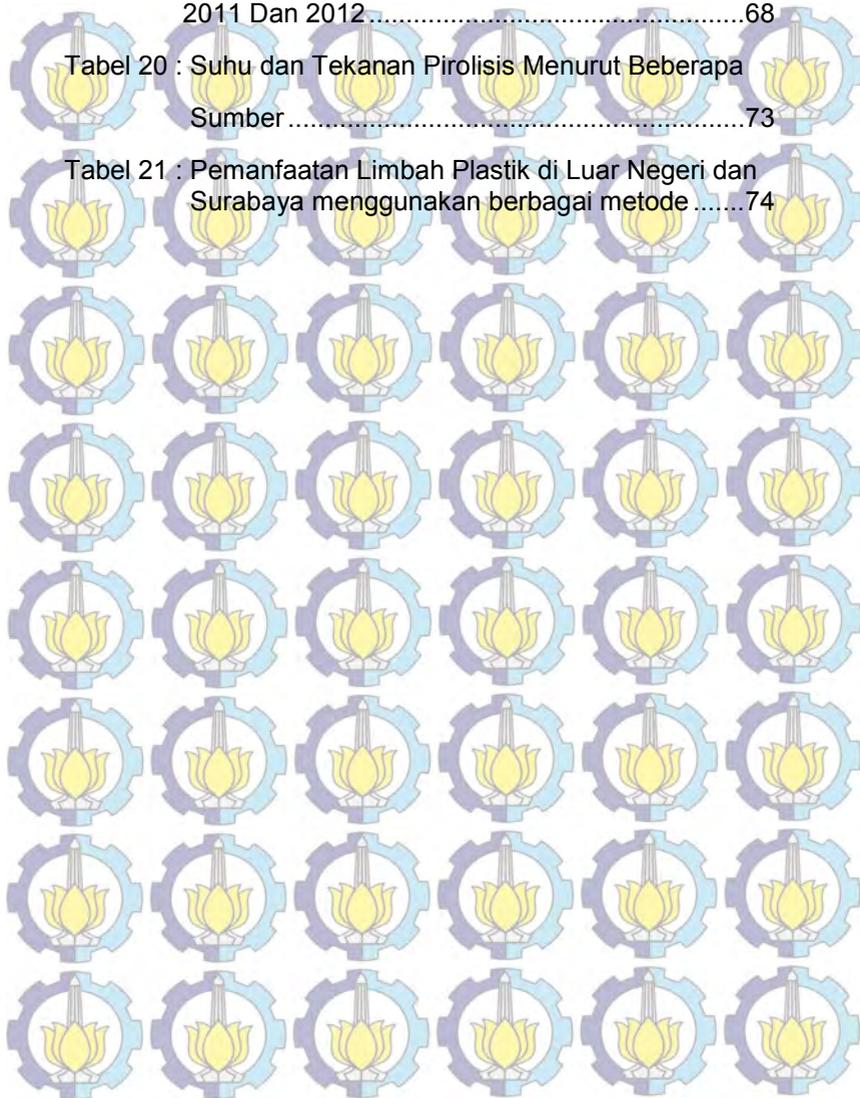
Tabel 19 : Timbulan Sampah Plastik Di Surabaya Tahun

2011 Dan 201268

Tabel 20 : Suhu dan Tekanan Pirolisis Menurut Beberapa

Sumber73

Tabel 21 : Pemanfaatan Limbah Plastik di Luar Negeri dan
Surabaya menggunakan berbagai metode74



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya jumlah penduduk dunia, konsumsi akan barang-barang berbahan plastik semakin meningkat. Limbah plastik, baik dari industri dan rumah tangga telah meningkat tajam. Meningkatnya jumlah plastik disebabkan karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Barang berbahan baku plastik umumnya lebih ringan, bersifat isolator, dan proses pembuatannya lebih murah. Namun dibalik semua kelebihannya, bahkan plastik memiliki masalah setelah barang tersebut tidak digunakan lagi. Barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, maupun tidak berkarat, dan pada akhirnya tidak dapat diuraikan/didegradasi dalam tanah sehingga menimbulkan masalah bagi lingkungan. (Ermawati, 2011)

Plastik di seluruh dunia produksi naik menjadi 280 juta ton pada 2011. Dari 2010-2016, konsumsi plastik global diperkirakan akan tumbuh rata-rata sekitar 4% setiap tahun. Ini akan menjadi setara dengan jumlah sampah yang dihasilkan. Komponen utama dari aliran limbah plastik rumah tangga termasuk limbah keluarga berikut plastik: polyethylene (low-density polyethylene (LDPE), linear low density polyethylene (LLDPE), high density polyethylene (HDPE)), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC), polystyrene (PS), dan polyethylene-terephthalate (PET), yang dicatat sepenuhnya mencapai 74% dari semua limbah plastik (Wiwin,2014).

Limbah plastik yang ada pada saat ini hanya dibuang (landfill), dibakar atau didaur ulang (recycle). Proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik, karena proses landfill belum menguraikan limbah plastik. Apabila dibakar pada suhu rendah, limbah plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat karsinogen seperti poly chloro dibenzo dioxins dan poly chloro dibenzofurans (Ermawati, 2011)

Pengertian plastik sendiri yaitu bahan non-biodegradable sehingga limbah ini merupakan berbagai masalah yang rumit, karena hilangnya sumber daya alam, pencemaran lingkungan, dan menipisnya ruang TPA. Pengelolaan limbah plastik dimaksudkan untuk mengurangi dampak lingkungan. Situasi saat ini dapat digambarkan sebagai pencarian matang teknologi yang dapat menghilangkan dan memproses limbah plastik ini dengan dampak lingkungan terendah dan profitabilitas tinggi. Ada banyak cara pengelolaan sampah plastik, seperti: mengurangi, menggunakan kembali, daur ulang mekanik, pembakaran, pemulihan energi, dan penimbunan. Penimbunan dan pembakaran plastik di insinerator akan menyebabkan polusi, karena mereka menghasilkan gas beracun, dioksin dan. Oleh karena itu, daur ulang dan pemulihan energi alternatif harus juga dianggap penting (Ding,1997).

Ada beberapa cara untuk mengolah plastik menjadi bahan bakar salah satunya adalah pirolisis. Pirolisis sendiri merupakan dekomposisi kimia bahan anorganik / non organik baik dengan atau tanpa oksigen. Pirolisis yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu, disebut karbonisasi. Bila oksigen ada pada suatu reaktor pirolisis maka akan bereaksi dengan material sehingga membentuk abu (ash). Untuk menghilangkan oksigen, pada proses pirolisis biasanya di bantu oleh aliran gas inert sebagai fungsi untuk mengikat oksigen dan mengeluarkan dari reaktor. Produk pirolisis dapat berupa gas, fluida cair dan padat (berupa karbon dan abu). Gas hasil pirolisis dapat diekstrak menjadi bahan bakar gas. Sedangkan karbon dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar padat (Tchobanoglus, 1993).

Di Indonesia sendiri, limbah plastik di kota-kota besar seperti di Surabaya, merupakan problematika yang harus ditanggulangi. Tidak adanya kebijakan dari pemerintah kota Surabaya untuk membatasi penggunaan limbah plastik juga disebabkan oleh ketidaksadaran akan bahaya limbah plastik bagi lingkungan di kalangan masyarakat sendiri. Pihak pemerintah terkait, juga enggan memberi reward dan punishment bagi perusahaan yang menghasilkan plastik pada hasil produksinya, begitu pula perusahaan yang menghasilkan plastik sebagai limbah produksinya.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang terdapat pada studi literatur ini dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan bahan bakar dengan bahan baku *Low Density Polyethilene* dan *Polypropilene* menggunakan metode pirolisis?
2. Bagaimana tingkat efisiensi (%) *Low Density Polyethilene* dibandingkan dengan *Poly Propilene* untuk dijadikan bahan bakar menggunakan metode pirolisis?
3. Bagaimana penggunaan metode pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar di Indonesia dengan Luar Negeri ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari studi literatur ini adalah:

1. Menganalisis literatur proses pembuatan bahan bakar dengan bahan baku *Low Density Polyethilene* dan *Polypropilene*. menggunakan metode pirolisis
2. Menganalisis literatur tingkat efisiensi (%) antara *Low Density Polyethilene* dibandingkan dengan *Poly Propilene* untuk dijadikan bahan bakar menggunakan metode pirolisis
3. Menganalisis literatur penggunaan metode pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar di Indonesia dengan Luar Negeri

1.4 Manfaat

Manfaat dari studi literatur ini adalah:

1. Dari sisi Ekonomi, sebagai bahan bakar alternatif bagi masyarakat sehingga penggunaannya tidak tergantung BBM (Bahan Bakar Minyak) yang semakin hari semakin mahal dan langka dengan memanfaatkan teknologi yang ekonomis rendah biaya.
2. Dari sisi Iptek, bagi mahasiswa teknologi ini dapat dikembangkan berdasarkan disiplin ilmu yang

dikuasainya, seperti disiplin ilmu mekanika dapat dikembangkan untuk alat pembangkit energi menggunakan sampah plastik.

3. Membantu menyelesaikan permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh menumpuknya sampah plastik.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada studi literatur ini adalah

- Proses pirolisis untuk mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar.
- Jenis-jenis Plastik yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan bahan bakar :
 1. *Low Density Polietena*
 2. *Poli Propilene*
- Data mengenai limbah plastik ini dilakukan di Surabaya sebagai salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki masalah limbah plastik yang cukup besar.

1.6 Deskripsi Studi Literatur

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan studi literatur ini diantaranya adalah:

1. Studi literatur dilakukan dengan mencari, mengumpulkan, mempelajari dasar teori dan menganalisa data literatur, penelitian terdahulu baik dari text books, jurnal dan paper yang berkaitan dengan penelitian ini
2. Pembuatan laporan data yang telah dianalisis, dituangkan dalam laporan sistematis

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses peruraian bahan organik secara termal tanpa oksigen, produk yang dihasilkan berupa cairan, gas, dan oksigen. Pirolisis tidak melepaskan polutan berupa partikel dan CO₂ ke atmosfer, sehingga praktis tidak mengganggu lingkungan. Beberapa cara telah dilakukan untuk mengolah sampah plastik, baik melalui proses fisika, daur ulang maupun proses kimiawi. Proses kimiawi yang telah dilakukan seperti memecah rantai polimer plastik (depolymerization). Metode pemecahan rantai polimer yang sudah dikenal adalah pirolisis, gasifikasi (SUSDARSUGAWATI, 2012).

Teknik pirolisis ini dapat dikatakan sebagai metode yang ramah lingkungan sebab produk akhirnya menghasilkan CO₂ dan H₂O, yang merupakan gas non toksik. Proses pirolisis menghasilkan senyawa-senyawa hidrokarbon cair mulai dari C₁ hingga C₄, dan senyawa rantai panjang seperti paraffin dan olefin. (ERMAWATI, 2011).

Pirolisis merupakan proses merubah organik substansi organik dengan cara thermal. Pirolisis merupakan kombinasi dari thermal cracking dan kondensasi. Proses pirolisis menghasilkan produk gas, padat, dan cair. Dalam prosesnya pirolisis tidak membutuhkan oksigen di atmosfer. Reaksi pirolisis merupakan reaksi endotherm, karena hal tersebut menjadi alasan mengapa destilasi dapat berlangsung dengan aman.

Produk yang dihasilkan pada proses pirolisis adalah :

1. Gas yang mengandung uap Hidrogen, Methana, Karbon Monoksida, Karbon dioksida, dan gas yang lain tergantung jenis limbah yang di pirolisis.
2. Tar / Oil liquid pada suhu ruang
3. Char yang mengandung karbon dan material yang inert

(TCHOBANOGLUS, 1993)

Minyak Pirolisis adalah produk cair yang mengandung

nafta dan komponen lain yang relatif potensial untuk diolah kembali menjadi fraksi yang dapat memberikan nilai tambah. Beberapa penelitian seputar konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar telah dilakukan dan menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan. Pemanfaatan hasil fraksinasi sampah plastik telah banyak dikembangkan, yaitu pengubahan produk tar (pyrolytic oil) menjadi minyak pelumas menggunakan metode hidroisomerisasi, tetapi masih memerlukan langkah yang cukup panjang. Sistem kerja yang digunakan adalah pirolisis atau destilasi kering. Limbah plastik dipanaskan di atas suhu leburnya sehingga berubah jadi uap (Ofundu, 2011).

Proses pemanasan ini menyebabkan peretakan pada molekul polimer plastik menjadi potongan molekul yang lebih pendek. Selanjutnya, molekul-molekul ini didinginkan jadi fase cair. Cairan yang dihasilkan jadi bahan dasar minyak atau minyak mentah. Dengan destilasi ulang menggunakan temperatur berbeda, yakni mengacu pada titik uap, minyak mentah diproses menjadi premium atau solar. Jika suhu pemanasan yang digunakan di atas 100 derajat celsius, yang dihasilkan adalah zat yang mendekati atau memiliki unsur sama dengan premium. Tinggal mengembunkan lagi uapnya maka didapat premium. Konsep dasarnya mengambil unsur karbon (C) dari polimer penyusun plastik. Polimer tersusun dari hidrokarbon, yakni rangkaian antara atom karbon (CO_2) dan hidrogen (H_2O). Untuk menghasilkan premium perlu rantai hidrokarbon dengan molekul lebih pendek, yakni C6-C10. Untuk menghasilkan minyak tanah dan solar perlu rantai hidrokarbon dengan molekul lebih panjang, yakni C11–C15 (minyak tanah) dan C16-C20 (solar) (Wahyudi, 2001)

Pirolisis merupakan proses penguraian struktur molekul menjadi bahan bakar padat oleh panas. Proses ini menghasilkan tiga macam produk, yakni:

- Gas-gas ringan seperti CO , H_2 , CO_2 , dan CH_4
- Tar, yakni senyawa organik berat yang lepas dari matriks padatan bahan bakar dalam wujud gas dan embun
- arang, yakni residu padat dengan kadar C tinggi yang tersisa dari proses pirolisis (Couto, 2013)

Pada proses akhir perlu refinery, yakni pengolahan bahan baku minyak menjadi minyak siap digunakan. Caranya, dengan mencuci, penambahan aditif, mereduksi kandungan gum atau zat beracun, dan mengklasifikasikan atau mengelompokkan berdasarkan panjang rantai hidrokarbon.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis antara lain adalah :

1. Feedstock
2. Temperatur dan rate pemanasan
3. Tekanan Operasi
4. Tipe Reaktor
5. Waktu tinggal
6. Penggunaan katalis (Feng , 2010)

Penggunaan katalis dalam proses pirolisis, bertujuan untuk mempercepat reaksi , dimana katalis tersebut tidak ikut bereaksi dalam proses pembakaran. Katalis memegang peranan penting dalam kualitas hidrokarbon yang dihasilkan. Katalis juga digunakan untuk menurunkan energi yang terjadi pada proses pembakaran, fungsi lainnya adalah berperan untuk menurunkan konsentrasi klorida (Cl) yang ada pada cairan yang terbentuk sebagai hasil pembakaran. (Ermawati, 2011)

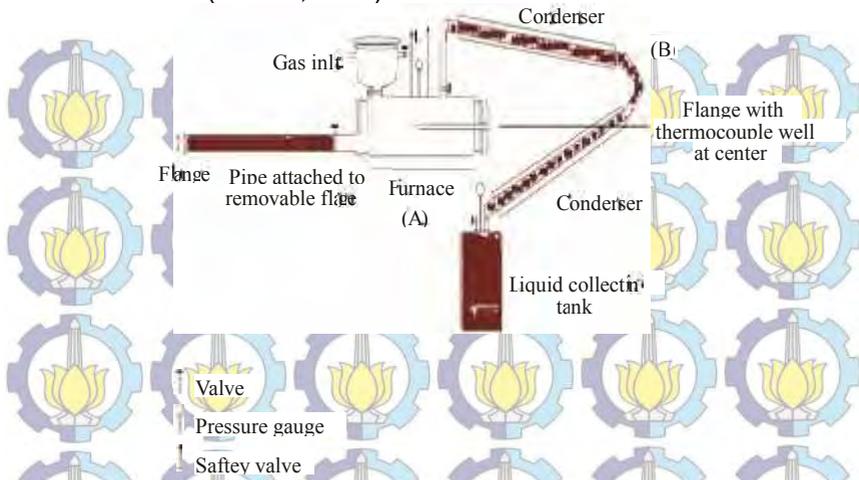
Ada beberapa karakteristik dalam pemilihan katalis, diantaranya adalah :

- a. Bentuk
- b. Fase katalis
- c. Suhu katalis
- d. Luas permukaan katalis
- e. Tipe pengikat
- f. Acidity katalis (bersifat asam)

Macam-macam katalis dalam pirolisis antara lain :

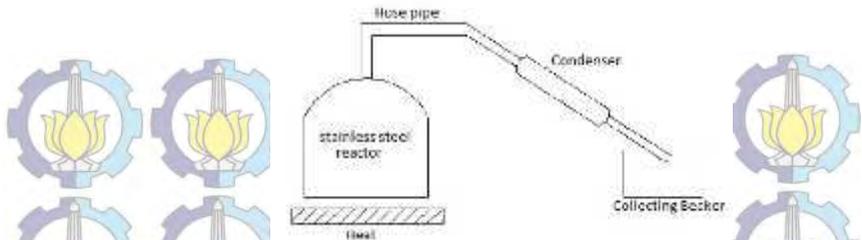
- a. Activated carbon
- b. Kaolin
- c. Zeolit
- d. Silica Alumina

(Panda, 2011)



Gambar 2.1 Skema pirolisis menggunakan katalis (Neeraj Mishra , 2014)

Penelitian yang dilakukan oleh (Gaurav, dkk 2014), menggunakan thermal cracking tanpa menggunakan katalis dalam reaksinya, ini dilakukan untuk mengubah sampah plastik menjadi minyak bahan bakar. Penelitian ini menggunakan LDPE dan PP sebagai bahan bakunya. Keduanya adalah jenis plastik padat yang paling baik dari jenis plastik lain. Pembersihan dari hasil ini menggunakan sabun cair dan air. Dari Gambar 2.1 dan 2.2 didapatkan bahwa pirolisis yang dilakukan oleh Neeraj Mishara adalah pirolisis menggunakan katalis dan tidak menggunakan katalis. Fungsi katalis yakni untuk mempercepat waktu reaksi pirolisis tanpa ikut berakasi dalam proses pirolisis. Selain itu fungsi katalis dalam penelitian Neeraj kali ini untuk menurunkan energi aktivasi serta membuat zat tidak berbahaya kepada kesehatan manusia (mengandung CL_2 saat proses pirolisis).



Gambar 2.2 Skema diagram pirolisis non katalis

2.2 Jenis-Jenis Pirolisis

1. Thermal cracking

Thermal cracking adalah termasuk proses pyrolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi.

(Bajus dan Hájeková, 2010), melakukan penelitian tentang pengolahan campuran 7 jenis plastik menjadi minyak dengan metode thermal cracking. Tujuh jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini dan komposisinya dalam persen berat adalah HDPE (34,6%), LDPE (17,3%), LLP (17,3%), PP (9,6%), PS (9,6%), PET (10,6%), dan PVC (1,1%). Penelitian ini menggunakan batch reactor dengan temperatur dari 350 sampai 500 °C. Dari penelitian ini diketahui bahwa thermal cracking pada campuran 7 jenis plastik akan menghasilkan produk yang berupa gas, minyak dan sisa yang berupa padatan. Adanya plastik jenis PS, PVC dan PET dalam campuran plastik yang diproses akan meningkatkan terbentuknya karbon monoksida dan karbon dioksida di dalam produk gasnya dan menambah kadar benzene, toluene, xylenes, styrene di dalam produk minyaknya.

Penelitian dengan jenis plastik yang lain dilakukan oleh Tubnonghee dkk. Pada tahun 2010. Plastik yang diteliti untuk dijadikan bahan bakar minyak adalah jenis polyethylene (PE) dan polypropylene (PP). Pembuatan bahan bakar minyak dari plastik menggunakan proses thermo cracking (pyrolisis). Pyrolisis

dilakukan pada temperatur 450 °C selama 2 jam. Gas yang terbentuk selanjutnya dikondensasikan menjadi minyak di dalam kondenser yang bertemperatur 21 °C (Pettijohn, 1957).

Minyak yang dihasilkan selanjutnya dianalisa dengan gas chromatography/mass spectrometry untuk mengetahui distribusi jumlah atom karbonnya. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa komposisi minyak dari campuran plastik PE dan PP tersebut mempunyai jumlah atom Carbon yang setara dengan solar, yaitu C12 – C 17.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Sarker dkk. (2012). Pada penelitian ini, sampah plastik LDPE diolah menjadi kerosin dengan metode thermal cracking pada tekanan atmosfer dan dengan temperatur antara 150 °C dan 420 °C. Proses depolimerisasi dilakukan tanpa penambahan katalis. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa kerosin yang didapat sekitar 30%. Bahan bakar yang diperoleh dari proses ini mempunyai kandungan sulfur yang rendah dan nilai kalor yang baik

2. Catalytic cracking

Cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi. Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik low density polyethylene (LDPE) menjadi minyak.

Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan thermal cracking dan catalyst cracking. Pyrolysis dilakukan di dalam tabung stainless steel yang dipanaskan dengan elemen pemanas listrik dengan temperatur bervariasi antara 475 – 600 °C. Kondenser dengan temperatur 30 – 35 °C, digunakan untuk mengembunkan gas yang terbentuk setelah plastik dipanaskan menjadi minyak. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah silica alumina. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan temperatur pyrolysis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak.

(Borsodi dkk., 2011), melakukan penelitian tentang pirolisis terhadap plastik yang terkontaminasi untuk memperoleh senyawa hidrokarbon. Pirolisis dilakukan di dalam reaktor tabung, dengan memasukkan material plastik secara kontinyu. Plastik yang

diproses ada dua macam, yaitu HDPE dalam kondisi bersih dan HDPE yang terkontaminasi minyak pelumas. Dalam penelitian ini temperatur pirolisis 500 °C. Pirolisis dilakukan dengan katalis (thermo-catalytic pyrolysis) dan tanpa katalis (thermal pyrolysis). Katalis yang digunakan adalah Zeolite. Dari penelitian ini diketahui bahwa HDPE yang terkontaminasi produk volatilenya lebih tinggi dan densitasnya juga lebih tinggi. Pemakaian katalis mempengaruhi proses cracking pada HDPE yang tidak terkontaminasi, tetapi pada HDPE yang terkontaminasi pengaruh pemakaian katalis tidak signifikan. Pemakaian katalis menurunkan densitas dari minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis (Syamsiro, 2014)

2.3 Karakteristik Destilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Model ideal distilasi didasarkan pada Hukum Raoult dan Hukum Dalton (Nuriana, 2014)

Proses destilasi, yaitu proses penyulingan berdasarkan perbedaan titik didih. Prinsip dasar proses destilasi adalah sebagai berikut :

- a. Mendinginkan uap dari zat hasil pembakaran dalam tabung pendingin liebeg destilasi.
- b. Tetesan hasil destilasi disebut destilat dan diklasifikasikan berdasarkan perbedaan titik didihnya (Boy, 2009).

Destilasi dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

1. Destilasi biasa, umumnya dengan menaikkan suhu. Tekanan uapnya diatas cairan atau tekanan atmosfer (titik didih normal)

2. Destilasi vakum, cairan diuapkan pada tekanan rendah, jauh dibawah titik didih dan mudah terurai.
3. Destilasi bertingkat atau destilasi terfraksi yaitu proses yang komponen-komponennya secara bertingkat diuapkan dan diembunkan. Penyulingan Terfraksi berbeda dari distilasi biasa, karena ada kolom fraksinasi di mana ada proses refluks. Refluk proses penyulingan dilakukan untuk pemisahan campuran etanol-air dapat terjadi dengan baik. Fungsi kolom fraksinasi sehingga kontak antara cairan dengan uap sedikit lebih lama. Sehingga komponen yang lebih ringan dengan titik didih yang lebih rendah bendungan akan terus menguap ke kondensor. Lebih komponen Sedangkankan distilat bersat akan kembali menjadi labu. Destilasi ini biasanya digunakan untuk memisahkan campuran zat cair yang mempunyai perbedaan titik didih tidak berbeda banyak. Distilasi jenis ini dapat digunakan untuk memisahkan zat yang mempunyai rentang perbedaan titik didih hingga di bawah 30°C . Destilasi ini juga dilaksanakan pada tekanan tetap. Pada percobaan yang dilakukan sample yang digunakan adalah campuran air dan etanol. Campuran ini bersifat azeotrof karena kedua larutan tersebut mempunyai titik didih yang hampir sama sehingga akan sulit untuk dipisahkan antara zat yang satu dengan zat yang lainnya. hal ini dikarenakan pada saat penampungan distilat akan sulit diidentifikasi pergantian fraksinya karena titik didihnya berdekatan (hampir sama) akibatnya ditilat yang tertampung menjadi tidak murni. Belum lagi jika pada sample (campuran air dan etanol) tersebut terdapat pengotor yang mempunyai titik didih yang hamper sama dengan sample yang dapat mengakibatkan distilat menjadi tidak murni.
4. Destilasi azeotrop yaitu destilasi dengan menguapkan zat cair tanpa perubahan komposisi. Jadi ada perbedaan komposisi antara fase cair dan fase uap,



dan hal ini merupakan syarat utama supaya pemisahan dengan distilasi dapat dilakukan. Kalau komposisi fase uap sama dengan komposisi fase cair, maka pemisahan dengan jalan distilasi tidak dapat dilakukan. Distilasi sering digunakan dalam proses isolasi komponen, pemekatan larutan, dan juga pemurnian komponen cair.

Pada percobaan distilasi rangkaian alat juga perlu diperhatikan, pastikan antara sambungan bagian yang satu dengan sambungan bagian yang lainnya tidak terjadi kebocoran. Karena apabila terjadi kebocoran distilat yang terbentuk menjadi lebih sedikit karena ada sebagian uap yang keluar dari rangkaian distilasi. Labu distilasi tidak hanya di isi dengan sample (air dan etanol) tetapi ditambahkan juga batu didih yang akan mencegah terjadinya proses bumping pada saat pemanasan. Pada saat labu distilasi dipanaskan maka akan terbentuk gelembung-gelembung udara yang besar, dengan adanya batu didih maka gelembung-gelembung udara tadi diserap oleh pori-pori batu didih dan dikeluarkan kembali dalam bentuk gelembung udara yang lebih kecil sehingga dapat mencegah terjadinya ledakan pada labu distilasi (Sari, 2007).

2.4. Karakteristik Plastik

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat, dan dapat dilunakkan atau dicetak pada suhu tinggi (suhu peralihan kacanya diatas suhu ruang), jika tidak banyak bersambung silang. Plastik merupakan polimer bercabang atau linier yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya. Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses injection molding dan ekstrusi (Sahwan, 2005) Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alam

yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka "malleable", memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menolerans panas, keras, "reliency" dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri (Triyono, 2007).

Sifat Thermal Bahan Plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu diatas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010)

Berdasarkan Tabel 2.1 dibawah diketahui bahwa jenis plastik PP memiliki temperatur lebur dan tempertaur transisis yang cukup rendah yakni 5 dan 168 °C hal ini menunjukkan bahwa plastik jenis tersebut membutuhkan hanya sedikit kalor untuk membakar / merubah menjadi bahan bakar (BBM).

Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik

Jenis Bahan	T _m (°C)	T _g (°C)	Temperatur kerja maks. (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

Sumber: Utoro, 2011

Daur ulang sampah plastik

Daur ulang merupakan proses pengolahan kembali barang-barang yang dianggap sudah tidak mempunyai nilai ekonomis lagi melalui proses fisik maupun kimiawi atau kedua-duanya sehingga diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan lagi. Daurlang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daurlang primer, daurlang sekunder, daurlang tersier dan daurlang quarter. Daurlang primer adalah daurlang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daurlang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daurlang sekunder adalah daurlang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daurlang tersier adalah daurlang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daurlang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam

sampah plastik (Kumar, 2011).

Perbandingan energi yang terkandung dalam plastik dengan sumber- sumber energi lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Nilai kalor plastik dan bahan lainnya

Material	Nilai Kalor (MJ/kg)
Polyethylene	46,3
Polypropylene	46,4
Polyvinyl chloride	18,0
Polystyrene	41,4
Coal	24,3
Petrol	44,0
Diesel	43,0
Heavy fuel Oil	41,1
Light fuel Oil	41,9
LPG	46,1
Kerosene	43,4

Sumber: Das dan Pande, 2007

Berdasarkan data dari Tabel 2.2 diatas berbagai macam derivat plastik di atas, dilakukan pemilihan seleksi untuk dijadikan bahan bakar. Dengan mengasumsikan bahwa 950 ml minyak dapat dihasilkan dari recovery plastik sebanyak 1 kg. Selain itu dari data diatas didapatkan bahwa PP dan PS memiliki tingkat kalor yan hampir mirip dengan bahan bakar / kerosen. Hal ini dapat menjadi acuan bahwa ke kedua jenis plastik tersebut dapat di konversikan menjadi bahan bakar dengan metode pirolisis. Selain itu didapatkan pula bahwa PVC memiliki nilai kalor yang amat rendah, jadi tidak cocok untuk di jadikan bahan bakar dengan metode pirolisis.

Berikut adalah tabel seleksi derivat plastik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar :

Tabel 2.3 Tabel kesesuaian jenis plastik untuk dijadikan bahan bakar

Resin	Kesesuaian untuk dijadikan bahan bakar
Polyethylene (PE)	Sangat baik
Polypropylene PP)	Sangat baik
Polystyrene (PS)	Sangat baik
ABS resin (ABS)	Baik. (Membutuhkan pengukuran gas-off)
Polyvinylchloride (PVC)	Tidak cocok (harus dihindari)
Polyurethane (PUR)	Tidak cocok (harus dihindari)
Fiber Reinforced Plastics (FRP)	Sedang (membutuhkan treatmen untuk menghilangkan fiber)
PET	Tidak cocok (harus dihindari)

Sumber: (Thorat , 2013)

Jenis plastik selain PE, PP, PS tidak cocok untuk dijadikan bahan bakar sebab menurut (UNEP , 2009) plastik PE, PP, PS tersusun atas carbon dan hidrogen unsur utama untuk membuat biodisel yang baik. Sedangkan plastik jenis PET mengandung oksigen dan membutuhkan suhu yang lebih rendah untuk menghasilkan bahan bakar, serta mempunyai efisiensi yang rendah dibandingkan PP, PE , PS. Juga mengandung format terephlatic acid dan aldehid. Sementara PVC mengandung klorida senyawa yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Berikut nilai kalor beberapa jenis plastik untuk dijadikan bahan bakar.

Tabel 2.4 Nilai Kalor Beberapa Jenis Plastik

Material	Btu per pound	kilojoules per kilo
# 2 fuel oil	20,900	48,50
Plastics		
Polyethyl	20,000	46,50
Polypropy	19,300	45,00
Polystyre	17,900	41,60
PET	9,290	21,60
PVC	8,170	19,00
Coal	11,500	27,00
Newspaper	7,200	17,00
Wood	6,700	15,50
Average	4,650	10,80
Yard Waste	3,000	7,00
Food Waste	2,600	6,00

Sumber : Epic, 2004

2.5 Jenis Plastik

Plastik dapat digolongkan berdasarkan :

A. Sifat fisiknya

1. *Termoplastik*. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), Akrilonitil Butadiena Stiren (ABS), polikarbonat (PC).
2. *Termoset*. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida. (Unep, 2009)

B. Jenis Plastik Berdasarkan Penggunaannya

1. *Plastik komoditas*

a. Sifat mekanik tidak terlalu bagus.

b. Tidak tahan panas.

c. Contohnya: - Polietilena (PE).

- Polistiren (PS).

- Akrilonitil Butadiena Stiren (ABS).

- Polimetil Metakrilat (PMMA).

- Stirena Akrilonitil (SAN).

2. *Plastik teknik*

a. Tahan panas, temperatur operasi di atas 100°C.

b. Sifat mekanik bagus.

c. Contohnya: Poliamid (PA), Polikarbonat (PC).

d. Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik.

3. *Plastik teknik khusus*

a. Temperatur operasi di atas 150°C.

b. Sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kg/cm²).

c. Contohnya: - Polyester Staple Fibers (PSF).

- Polyethersulfone (PES).

- Polyamide Imide (PAI)

C. Kode Daur Ulang :

1. Jenis Pertama :



Gambar 2.3 : Logo Daur Ulang Jenis PETE atau PET

Tanda ini biasanya tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya serta tulisan PETE atau PET (polyethylene terephthalate) di bawah segitiga. Biasa dipakai untuk botol plastik, berwarna jernih atau transparan atau tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Botol jenis PET atau PETE ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Bila terlalu sering dipakai, apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat apalagi panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) dalam jangka panjang.

2. Jenis Kedua



Gambar 2.4 : Logo Daur Ulang Jenis HDPE

Umumnya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 2 di tengahnya, serta tulisan HDPE (high

density polyethylene) di bawah segitiga. Biasa dipakai untuk botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan lain-lain. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya. Sama seperti PET, HDPE juga direkomendasikan hanya untuk sekali pemakaian karena pelepasan senyawa antimon trioksida terus meningkat seiring waktu.

3. Jenis Ketiga:



Gambar 2.5 : Logo Daur Ulang Jenis PVC

Tertera logo daur ulang (terkadang berwarna merah) dengan angka 3 di tengahnya, serta tulisan V. V itu berarti PVC (polyvinyl chloride), yaitu jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (cling wrap), dan botol-botol. Reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas dengan plastik ini berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan berat badan. Sebaiknya kita mencari alternatif pembungkus makanan lain (bukan bertanda 3 dan V) seperti plastik yang terbuat dari polietilena atau bahan alami (daun

pisang misalnya).

4. Jenis Keempat



Gambar 2.6 : Logo Daur Ulang LDPE

Tertera logo daur ulang dengan angka 4 di tengahnya, serta tulisan LDPE. LDPE (low density polyethylene) yaitu plastik tipe cokelat (thermoplastic atau dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek.

Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah

- a. Kuat.
- b. Agak tembus cahaya.
- c. Fleksibel dan permukaan agak berlemak.
- d. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia.
- e. Daya proteksi terhadap uap air tergolong baik.
- f. Kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen.

Plastik ini dapat didaur ulang, baik untuk

barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia. Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini.

5. Jenis Kelima



Gambar 2.7 : Logo Daur Ulang Jenis PP

Tertera logo daur ulang dengan angka 5 di tengahnya, serta tulisan PP. Karakteristik adalah biasa botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap.

Jenis PP (polypropylene) ini adalah pilihan bahan plastik terbaik, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan terpenting botol minum untuk bayi. Carilah dengan kode angka 5 bila membeli barang berbahan plastik untuk menyimpan kemasan berbagai makanan dan minuman.

6. Jenis Ke Enam



Gambar 2.8 :Logo Daur Ulang Plastik Jenis PS

Tertera logo daur ulang dengan angka 6 di tengahnya, serta tulisan PS. PS (polystyrene) ditemukan tahun 1839, oleh Eduard Simon, seorang apoteker dari Jerman, secara tidak sengaja. PS biasa dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai, dan lain-lain. Polystyrene merupakan polimer aromatik yang dapat mengeluarkan bahan styrene ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan. Selain tempat makanan, styrene juga bisa didapatkan dari asap rokok, asap kendaraan dan bahan konstruksi gedung. Bahan ini harus dihindari, karena selain berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi, dan pertumbuhan dan sistem syaraf, juga karena bahan ini sulit didaur ulang.

Pun bila di daur ulang, bahan ini memerlukan proses yang sangat panjang dan lama. Bahan ini dapat dikenali dengan kode angka 6, namun bila tidak tertera kode angka tersebut pada kemasan plastik, bahan ini dapat dikenali dengan cara dibakar (cara terakhir dan sebaiknya

dihindari). Ketika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan api berwarna kuning jingga, dan meninggalkan jelaga.

7. Jenis ke tujuh:



Gambar 2.9 : Logo Daur Ulang Jenis OTHER

Untuk jenis plastik 7 Other ini ada 4 jenis, yaitu :

- a. SAN – styrene acrylonitrile.
- b. ABS - acrylonitrile butadiene styrene.
- c. PC – polycarbonate.
- d. Nylon.

Dapat ditemukan pada tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, dan plastik kemasan. SAN dan ABS memiliki resistensi yang tinggi terhadap reaksi kimia dan suhu, kekuatan, kekakuan, dan tingkat kekerasan yang telah ditingkatkan. Biasanya terdapat pada mangkuk mixer, pembungkus termos, piring, alat makan, penyaring kopi, dan sikat gigi, sedangkan ABS biasanya digunakan sebagai bahan mainan lego dan pipa.

Plastik dengan jenis 7 yaitu SAN dan ABS merupakan salah satu bahan plastik yang sangat baik untuk digunakan dalam kemasan makanan ataupun minuman. Bagaimana jenis plastik dengan kode 7 serta tulisan PC. PC atau nama Polycarbonate dapat ditemukan pada botol susu bayi, gelas anak batita (sippy cup), botol minum polikarbonat, dan kaleng kemasan makanan dan minuman, termasuk kaleng susu formula (UNEP, 2009)

2.6 Karakteristik Polietilena

Polietilena adalah plastik yang paling sederhana dan juga paling murah. Selain itu tidak berbau, tidak berwarna dan tidak beracun. Oleh karena itu, polietilena (disingkat PE) (IUPAC: Polietena) adalah termoplastik yang digunakan secara luas oleh konsumen produk sebagai kantong plastik banyak digunakan untuk pembungkus makanan, kantong plastik, jas hujan, ember, panci, dan sebagainya. Sekitar 60 juta ton plastik jenis polietilena diproduksi setiap tahunnya. Secara kimia, PE sangat *inert* dan tidak larut dalam larutan apapun dalam suhu kamar, tetapi dapat mengembang dalam cairan hidrokarbon (seperti: minyak tanah, bensin) & karbon tetraklorida. Selain itu, PE tahan terhadap asam (seperti: cuka, air aki) dan basa (NaOH, Deterjen) tetapi rusak oleh asam nitrat pekat yaitu lebih dari 86 %.



Gambar 2.10 Molekul penyusun Poly Ethilene (Winata, 2010).

Jika PE dipanaskan secara kuat maka ikatannya menjadi silang, diikuti pemutusan ikatan secara acak pada suhu lebih tinggi, tapi tidak terjadi pada depolimerisasi. Depolimerisasi adalah upaya untuk mendapatkan kembali senyawa dasar polimer plastik. Karena ikatan itulah, PE di bedakan menjadi dua jenis : LDPE (*Low Density Polyethelene*) dan HDPE (*High Density Polyethelene*). LDPE bersifat lebih plastis, ikatannya tidak rapat dan rantainya bercabang. Sedangkan HDPE bersifat kaku, ikatannya rapat dan rantainya lurus. Maka, dapat di ilustrasikan melalui tabel –tabel berikut :

Tabel 2.3 : Sifat Fisik dan Kimia Polietilena (antara LDPE dengan HDPE)

SIFAT KIMIA	POLIETILENA	
	HDPE	LDPE
Molekul rapat	√	X
Rantai bercabang	X	√
Rantai lurus	√	X
CONTOH PRODUK	Alat Dapur	Plastik ES
SIFAT FISIK	POLIETILENA	
	HDPE	LDPE
Mudah dipatahkan	X	√
Tidak pecah	√	√
Dapat dilipat	X	√
Tenggelam dalam air	√	X
Lunak karena pemanasan	X	√
Buram/ wama putih susu	√	X
Titik leleh rendah	X	√
Plastis	X	√
Kaku	√	X
LOGO DAUR ULANG		

Sumber : UNEP, 2009

Berdasarkan Tabel 2.3 dan Gambar 2.10 di dapatkann bahwa PE memiliki rantai molekul yang lurus. Selain itu didapatkan sifat fisik dan kimia dari plastik Poly ethilen. Pada Tabel 2.4 didapatkan pula sifat fisik dan kimia polyetilene. Jadi perbedaan LDPE dan HDPE terletak pada densitas nya. Polietilena dibentuk melalui proses polimerisasi, yaitu upaya pembentukan plastik dari

etena. Polietilena bisa diproduksi melalui proses polimerisasi radikal (disebabkan karena adanya radikal bebas berupa elektron), polimerisasi adisi anionik, polimerisasi ion koordinasi, atau polimerisasi adisi kationik. Setiap metode menghasilkan tipe polietilena yang berbeda. Monomernya, yaitu etena, di peroleh dari hasil perengkahan (*cracking*) minyak atau gas bumi (Mustofa K, 2014). Berikut adalah sifat fisik dan kimia Poly Ethilene:

Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Kimia Poly Ethilene

Sifat Fisik	Sifat Kimia
Wujud : Solid	Bau Tak Berbau
Titik Lebur : 98~111	Titik Nyala > 340
Temperatur Spontan : 340	Rantai Kimia Lurus
Densitas: 0.910 ~ 0.930	Kelarutan dalam air Tidak larut

Sumber : USI Corporation

2.7 Karakteristik Polipropilena

Polipropilena atau polipropena (PP) adalah sebuah polimer termo plastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil

(contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik, perlengkapan labolatorium, penguas suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer. Polimer adisi yang terbuat dari monomer propilena, permukaannya tidak rata serta memiliki sifat resistan yang tidak biasa terhadap kebanyakan pelarut kimia, basa dan asam.



Gambar 2.11 Molekul Penyusun Poly Propilena (Winata, 2010)

Dari Gambar 2.11 dapat diketahui bahwa Poly propilene memiliki rantai yang lebih bercabang dibandingkan dengan Poly ethilene yang memiliki rantai molekul yang cenderung lurus. Karakteristik adalah biasa botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Jenis Polipropilena (PP) ini adalah pilihan bahan plastik terbaik, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan terpenting botol minum untuk bayi.

Pengolahan lelehnya polipropilena bisa dicapai melalui ekstrusi dan pencetakan. Metode ekstrusi (peleleran) yang umum menyertakan produksi serat pinal ikat (*spun bond*) dan tiup (hembus) leleh untuk membentuk gulungan yang panjang buat nantinya diubah menjadi beragam produk yang berguna seperti masker muka, penyaring, popok dan lap.

Teknik pembentukan yang paling umum adalah pencetakan suntik, yang digunakan untuk berbagai bagian seperti cangkir, alat pemotong, botol kecil, topi, wadah, perabotan, dan suku cadang otomotif seperti baterai. Teknik pencetakan tiup dan injection-stretch blow molding juga digunakan, yang melibatkan ekstrusi dan pencetakan.

Dibawah ini merupakan sifat fisik dan sifat kimia Poly Propilene

Tabel 2.5 Sifat Fisik dan Kimia Poly Propilene

SIFAT FISIK/KIMIA	KETERANGAN
Form	Solid Granules
Warna	Putih Transparan
Bau	Seperti Lilin
Titik Lebur	130-167°C
Titik Nyala	> 329°C
Temperatur Pemakaran	> 400°C
Temperatur Dekomposisi	> 300°C
Bahaya Ledakan	Tidak meledak
Density	0.89-0.94 g/cm ³
Kelarutan	Tidak Larut
Additional Information	Soluble in boiling, aromatic chlorinated solvents

Sumber : Indian Oil

Dari Tabel 2.5 didapatkan sifat fisik dan kimia Poly Propilene seperti titik lebur, titik nyala dan densitas Poly Propilene. Ada banyak penerapan penggunaan akhir untuk Polipropelina (PP) karena dalam proses pembuatannya bisa di-tailor grade dengan aditif serta sifat molekul yang spesifik. Sebagai misal, berbagai aditif antistatik bisa ditambahkan untuk memperkuat resistensi permukaan PP terhadap debu dan pasir. Kebanyakan teknik penyelesaian fisik, seperti pemesinan, bisa pula digunakan pada Polipropelina (PP). Perawatan permukaan bisa diterapkan ke berbagai bagian Polipropelina (PP) untuk meningkatkan adhesi (rekatan) cat dan tinta cetak.

Jenis plastik yang populer digunakan untuk pengemasan

daging yaitu PE (*polyethy1en*) dan PP (*polyprophylen*)J karena kedua jenis plastik tersebut selain harganya murah, mudah ditemukan di pasaran, juga memiliki sifat umumyang hampir sarna. Plastik PE tidak menunjukkan perubahan pada suhu maksimum 93°C -121°C dan suhu minimum -46°C -(-5tC, namun memiliki p~rmeabilitas yang cukup tinggi terhadap gas-gas organik sehingga masih dapat teroksidasi apabila disimpan dalam jangka waktu yang lama (Anggono, 2009).

2.8. Jenis Bahan Bakar

A. Bahan bakar padat

Ada berbagai jenis bahan bakar padat, diantaranya batu bara dan kayu. Seluruh jenis tersebut dapat terbakar, dan menciptakan api dan panas. Batu bara dibakar di dalam kereta uap untuk memanaskan air sehingga menjadi uap untuk menggerakkan peralatan dan menyediakan energi. Kayu umumnya digunakan untuk pemanasan domestik dan industri.

B. Bahan bakar cair dan gas

Bahan bakar yang non-solid (padat) termasuk minyak dan gas (keduanya mempunyai subjenis yang beragam di antaranya adalah bahan bakar alam dan bensin).bahan bakar yang sekarang merupakan bahan bakar yang memiliki potensi besar ialah hidrogen. Hidrogen adalah suatu bahan bakar yang unsur pembentuk utamanya adalah air dan gas. Kita ketahui bersama bahwa air memiliki jumlah yang begitu besar maka air bisa dikategorikan sebagai energi terbarukan. Hidrongen (H_2) didapatkan dari senyawa H_2O yang jika diuraikan H_2 dan O_2 . Kekurangan dari pada bahan bakar hidrogen ialah pengelolannya yang cukup rumit tapi bila

dimasukkan dalam blans energi tetap menguntungkan, ini dikarenakan adanya energi yang dipakai untuk menghasilkan energi baru (Triyono, 2007 dalam Munawar).

2.9 Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak

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

Hidro cracking

Hidro cracking adalah proses cracking dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses hydrocracking ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1-methyl naphtalene, tetralin dan decalin. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain alumina, amorphous silica alumina, zeolite dan sulphate zirconia. Penelitian tentang proses hydrocracking ini antara lain telah dilakukan oleh Rodiansono (2005) yang melakukan penelitian hydro cracking sampah plastik polipropilena menjadi bensin (hidrokarbon C5-C12) menggunakan katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb₂O₅. Proses hydro cracking dilakukan dalam reaktor semi alir (semi flow-fixed bed reactor) pada temperatur 300, 360, dan 400 °C; rasio katalis/umpan 0,17; 0,25; 0,5 dengan laju alir gas hidrogen 150 mL/jam. Uji aktivitas katalis

NiMo/zeolite yang menghasilkan selektivitas produk C7-C8 tertinggi dicapai pada temperatur 360°C dan rasio katalis/umpan 0,5. Kinerja katalis NiMo/zeolit menurun setelah pemakaian beberapa kali, tetapi dengan proses regenerasi kinerjanya bisa dikembalikan lagi.

Nurchayo (2005), melakukan penelitian sama dengan penelitian Rodiansono (2005) tetapi dengan katalis NiPd/Zeolite. Uji aktivitas katalis NiPd/Zeolit untuk reaksi hydro cracking sampah plastik menjadi fraksi bensin telah dilakukan dengan variasi temperatur 300, 350, 400, 450 dan 500 °C dan variasi rasio berat katalis : umpan 1/2, 1/4, dan 1/6 dengan sistem semi alir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas katalis optimum dicapai pada temperatur 450 °C dan rasio berat katalis : umpan = 1/2.

Sedangkan Daryoso dkk (2012), melakukan penelitian tentang pengolahan sampah plastik jenis polietilen dengan metode hydro cracking menggunakan katalis Ni-Mo/zeolite. Hydro cracking dilakukan dengan variasi perbandingan katalis/bahan plastik 1:4, 2:4, 3:4, dan temperatur prosesnya diatur 350°C, 400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C selama 2 jam. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa Katalis Ni Mo/Zeolit Alam yang telah dipreparasi berperan dalam proses hidorengkah sampah polietilen menghasilkan produk hidorengkah dengan rantai hidrokarbon yang pendek. Rasio massa katalis Ni-Mo/Zeolit alam dengan umpan optimum yang menghasilkan konversi sampah polietilen paling besar didapat pada perbandingan 3 : 4 yaitu sebesar 8,032 %. Temperatur optimum yang menghasilkan konversi sampah polietilen paling besar diperoleh pada temperatur 500 °C yaitu sebesar 1,334 %.

Thermal cracking

Thermal cracking adalah termasuk proses pyrolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi.

Bajus dan Hájeková, 2010, melakukan penelitian tentang pengolahan campuran 7 jenis plastik menjadi minyak dengan metode thermal cracking. Tujuh jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini dan komposisinya dalam persen berat adalah HDPE (34,6%), LDPE (17,3%), LLPE (17,3%), PP (9,6%), PS (9,6%), PET (10,6%), dan PVC (1,1%). Penelitian ini menggunakan batch reactor dengan temperatur dari 350 sampai 500 °C. Dari penelitian ini diketahui bahwa thermal cracking pada campuran 7 jenis plastik akan menghasilkan produk yang berupa gas, minyak dan sisa yang berupa padatan.

Adanya plastik jenis PS, PVC dan PET dalam campuran plastik yang diproses akan meningkatkan terbentuknya karbon monoksida dan karbon dioksida di dalam produk gasnya dan menambah kadar benzene, toluene, xylenes, styrene di dalam produk minyaknya. Penelitian dengan jenis plastik yang lain dilakukan oleh Tubnonghee dkk. pada tahun 2010. Plastik yang diteliti untuk dijadikan bahan bakar minyak adalah jenis polyethylene (PE) dan polypropylene (PP). Pembuatan bahan bakar minyak dari plastik menggunakan proses *thermo cracking* (pyrolysis). Pyrolysis dilakukan pada temperatur 450 °C selama 2 jam. Gas yang terbentuk selanjutnya dikondensasikan menjadi minyak di dalam kondenser yang bertemperatur 21 °C.

Minyak yang dihasilkan selanjutnya dianalisa dengan *gas chromatography/mass spectrometry* untuk mengetahui distribusi jumlah atom karbonnya. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa komposisi minyak dari campuran plastik PE dan PP tersebut mempunyai jumlah atom Carbon yang setara dengan solar, yaitu C₁₂ – C₁₇.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Sarker dkk. (2012). Pada penelitian ini, sampah plastik LDPE diolah menjadi kerosin dengan metode thermal cracking pada tekanan atmosfer dan dengan temperatur antara 150 °C dan 420 °C. Proses depolimerisasi dilakukan tanpa penambahan katalis. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa kerosin yang didapat sekitar 30 %. Bahan bakar yang diperoleh dari proses ini mempunyai kandungan sulfur yang rendah dan nilai kalor yang baik.

Catalytic cracking

Cracking cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi. Osueke dan Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik *low density polyethylene* (LDPE) menjadi minyak. Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan *thermal cracking* dan *catalyst cracking*. Pyrolisis dilakukan di dalam tabung stainless steel yang dipanaskan dengan elemen pemanas listrik dengan temperatur bervariasi antara 475 – 600 °C. Kondenser dengan temperatur 30 – 35 °C, digunakan untuk mengembunkan gas yang terbentuk setelah plastik dipanaskan menjadi minyak. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah silica alumina. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan temperatur pyrolisis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak.

Borsodi dkk., 2011, melakukan penelitian tentang pirolisis terhadap plastik yang terkontaminasi untuk memperoleh senyawa hidrokarbon. Pirolisis dilakukan di dalam reaktor tabung, dengan memasukkan material plastik secara kontinyu. Plastik yang diproses ada dua macam, yaitu HDPE dalam kondisi bersih dan HDPE yang terkontaminasi minyak pelumas.

Dalam penelitian ini temperatur pirolisis 500°C. Pirolisis dilakukan dengan katalis (thermo-catalytic pyrolysis) dan tanpa katalis (thermal pyrolysis). Katalis yang digunakan adalah Y- zeolite. Dari penelitian ini diketahui bahwa HDPE yang terkontaminasi produk volatilenya lebih tinggi dan densitasnya juga lebih tinggi. Pemakaian katalis mempengaruhi proses cracking pada HDPE yang tidak terkontaminasi, tetapi pada HDPE yang terkontaminasi pengaruh pemakaian katalis tidak signifikan.

Secara komersil untuk memproduksi minyak dari limbah plastik dapat dilakukan dengan 3 metode :

1. Proses thermofuel

Pada proses ini, awalnya plastik di konversi hingga menjadi bentuk cair kemudian dipecah/*cracking* pada suhu 350-425°C di dalam reaktor stainless steel. Gas

hasil pirolisis ini di kondensasi dengan two-stage kondensor hingga dihasilkan hidrokarbon aromatik. Hasil ini ekuivalen dengan bahan bakar diesel. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah :

- a. Pemanasan yang merata
- b. Plastik harus dalam keadaan homogeny
- c. Secara konstan membuang char dari proses
- d. Kondensasi dan fraksinasi secara baik.

2. Proses SMUDA

Yaitu proses yang berlangsung terus menerus dengan mencampurkan plastik dalam jumlah tertentu dan dipanaskan dengan pirolisis chamber tanpa adanya oksigen dari luar sampai titik lebur plastik tersebut. Untuk volume plastik sendiri, dipertahankan pada 60% volume reaktor, setelah itu dibersihkan dengan gas N_2 yang bersifat inert. Katalis silika ditambahkan dengan volume 5-10% saja, untuk mempercepat *cracking* dari plastik tersebut. Hasil dari proses SMUDA ini adalah 85% grade-diesel 85% dan bahan bakar setara premium 15%.

3. Proses Hitachi

Penelitian ini ditemukan oleh hitachi zosen, dimana dia mengembangkan tangki pirolisis untuk proses pirolisis. Alat tersebut memiliki karakteristik :

- a. Mampu mencampur limbah plastik secara sempurna
- b. Temperatur pirolisis yang relative rendah
- c. Secara otomatis dapat menghiangkan char
- d. Kondensor dibuat bertingkat 2 atau 3
- e. Memproduksi kerosene dan bahan bakar setara premium

Semua itu diatur oleh program aspen HYSYS dengan langkah-langkah :

1. Mm
2. Menggunakan gas yang tidak dingin
3. Pemasukan limbah plastik pada suhu 30°C (PP

0,3% , PS 0,3%, PE 0,4%)

4. Pemanasan reaktor dilakukan pada suhu 425°C – 450°C

5. Pendinginan uap pertama pada suhu 300°C, kemudian dipisahkan fase gas dan cairnya

6. Pendinginan kedua pada suhu 175°C

7. Menghilangkan residu

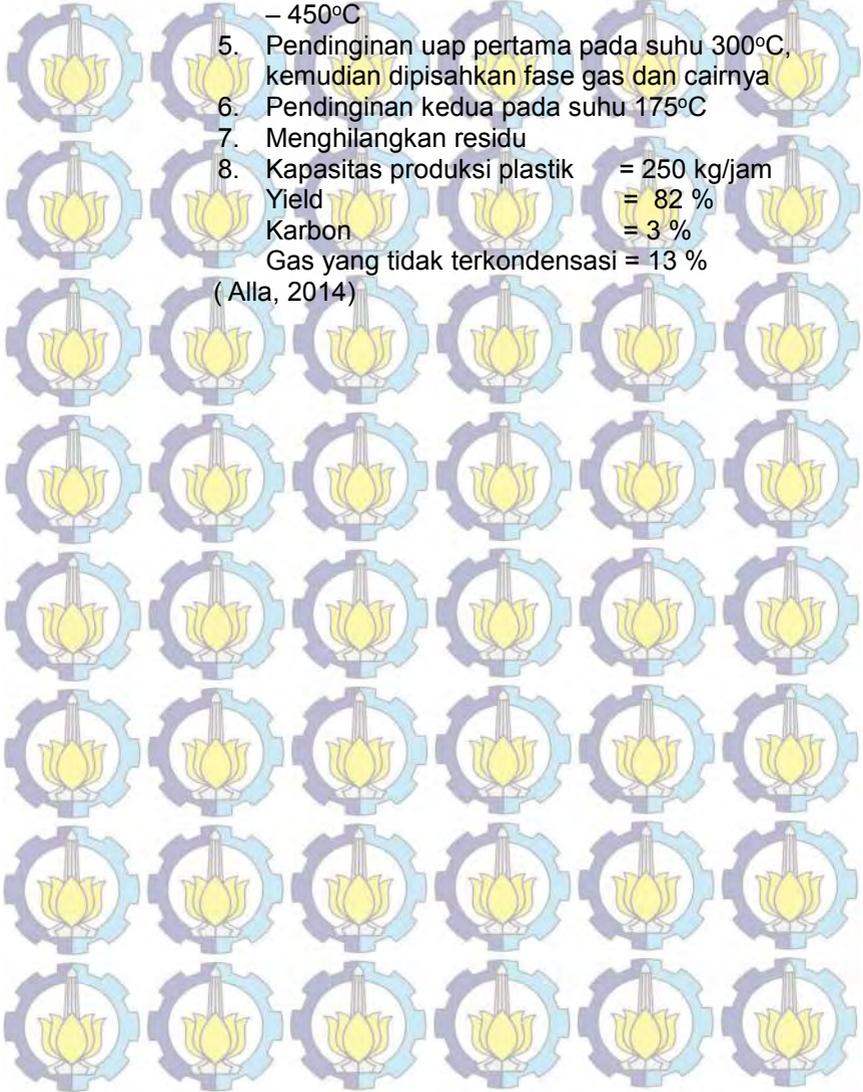
8. Kapasitas produksi plastik = 250 kg/jam

Yield = 82 %

Karbon = 3 %

Gas yang tidak terkondensasi = 13 %

(Alla, 2014)



BAB 3 METODE STUDI LITERATUR

3.1 Jenis Penelitian

Dilihat dari metode yang digunakan dalam tugas akhir ini berupa studi literatur. Studi literatur ini dilakukan dengan menelaah tulisan-tulisan ilmiah yang telah dibuat sebelumnya. Langkah-langkah studi yang akan dilakukan mengenai pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar dirumuskan pada Gambar 3.1

Latar Belakang

Kondisi Kekinian

Limbah plastik, baik dari industri dan rumah tangga telah meningkat tajam. Plastik di seluruh dunia produksi naik menjadi 280 juta ton pada 2011. Dari 2010-2016, konsumsi plastik global diperkirakan akan tumbuh rata-rata sekitar 4% setiap tahun. Ini akan menjadi setara dengan jumlah sampah yang dihasilkan mencapai 74% dari semua limbah plastik (Aguado, 2008 dalam Wiwin Sriningsih).

GAP

Kondisi Ideal

Minimal ada pengolahan plastik untuk dijadikan bahan bakar. Ada metode untuk hal tersebut diantaranya pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan pada suhu $> 700^{\circ}\text{C}$ dan menghasilkan bahan bakar yang setara dengan bensin.

```
graph TD; A[Ide Penelitian] --> B[Rumusan Masalah]; B --> C[Tujuan];
```

Ide Penelitian

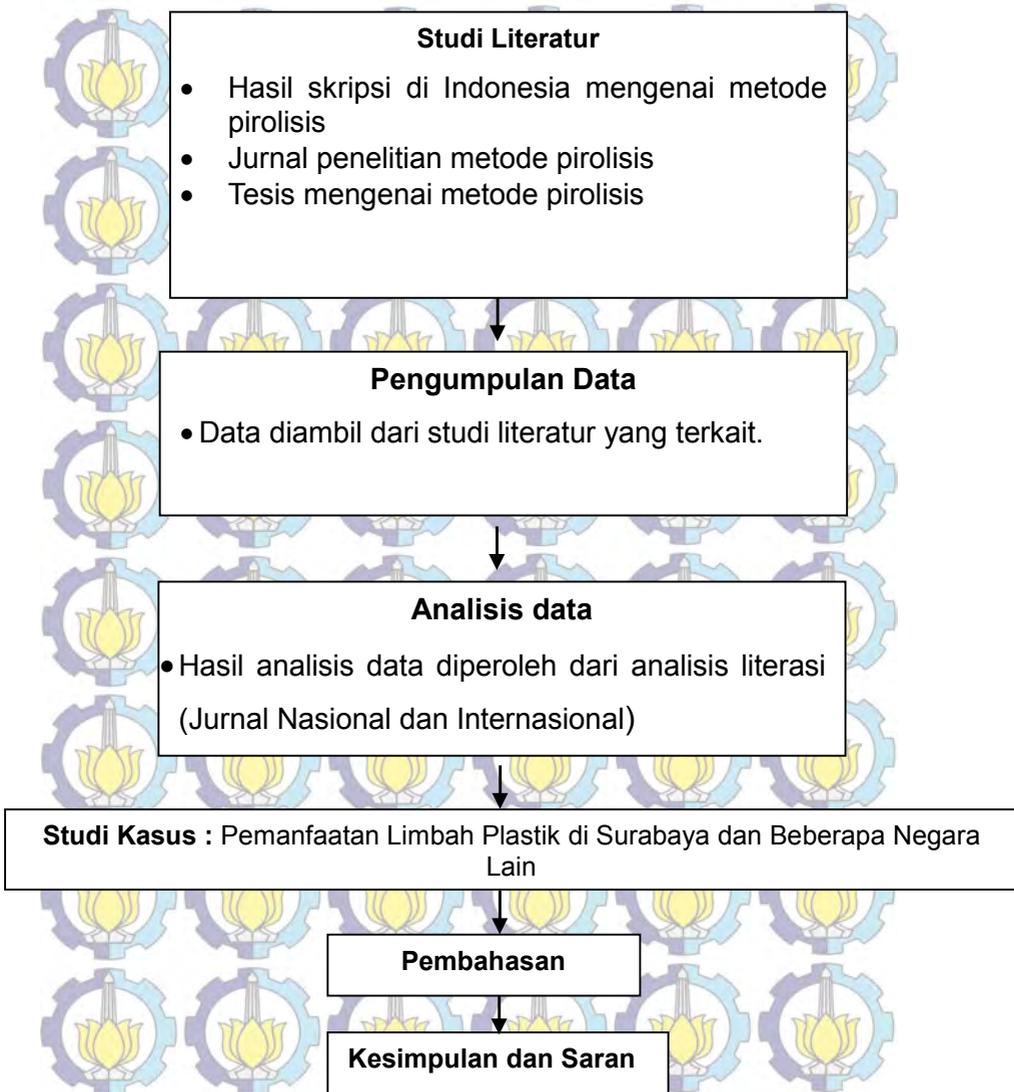
Kajian Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene dan Polypropilene Sebagai Bahan Bakar.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan bahan bakar dengan bahan baku *Low Density Polyethylene* dan *Polypropilene* menggunakan metode pirolisis?
2. Bagaimana tingkat efisiensi (%) *Low Density Polyethylene* dibandingkan dengan *Poly Propilene* untuk dijadikan bahan bakar menggunakan metode pirolisis?
3. Bagaimana penggunaan metode pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar di Indonesia dengan Luar Negeri?

Tujuan

1. Menganalisis literatur proses pembuatan bahan bakar dengan bahan baku *Low Density Polyethylene* dan *Polypropilene* menggunakan metode pirolisis
2. Menganalisis literatur tingkat efisiensi (%) antara *Low Density Polyethylene* dibandingkan dengan *Poly Propilene* untuk dijadikan bahan bakar menggunakan metode pirolisis
3. Menganalisis literatur penggunaan metode pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar di Indonesia dengan Luar Negeri?



3.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah meliputi cara menganalisis Low Density Polyethylene dan Polypropilene sebagai bahan bakar dengan metode pirolisis.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mengumpulkan informasi yang dapat mendukung analisa Low Density Polyethylene dan Polypropilene sebagai bahan bakar. Studi literatur yang akan dilakukan terdiri dari :

1. Hasil skripsi di Indonesia mengenai metode pirolisis
2. Jurnal penelitian nasional maupun internasional mengenai metode pirolisis
3. Tesis mengenai metode pirolisis

3.4 Pembahasan

Pembahasan studi kasus meliputi jenis plastik yang paling efisien untuk dijadikan bahan bakar dengan metode pirolisis. Selain itu pembahasan ini juga meliputi hasil studi literatur dan analisa dari studi kasus yang berupa perbandingan pemanfaatan plastik di Surabaya dan luar negeri.

3.5 Kesimpulan

Kegiatan ini bertujuan untuk menyimpulkan hasil pembahasan.

3.6 Penulisan Laporan

Kegiatan ini bertujuan untuk menuliskan hasil yang diperoleh dalam penyusunan tugas akhir ini, mulai dari penggalan ide studi sampai diperoleh kesimpulan.

BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA

4.1 **Proses Pembuatan Bahan Bakar Dengan Bahan Baku *Low Density Polyethylene* dan *Polypropilene* dengan metode pirolisis.**

Proses Pirolisis menggunakan bahan baku berupa plastik polyethylene jenis LDPE (Low Density Polyethylene) digunakan untuk menghasilkan produk utama berupa cairan (minyak). LDPE dimasukkan dalam reaktor pirolisis yang dilengkapi termokopel dan regulator untuk menjaga kestabilan suhu operasi, serta pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan gas hasil pirolisis. Kondisi operasi berlangsung pada tekanan atmosfer dengan variasi suhu berkisar antara 400°C–600°C dengan waktu tertentu. Jumlah produk yang dihasilkan berbanding lurus dengan kenaikan suhu serta lama proses berlangsung. Sedangkan padatan atau karbon yang tertinggal dalam reactor akan semakin sedikit dengan adanya kenaikan suhu dan waktu proses penelitian. Pirolisis dihentikan jika hasil cairan sudah tidak menetes lagi (Sumarni, 2008).

Produk gas hasil pirolisis adalah gas yang tidak bisa diimbunkan. Produk akhir padatan berupa arang, akan tertinggal di dalam reaktor, Sedangkan produk cair adalah hasil destilasi yang merupakan hasil utama dalam proses pirolisis. Hasil optimum pada percobaan ini pada suhu sekitar 550°C pada tekanan atmosfer. Produk gas maupun cairan sebagai hasil reaksi utama akan semakin banyak dengan naiknya suhu pirolisis, sedangkan padatan yang tertinggal dalam reaktor semakin sedikit.(Sumarni, 2008).

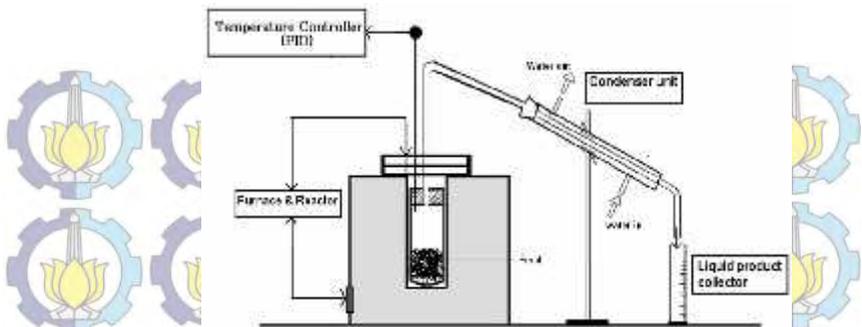
Proses Pirolisis menggunakan bahan baku berupa plastik polyethylene jenis PP (polyprophylene) digunakan untuk menghasilkan produk utama berupa cairan (minyak). PP dimasukkan ke dalam reaktor dan dipanaskan pada suhu 350oC – 600°C tanpa menggunakan oksigen sama sekali hingga proses ini mengalami depolimerisasi. Katalis digunakan dalam proses ini dengan tujuan meningkatkan kualitas produk dan menurunkan

energy yang dibutuhkan dalam proses pirolisis. Berat katalis adalah 1% dari berat total plastik yang dimasukkan ke dalam reaktor. Suhu optimum dalam percobaan ini adalah 400°C. Dengan hasil pirolisis adalah sebagai berikut : 10 % natural gas, 76,39 % lightweight oil, 11,73 % heavy oil, dan 1,52 % residu berupa padatan. (Simon, 2006)

Pirolisis plastik yang pernah dilakukan oleh Purwanti adalah dari 100 gram kantong plastik yang diolah pada suhu 400°C dalam waktu dua jam, diperoleh cairan mirip minyak bumi sekitar 75 gram (Purwanti Ani, 2008.). Adapun gas bakar yang didapat mencapai 116 ml per gram plastik bekas. Adanya kelemahan sistem batch, maka dikembangkan sistem "sinambung", dengan konstruksi agak berbeda. Pemanasan dilakukan dengan listrik, dibantu dengan nyala gas hasil pirolisis, dan sistem pendingin ditingkatkan. Pada proses ini, hasil cair yang diperoleh 79%-83% dari berat plastik yang dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, dengan panas dari luar yang dapat dikurangi 10%-15%.

Berdasarkan analisa yang pernah dilakukan Lembaga Minyak dan Gas Bumi (Lemigas), minyak dari plastik bekas ini memiliki sifat tidak jenuh. Artinya, perbandingan antara karbon dan hidrogen tidak seimbang sehingga ada mata rantai yang tidak terisi. Minyak berwarna kuning kecokelatan, tetapi sudah bisa untuk bahan bakar kompor atau obor (Purwanti, 2008). Minyak hasil pirolisis ini mudah terbakar, mengeluarkan jelaga, dan baunya merangsang. Minyak pirolisis ini dapat diolah lagi supaya mempunyai sifat jenuh dan stabil.

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa dalam reaktor furnace adalah plastik waste sementara termometer controller (PID) untuk menunjukkan suhu (400-550°C). Sementara uap yang naik akan di kondensikan di condensor untuk mendapatkan minyak. Plastik yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 20 gram.



Gambar 4.1 Set-up pirolisis
Sumber : (Kumar dan Singh, 2011)

Pranata, (2008) meneliti tentang minyak pirolisis dari plastik polietilena, hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak pirolisis dari plastik polietilena mempunyai densitas 939 kg/m^3 atau lebih berat dari minyak tanah. Minyak bakar ini mempunyai ignition point $30,4^\circ\text{C}$ sehingga sangat mudah dinyalakan. Komponen utama minyak pirolisis dari plastik polietilena adalah styrene monomer yang kadarnya hampir 64%. Sedangkan lebih dari 80% minyak pirolisis ini terdiri dari styrene. Karakteristik bahan bakar sampah plastik khususnya plastik polietilena dapat dilihat di dalam Tabel 4.1.

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur dan waktu terhadap hasil char pada proses pirolisis, dimana semakin tinggi temperatur setelah melewati temperatur puncak, reaktifitas dari char akan menurun. Sedangkan komponen waktu tidak terlalu berpengaruh terhadap terhadap reaktifitas dari char. Oleh karena itu salah satu variasi pada penelitian yang akan dilakukan adalah variasi suhu.

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses cracking (perekahan). Cracking adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses cracking plastik ini dapat diguna sebagai bahan

kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses cracking yaitu hidro cracking, thermal cracking dan catalytic cracking (Panda, 2011).

Tabel 4.1. Karakteristik Bahan Bakar dari Sampah Plastik Polietilena

No	Unsur	Satuan	Jumlah
1	<i>Density</i> (15 ⁰ C)	g/cm ³	0,939
2	<i>Kinematic viscosity</i> (30 ⁰ C)	mm ² /s	1,189
3	<i>Ignition poin</i>	⁰ C	30,5
4	Komponen		
	a. <i>Styrene Monomer</i>	%	63,9
	b. <i>Styrene dimmer</i>	%	11,5
	c. <i>Styrene Trimer</i>	%	5,7
	d. <i>Toulene</i>	%	2,2
	e. <i>Ethyl Benzene</i>	%	1,4
	f. <i>Alphamethyl styrene</i>	%	2,2
	g. <i>Other</i>	%	13,1

Sumber : Pranata, 2008

Dari Tabel 4.1 diketahui bahwa sifat / karakteristik dari baan bakar plastiik khususnya jenis Poly Ethena. Dengan komponen penyusun utama bahan bakar dari sampah Poly Ethena adalah Monomer Styren.

4.2 Efisiensi *Low Density Polyethylene* dan *Poly Propilene* Untuk Dijadikan Bahan Bakar

a. Polietilen

Merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat sifat mekaniknya yang baik, polietilen mempunyai ketebalan 0.001 sampai 0.01 inci, yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan, karena sifatnya yang thermoplastik, polietilen mudah dibuat kantung dengan derajat kerapatan yang baik (Sacharow dan Griffin, 1970).

Konversi etilen menjadi polietilen (PE) secara komersial semula dilakukan dengan tekanan tinggi, namun ditemukan cara tanpa tekanan tinggi.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Polietilen dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping dari industri minyak dan batubara. Proses polimerisasi yang dilakukan ada dua macam, yakni pertama dengan polimerisasi yang dijalankan dalam bejana bertekanan tinggi (1000-3000 atm) menghasilkan molekul makro dengan banyak percabangan yakni campuran dari rantai lurus dan bercabang. Cara kedua, polimerisasi dalam bejana bertekanan rendah (10-40 atm) menghasilkan molekul makro berantai lurus dan tersusun paralel.

b. LOW DENSITY POLYETHYLEN (LDPE)

Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen, sedangkan jenis plastik HDPE mempunyai sifat lebih kaku, lebih keras, kurang tembus cahaya dan kurang terasa berlemak.

c. HIGH DENSITY POLYETHYLEN (HDPE).

Pada polietilen jenis low density terdapat sedikit cabang

pada rantai antara molekulnya yang menyebabkan plastik ini memiliki densitas yang rendah, sedangkan high density mempunyai jumlah rantai cabang yang lebih sedikit dibanding jenis low density. Dengan demikian, high density memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Ikatan hidrogen antar molekul juga berperan dalam menentukan titik leleh plastik (Windarti, 2011).

d. POLYPROPILENA

Polipropilen sangat mirip dengan polietilen dan sifat-sifat penggunaannya juga serupa (Brody, 1972). Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap (Winarno dan Jenie, 1983). Monomer polypropilen diperoleh dengan pemecahan secara thermal naphtha (distalasi minyak kasar) etilen, propylene dan homologues yang lebih tinggi dipisahkan dengan distilasi pada temperatur rendah. Dengan menggunakan katalis Natta- Ziegler polypropilen dapat diperoleh dari propilen (Birley, 1988).

4.2.1 Pirolisis Plastik LDPE

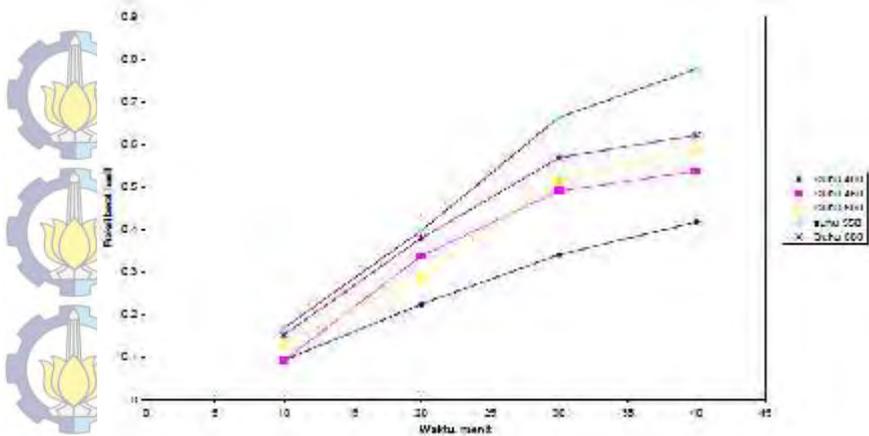
Dalam studi literatur ini akan dibandingkan beberapa penelitian terdahulu mengenai efisiensi LDPE dalam proses pirolisis.

4.2.1.1 Pirolisis Plastik LDPE percobaan purwati ani

Pada pirolisis plastik LDPE Variable Pirolisis Plastik LDPE Range Suhu Percobaan = 400-600°C (Purwanti, 2008).

Menghasilkan GasMax = 59% pada 500°C dan Gas min = 45 % pada 450°C. Sementara Yield atau presentasi minyak yang diperoleh sebesar Cair maks = 60 % pada 550°C dan Cair min = 35 % pada

400°C.

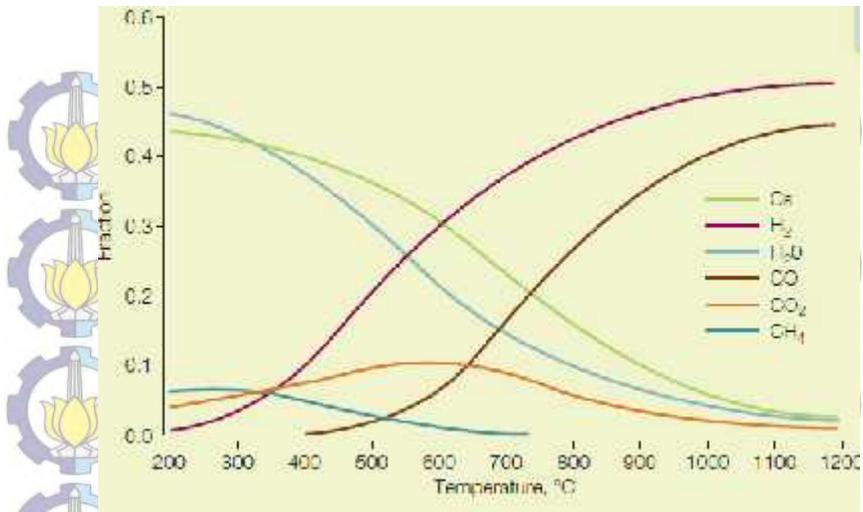


Gambar 4.2 Grafik Antara Waktu reaksi dengan Hasil pirolisis
Sumber : Purwanti, 2008

Dari Gambar 4.2 terlihat bahwa waktu dan suhu sangat berpengaruh kepada hasil minyak pirolisis. Terbukti dengan adanya kenaikan suhu tidak berefek pada minyak hasil pirolisis. Terlihat pula bahwa suhu 550°C adalah yang paling banyak menghasilkan produk (BBM).

4.2.1.2 Pirolisis Plastik LDPE percobaan C-Tech Innovation Ltd

Pada Pirolisis plastik LDPE Range suhu Percobaan = 400-600°C (C-Tech, 2003). Dan Gas max dicapai sebesar 21,4% pada 420°C dan Gas min 11,4 % pada 300°C. Sementara yield atau minyak yang diperoleh dari pirolisis plastik LDPE sebesar Cair max 36,8% pada 480°C dan Cair min sebesar 17,8% pada 400°C



Gambar 4.3 Hasil pirolisis plastik LDPE
 Sumber : C Tech Innovation Ltd, 2003

Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa temperature sangat berpengaruh terhadap fraksi yang terbentuk. Pada gambar tersebut juga dapat terlihat bahwa gas H₂ dan CO₂ yang banyak terbentuk dipengaruhi oleh kenaikan suhu. Sedangkan untuk fraksi C_s dan H₂O komposisi nya bertambah seiring dengan penurunan suhu. Sementara CH₄ dan CO₂ tidak dipengaruhi oleh kenaikan suhu / bersifat fluktuatif.

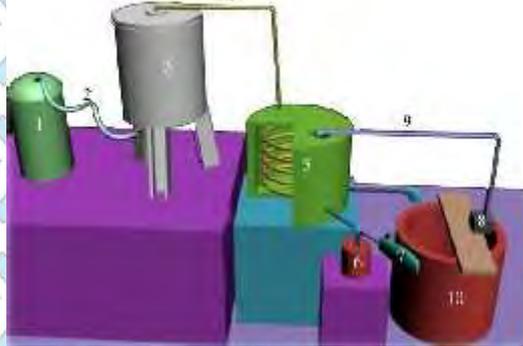
4.2.2 Pirolisis Plastik PP

Dalam studi literatur ini akan dibandingkan beberapa penelitian terdahulu mengenai efisiensi PP dalam proses pirolisis.

4.2.2.1 Pirolisis Plastik PP Percobaan Joko susilo, 2010

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh joko, 2010 yang meneliti tentang uji sifat minyak pirolisis dan uji performansi kompor berbahan bakar minyak pirolisis dari sampah plastik.

Metode pengujian ini yaitu pengujian wbt. Pada dasarnya pengujian wbt ini mempunyai bagian yang penting yaitu pengujian wbt start dingin, pengujian wbt start panas, pengujian wbt simmering. Bahan plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Polypropylene dan LDPE (low density polyethylene). Sedangkan suhu yang digunakan adalah 300°C, 350°C, 400°C, 450°C.



Gambar 4.4 Skema alat uji

Sumber : Joko , 2010

Keterangan:

1. Tabung Gas
2. Selang Kompor Gas
3. Reaktor pirolisis
4. Pipa minyak pirolisis
5. Unit pendingin

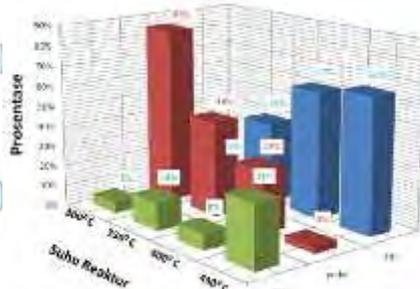
6. Temperatur penampung minyak pirolisis
7. Fan
8. Pompa air
9. Pipa penyalur air
10. Bak penampung air

Dari Gambar 4.4 dapat terlihat bahwa reaktor pirolisis dapat di buat dari akat dan bahan yang sederhana. Serta didapatkan pula minyak yang cukup banyak.

Pada pirolisis plastik PP didapatkan data bahwa jumlah cairan tertinggi pada saat suhu reaktor sebesar 450°C dan terendah pada suhu 300°C , masing- masing sebesar 66% dan 9%. Sedangkan jumlah gas yang dihasilkan mencapai persentase terendah pada suhu 300°C dan mencapai persentase tertinggi pada suhu 450°C yaitu masing-masing sebesar 5% dan 31%. Sedangkan padatan yang dihasilkan tertinggi pada saat suhu reaktor 300°C dan terendah pada suhu 450°C masing-masing sebesar 85% dan 3% hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dari data di atas terlihat bahwa semakin tinggi suhu dinding reaktor maka minyak yang dihasilkan juga semakin meningkat. Sedangkan jumlah padatan yang tersisa hasil pirolisis semakin menurun dengan meningkatnya suhu dinding tabung reaktor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Catalyst tentang pirolisis campuran berbagai macam plastik.

Didapatkan hasil pada suhu 400°C jumlah minyak yang dihasilkan adalah 55% dan pada suhu 450°C jumlah minyak yang dihasilkan adalah 80%. Dari data penelitian ini diperoleh fakta bahwa pada saat temperatur dinding reaktor meningkat dari 400°C menjadi 450°C terjadi penurunan jumlah padatan.

Pirolisis plastik PP, didapatkan hasil bahwa pada suhu rendah plastik PP yang memiliki struktur ikatan kristal teratur, lebih sulit terdekomposisi jika dibandingkan dengan plastik PE yang memiliki struktur rantai yang panjang dan bercabang. Pada penelitian Catalysts tersebut didapatkan hasil bahwa pada suhu 400°C jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 47,5% 10%, dan 42,5%. Pada suhu 500°C jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 79,45%, 20,56%, dan 0%. Hal ini konsisten dengan penelitian yang telah dilakukan ini bahwa pada saat suhu reaktor naik dari 400°C menjadi 450°C jumlah minyak dan gas yang dihasilkan meningkat dan jumlah padatan menurun. Gambar 4.5 menunjukkan hasil pirolisis plastik PP yang telah dilakukan. Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pada suhu reaktor 400°C jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 62%, 8%, dan 30%, sedangkan pada suhu 450°C jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 66%, 31%, dan 3%.



Gambar 4.5 Hasil pirolisis plastik PP
Sumber : Joko, 2010

Hasil uji untuk penelitian minyak pirolisis ini adalah:

1. Viskositas LDPE rata-rata = 0,58 cP
Viskositas PP = 0,43 cP
2. Massa jenis LDPE rata-rata = 0,75 kg/L
Massa jenis PP rata-rata = 0,73 kg/L
3. Nilai kalor LDPE rata-rata = 43,32 MJ/kg
Nilai kalor PP rata-rata = 43,33 MJ/kg
2. Massa jenis LDPE rata-rata = 0,75 kg/L
Massa jenis PP rata-rata = 0,73 kg/L
3. Nilai kalor LDPE rata-rata = 43,32 MJ/kg
Nilai kalor PP rata-rata = 43,33 MJ/kg

Data perhitungan dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengujian viskositas minyak

No	Sampel	Suhu Reaktor (°C)	Waktu alir minyak (s)	Viskositas (cP)
1	LDPE	300	8,16	0,40
2	LDPE	350	11,61	0,57
3	LDPE	400	12,3	0,61
4	LDPE	450	14,83	0,75
5	PP	300	7,51	0,35
6	PP	350	8,04	0,38
7	PP	400	9,78	0,47
8	PP	450	10,80	0,53
Rata-rata				0,51

Sumber : Joko, 2010

Tabel 4.3 Hasil pengujian nilai kalor minyak

No	Janis Plastik	Suhu ($^{\circ}$ C)	Nilai Kalor (MJ/kg)
1	PP	300	43,92
2	PP	350	46,13
3	PP	400	40,45
4	PP	450	42,80
5	LDPE	300	41,76
6	LDPE	350	44,39
7	LDPE	400	41,54
8	LDPE	450	45,66
Rata-rata			43,33

Sumber : Joko, 2010

Dari Tabel 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa viskositas dan nilai kalor hasil penelitian minyak hasil pirolisis LDPE dan PP memiliki nilai rata-rata 43,33 dan 0,51. Dari hasil tersebut maka akan didapatkan suhu optimum untuk mereaksikan LDPE dan PP. Efisiensi dari pengujian ini menggunakan minyak hasil pirolisis pada plastik PP dan LDPE, berturut-turut sebesar 46%, dan 45%.

Dari jenis plastik yang diteliti (PP dan PE), maka jenis plastik yang memiliki potensi sifat fisik dan kimia yang lebih unggul jika diolah menjadi minyak pirolisis adalah jenis plastik PP.

4.2.2.2 Pirolisis Plastik PP Percobaan Adityo, 2011

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Adityo, 2011, yang meneliti tentang metode pirolisis pada campuran biomassa dan sampah plastik Polypropylene.

Proses pirolisis yang dilakukan dibuat pada suhu 400 $^{\circ}$ C, 500 $^{\circ}$ C, 600 $^{\circ}$ C. Kadar air 15% untuk sampah biomassa

Tabel 4.4 Viskositas minyak pirolisis

No	Sampel	Viskositas (Centipoise)
1	400 (70% B: 30%P)	5
2	400 (50% B: 50%P)	3,75
3	400 (30% B: 70%P)	2
4	500 (70% B: 30%P)	1,75
5	500 (50% B: 50%P)	1,5
6	500 (30% B: 70%P)	1,5
7	600 (70% B: 30%P)	2
8	600 (50% B: 50%P)	1,9
9	600 (30% B: 70%P)	1,85
10	Aquadest	1
	Rata-Rata	34,37

Sumber : Adityo, 2011

Tabel 4.5 Massa jenis minyak hasil pirolisis

No	Sampel	Masa Jenis kg/l
1	400 (70% B: 30%P)	0,81
2	400 (50% B: 50%P)	0,73
3	400 (30% B: 70%P)	0,7
4	500 (70% B: 30%P)	0,75
5	500 (50% B: 50%P)	0,73
6	500 (30% B: 70%P)	0,7
7	600 (70% B: 30%P)	0,7
8	600 (50% B: 50%P)	0,68
9	600 (30% B: 70%P)	0,67
	Rata-Rata	0,71

Sumber : Adityo, 2011

Tabel 4.6 Nilai kalor hasil minyak pirolisis

No	Sampel	Rata-Rata MJ/kg
1	400 (70% B: 30%P)	8,5
2	400 (50% B: 50%P)	43,7
3	400 (30% B: 70%P)	46,5
4	500 (70% B: 30%P)	16,8
5	500 (50% B: 50%P)	43
6	500 (30% B: 70%P)	44,8
7	600 (70% B: 30%P)	19,8
8	600 (50% B: 50%P)	42,3
9	600 (30% B: 70%P)	43,9
Rata-Rata		34,37

Sumber : Adityo, 2011

Dari hasil Tabel 4.3-4.5, nilai viskositas yang tinggi dihasilkan pada temperatur yang rendah dikarenakan molekul yang berat terdapat pada temperatur yang rendah. Untuk nilai kalor tertinggi menghasilkan minyak pirolisis yang paling banyak. Setelah itu dilakukan uji efisiensi pada minyak pirolisis melakukan dengan menggunakan metode wbt (water boling test). Metode ini menghitung besarnya panas sensibel (SH), panas laten (LH), Energi panas(Q), efisiensi thermal.

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa dengan semakin meningkatnya jumlah biomassa dan menurunnya jumlah polypropylene akan menghasilkan nilai efisiensi minyak pirolisis yang semakin rendah dibandingkan pengurangan jumlah biomassa dan peningkatan jumlah plastik akan menghasilkan nilai efisiensi minyak pirolisis yang semakin tinggi.

4.3

Pemanfaatan Limbah Plastik Di Luar Negeri

Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktifitas

manusia. Setiap aktifitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah sampah sebanding dengan tingkat konsumsi kita terhadap barang (material) yang kita gunakan sehari-hari. Jenis sampah pun sangat tergantung dari jenis material yang kita konsumsi. Secara umum, jenis sampah dapat dibagi 2 yaitu sampah organik biasa juga kita sebut sampah basah dan sampah anorganik kita sebut sampah kering. Sampah basah adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup, seperti daun-daunan, sampah dapur, dll.

Sampah kering, seperti kertas, plastik, kaleng, botol, besi dll. Sampah organik dapat terdegradasi membusuk dan hancur secara alami. Sedangkan sampah anorganik, sampah jenis ini tidak dapat terdegradasi secara alami serta memerlukan proses berpuluh tahun agar hancur. Semua negara di dunia mengalami masalah sampah ini. Dalam studi literatur ini akan dibahas mengenai pemanfaatan limbah plastik di beberapa Negara selain di Indonesia.

4.3.1 Pemanfaatan Limbah Plastik di Jepang

Persoalan sampah plastik tidak hanya dialami Indonesia, tetapi juga seluruh negara-negara di dunia termasuk Jepang. Plastik sebagaimana kita ketahui sangat sulit terurai di dalam tanah, butuh waktu ratusan tahun, sehingga menjadi permasalahan serius bagi lingkungan hidup karena akan sangat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, pengolahan sampah plastik menjadi produk yang bermanfaat menjadi sangat penting untuk mengurangi timbunan sampah plastik. Ada beberapa metode pengolahan sampah plastik diantaranya peleburan sampah plastik menjadi bijih plastik kembali untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan baku produk plastik. Metode lain yang saat ini sedang populer adalah dengan mengkonversinya menjadi bahan bakar minyak (BBM) setara bensin dan solar. Hal ini sangat mungkin dilakukan karena sebagaimana kita ketahui bahwa plastik dibuat dari minyak bumi sehingga proses ini hanya mengembalikan ke bentuk asalnya.

Di Jepang sudah ada beberapa pengolahan sampah

plastik menjadi BBM yang sudah masuk skala komersial mulai yang skala kecil hingga skala besar. Salah satunya adalah perusahaan yang bernama BLEST Company berlokasi di daerah Hiratsuka, Propinsi Kanagawa yang berlokasi dekat dari ibukota Tokyo. Perusahaan ini mengkonversi sampah plastic menjadi BBM menggunakan metode pirolisis.

Secara umum, mekanisme konversi sampah plastik menjadi BBM adalah dengan menggunakan metode pirolisis, yaitu memanaskan plastik pada suhu di atas 400°C tanpa oksigen. Pada suhu tersebut, plastik akan meleleh dan kemudian berubah menjadi gas. Pada saat proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar, baik berupa bensin maupun bahan bakar diesel. Untuk mendapatkan hasil dan performa yang lebih baik, maka ditambahkan lah katalis. Beberapa parameter sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan antara lain yaitu suhu, waktu, dan jenis katalis.

Dari Gambar 4.7 dan 4.9 didapatkan bahwa alat yang dikembangkan oleh BLEST sendiri menggunakan metode non katalis. Ada beberapa ukuran mesin yang dikembangkan oleh mereka. Semuanya menggunakan pemanasan listrik, hal ini karena akan memudahkan kontrol suhunya. Yang pertama, skala kecil yang bisa ditaruh di meja, sangat cocok untuk edukasi. Kapasitasnya sekitar 1 kg per batch. Desainnya dibuat sangat sederhana dalam pengoperasiannya, kompak dan mudah dipindahkan. Walaupun nampak kecil tetapi teknologinya sudah cukup moderen. Untuk pengaturan suhu pemanasannya, dipasang kontroler yang bisa di-set sesuai dengan kebutuhan panasnya. Sebagian plastik akan diubah menjadi gas hidrokarbon, untuk mencegah dampak polusinya, maka dipasang juga satu set alat yang berisi katalis yang akan mengubah gas hidrokarbon tersebut menjadi uap air dan karbondioksida. Waktu yang dibutuhkan untuk sekali proses sangat tergantung dari jenis plastiknya, kisaran

waktunya sekitar 2-3 jam.



Gambar 4.7 Mesin pengolah sampah plastik menjadi BBM skala kecil

Proses pirolisis dilakukan pada suhu 400 – 450 derajat Celcius tanpa menggunakan katalis. Hasil pirolisis dari campuran PE dan PP akan menghasilkan bahan bakar cair yang setara dengan bensin, kerosene, solar dan heavy oil, dimana persentase keempatnya tergantung dari persentase campuran PE dan PP yang diinputkan ke dalam reaktor.



Gambar 4.8 Mesin dengan sistem kontinyu yang sedang dalam proses perakitan



Gambar 4.9 Reaktor pirolisis skala medium

Sedangkan cairan hasil pirolisis PS hanya mengandung styrenemonomer, styrene dimer dan styrene trimer, yang jika dimurnikan akan menjadi bahan baku dari plastik. Selain itu hasil pirolisis PS juga dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar cair lain dengan persentase kurang dari 20%.



Gambar 4.10 Hasil penyulingan bahan bakar cair yang diperoleh dari pirolisis PP dan PE di BLEST Company (dari kiri ke kanan): bensin (gasoline), kerosene, solar (diesel oil) dan heavy oil. Sumber : (Syamsiro, 2013).

4.3.2 Pemanfaatan Limbah Plastik di Korea Selatan

Konsumsi plastik di Korea meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2000 sampah plastik mencapai 4 juta ton per tahun. Dari tabel 4.7 terdapat 6 jenis utama plastik limbah padat antara lain : high density polyethylene (HDPE), low density polyethylene (LDPE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyvinyl chloride (PVC), and polyethylene terephthalate (PET).

Tabel 4.7 limbah plastik di Korea :

Unit: 1,000 ton)

Type	LDPE	HDPE	PP	PVC	PS	ABS	Sum
1994	996	1,309	1,611	791	801	384	5,891
1995	1,195	1,235	1,613	898	842	465	6,249
1996	1,253	1,342	1,737	996	923	536	6,787
1997	1,394	1,551	2,081	1,08	950	560	7,621
1998	1,429	1,569	2,265	1,093	939	596	7,891
1999	1,657	1,695	2,361	1,161	971	763	8,608
2000	1,550	1,670	2,347	1,187	1,04	878	8,673

Sumber : Park, 2011

Park, Salah satu peneliti dari Universitas Yonsei melakukan percobaan untuk memanfaatkan berbagai macam jenis sampah ini menggunakan proses pirolisis. Dia mengambil salah satu contoh dari jenis plastik tersebut yaitu LDPE dalam penelitiannya dengan alasan bahwa LDPE adalah jenis plastik yang paling banyak digunakan untuk berbagai industri. Industri tersebut antara lain : industry tas, container, film, water hoses, dan lain-lain.

Dalam percobaannya , dibuat berbagai macam variable suhu dan waktu yang berbeda beda. Variable temperaturnya adalah 440°C, 450°C, 460°C, 470°C, dan 500°C. Sedangkan Variable waktunya 40 menit, 61 menit, 90 menit, 91 menit, dan 132 menit. Percobaan ini tanpa menggunakan katalis apapun.

Dari Tabel 4.8 hasil yang diperoleh dari percobaan tersebut, bahwa pirolisis dengan menggunakan bahan LDPE

menghasilkan minyak. Indikator keberhasilan dalam uji ini adalah pada berat molekul minyak. Pada temperatur yang meningkat dan waktu dipersingkat maka rasio minyak yang dihasilkan akan lebih rendah. Sebaliknya, pada temperature yang menurun dan waktunya lebih lama, maka rasio minyak yang dihasilkan lebih tinggi. Diketahui, pada suhu 440°C lah dapat menghasilkan minyak yang paling maksimum dengan waktu 132 menit.

Tabel 4.8 Hasil Pirolisis Berbanding Suhu di Korsel

Reaktor (°C)	Catalyst	RT (min)	Yield (wt%)	Appearance	SC ₁ (wt%)	Yield of SC ₁ (wt%)
480	10%NiO.SA	41	68	Waxy	17.0	11.6
440	10%NiO.SA	97	63	Light oil	63.0	39.7
430	10%NiO.SA	136	60	Light oil	75.0	45.6

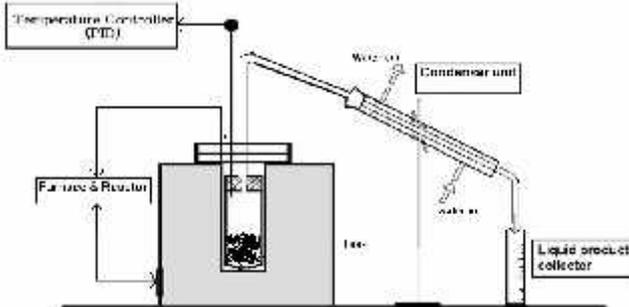
Sumber : Park, 2011

4.3.3 Pemanfaatan Limbah Plastik di India

HDPE adalah salah satu komposisi tiga besar dari komoditas plastik di dunia setelah polyvinyl klorida dan Polypropylene. Salah satu universitas di india (National Institute of Technology Orisa India) meneliti tentang hal ini untuk me-recycle plastik (polimer) yang sudah tidak terpakai menjadi single polimer seperti HDPE menghasilkan minyak. Ada beberapa teknik untuk hal tersebut, antara lain : pirolisis, hidrolisis, hidrogenasi, metanolisis, dan gasifikasi. Dari teknik tersebut ada beberapa teknik yang disarankan untuk membentuk plastik menjadi polimer yang homogen, diantaranya adalah pirolisis dan gasifikasi.

HDPE yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 1cm² dengan spesifikasi ASTM D3173-75. Penelitian ini dirancang dengan suhu antara 400°C sampai 550°C dengan flow rate 40 ml/min. Reaktor yang digunakan adalah reaktor semi batch.

Variable waktu yang digunakan adalah 54 menit, 68 menit, 290 menit, 760 menit. Penelitian ini menggunakan 2 variable bebas , yaitu variable suhu dan variable waktu. Akan dicari pada variable mana yang paling maksimum menghasilkan minyak. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil bahwa yield minyak paling tinggi ada pada suhu 450°C pada waktu 4 jam (Sachin Kumar, 2011)



Gambar 4.11 Skema pirolisis
Sumber: Kumar, 2011

Tabel 4.9 Hasil percobaan dengan variable suhu dan waktu

Temperature (°C)	Oil (wt.%)	Wax (wt.%)	Gas/ volatile (wt.%)	Residue (wt.%)	Reaction time (min)
400	11.2	0	84.2	4.6	760
450	23.96	0	72.24	3.8	290
500	21.87	50.38	24.75	3	68
550	7.86	71.22	18.42	2.5	54

Sumber : S. Kumar, 2011

Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.11 di dapatkan bahwa reaktor pirolisis mempengaruhi hasil pirolisis nya. Bukan suhu yang mempengaruhi proses pirolisis. Terlihat bahwa pada suhu optimum (450°C) dapat menghasilkan oil sebanyak 23,96 %.

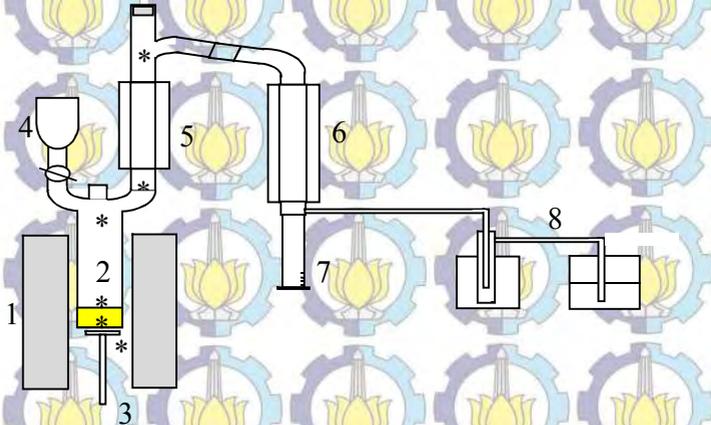
4.3.4 Pemanfaatan Limbah Plastik di Australia

Pengolahan limbah plastik di Australia sudah ada sejak tahun 1980, tepatnya di kota Melbourne. Seperti halnya, di beberapa Negara lain proses yang dipilih pun sama yaitu pirolisis. Proses ini dipilih karena lebih sederhana dalam hal pemanfaatan pemanasan saat melakukan percobaan dan mencampur limbah plastiknya pun tidak membutuhkan udara (dalam hal ini oksigen). Kekurangan dalam metode ini adalah dalam hal ekonomi, dikarenakan reaktor dan alat-alat yang digunakan mahal harganya. Jadi untuk skala besar, memerlukan pertimbangan yang baik.

Hasil dari proses pirolisis ini yang utama adalah minyak, gas, dan char. Jika temperature dinaikkan, maka hasil dalam bentuk gas yang lebih banyak dari pada liquid. Maka dari itu dibutuhkan temperature dan waktu yang sesuai untuk menghasilkan minyak yang sudah di destilasi. Pada penelitian ini, beberapa jenis plastik diikuti seperti HDPE, LDPE, dan PP. Untuk bahan HDPE berasal dari botol-botol susu, bahan LDPE dari tas belanja, dan bahan PP berasal dari bahan container pengantar makanan.

Komposisi plastik dari penelitian ini adalah : 46 % polyolefins (HDPE, LDPE, PP), 44% PET, 6% polystyrene, dan 4 % PVC. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : tube furnace, reaktor tubular, magnetic stirrer, hopper, reflux condenser, product condenser, liquid collection vessel, termokopel. Temperatur maksimal yang digunakan dalam percobaan ini adalah 550°C dengan waktu maksimum 80 menit. Setelah dilakukan percobaan akan dilihat hasil kondensasinya, antara fase liquid dan fase gas. Minyak yang dihasilkan akan diambil pada fase liquid yang paling banyak.

Dalam penelitian ini, didapatkan hasil yield dari proses pirolisis plastik sebesar 70% dengan bahan baku HDPE, LDPE, PP, dan PS. Diharapkan dari proses ini juga adalah membuang residu berupa PET dan PVC (Low, 2011)



Keterangan : 1 – Tube furnace, 2 – Tubular reactor, 3 – Magnetic stirrer drive, 4 – hopper, 5 – reflux condenser, 6 – product condenser, 7 – liquid collection vessel, 8 – cold trap and – Thermocouple location.

Gambar 4.12 Skema pirolisis

Sumber : Low, 2011

Dari Gambar 4.12 dan Tabel 4.9 didapatkan bahwa jenis plastik yang di pirolisis di Australia adalah jenis PS, PP dan LDPE. Dengan efisiensi liquid (wt%) masing-masing adalah 77% untuk PP, 73% untuk LDPE dan 80% untuk PS. Sedangkan untuk produksi gas (wt%) masing-masing efisiensinya adalah 22% untuk PP, 10% untuk LDPE, dan 17% untuk PS. Serta dihitung pula efisiensi residu untuk proses pirolisis yakni 1% untuk PP, 16% untuk LDPE dan 7% untuk PS. Dari ketiga hasil tersebut di dapatkan bahwa plastik jenis PS adalah yang paling efisien dalam menghasilkan minyak sedangkan untuk produksi residu yang terbesar ialah jenis plastik PP.

Tabel 4.9 Hasil produk dari pirolisis

SAMPLES	Liquid (wt%)	PRODUCT YIELD		Residue (wt%)
		Gas (wt%)		
a-PP	77	22		1
LDPE	73	10		16
PS	80	17		7

Sumber : Low, 2011

4.3.5 Pemanfaatan Limbah Plastik di Belgia

Salah satu cara Pengolahan limbah plastik di belgia menggunakan thermal cracking salah satu cara dari metode pirolisis. Hasil dari metode ini didapatkan 3 fase , yaitu gas , padat, dan cair. Produk cair didapatkan dari titik didih dari hidrokarbon termasuk juga paraffin, olefin dan senyawa aromatik. Jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah PE, PP , PS dan PVC. Selain itu, digunakan juga metode catalyc cracking dengan melibatkan katalis activated carbon dalam reaksinya untuk mempercepat reaksi dalam fluidized bed reactor. Suhu yang digunakan dalam peneitian ini adalah 477 °C, 526 °C dengan waktu reaksi antara 1 jam hingga yang paling lama 13 jam.

Produk utama dari thermal cracking ini adalah parafin dan olefin , berdasarkan pada titik didih tertinggi dari hidrokarbon (carbon number = 24). Sedangkan produk dari catalyc cracking adalah iso alkane dan senyawa aromatik. Pada kondisi terbaik, dapat diproduksi senyawa aromatic polypropylene sebesar 50 % berat dengan suhu 477°C. Dari jenis plastik yang dicampur dalam fluidized bed reactor, hanya PVC yang tidak diharapkan dalam reaksi pencampuran. Sehingga yang digunakan adalah PE,PP, dan PS.(Huang,1995)

Dari Tabel 4.10 didapatkan bahwa hasil thermal cracking tidak sesuai dengan kenaikan suhu. Serta didapatkan bahwa produk yang paling tinggi adalah jenis plastik PP pada suhu 740°C sebesar 48,8 %.

Tabel 4.10 Produk hasil pirolisis limbah plastik

Feed	Pyrolysis temperature (°C)	Gas	Oil	Residue	Other
PE	760	55.8	42.4	1.8	—
PP	740	49.6	48.8	1.6	—
PS	581	9.9	24.6	0.6	64.9 Styrene
Mixture PE/PP/PS	750	52.0	46.6	1.4	—

Sumber : Huang,1995

4.4 Pemanfaatan Limbah Plastik di Surabaya

Timbulan sampah plastik di Surabaya tahun 2011 dan 2012:

Tabel 4.11 Timbulan Sampah Plastik Di Surabaya Tahun 2011 dan 2012

Uraian	Tahun 2011		Tahun 2012	
	M3/Hari	Ton/hari	M3/Hari	Ton/Hari
Jumlah Timbulan Sampah	6.382,61	1.916,70	9.234,08	2.772,99

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya
Komposisi Sampah di Kota Surabaya

1. Organik = 45,9 %

2. Plastik = **29,2 %**

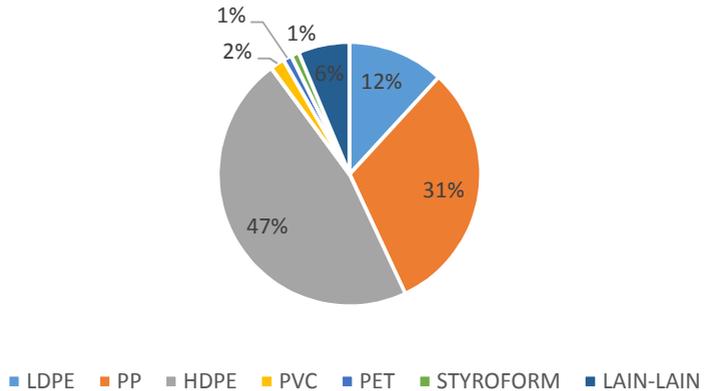
3. Kertas = 20 %

4. Logam = 2,8% %

5. Kayu = 2,1 %

Sumber : DKP (Penelitian Komposisi Sampah Tahun 2012)

KOMPOSISI SAMPAH PLASTIK DI SURABAYA



Gambar 4.12 Komposisi Sampah Plastik di Kota Surabaya
Sumber DKP kota Surabaya Tahun 2012

Berdasarkan Gambar 4.12 didapatkan Komposisi 3 besar sampah plastik di Surabaya adalah :

- HDPE sebesar 47 %
- PP sebesar 31 %
- LDPE sebesar 12 %

Pengelolaan Sampah di Surabaya dengan cara :

1. Mengurangi sampah mulai dari sumbernya
2. Pemilahan sampah (antara sampah basah dan sampah kering)
 - Sampah basah diolah memadai kompos
 - Sampah kering dijual kepada pemulung atau dijadikan daur ulang

Pelaku Pengelolaan Sampah :

1. Masyarakat
2. Pemerintah

3. PKK
4. LSM
5. Media Massa

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya

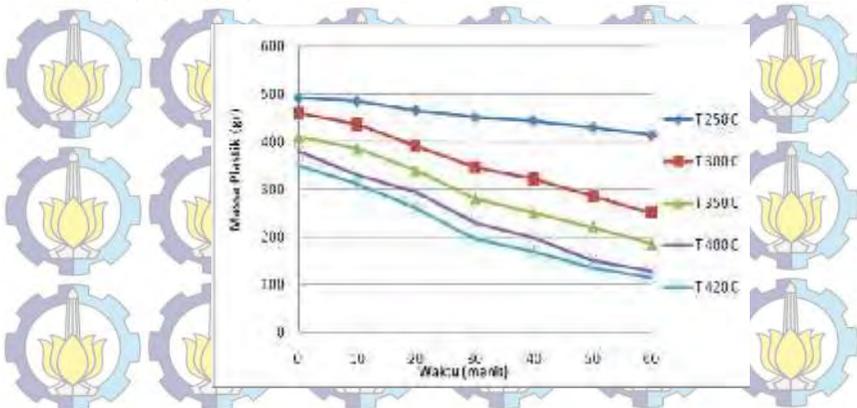
4.4.1 Pengolahan Limbah Plastik di Surabaya Menggunakan Proses Pirolisis

Ada beberapa penelitian di Surabaya tentang proses pirolisis. Salah satu contoh adalah penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa UPN Veteran Surabaya. Proses pirolisis yang dilakukan adalah mengolah LDPE dan HDPE menjadi bahan bakar. Penelitian tersebut guna mengetahui waktu dan suhu yang optimum terhadap produk kualitas pirolisis. Pada penelitian tersebut menggunakan reaktor pirolisis yang berdiameter 20 cm dan tinggi 40 cm. Pirolisis dilakukan pada 250-420°C dan waktu reaksi selama 0-60 menit.

Pada proses pirolisis plastik LDPE dan HDPE dilakukan pada suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 420°C. Serta waktu 0-60 menit. Didapatkan suhu optimum dan waktu optimum sebesar 420°C dan 60 menit.

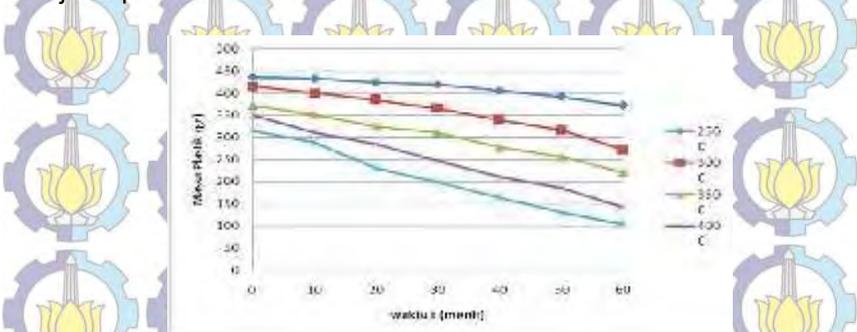
Berdasarkan Gambar 4.13 didapatkan bahwa pirolisis HDPE di dapatkan suhu optimum sebesar 250°C dan berat 500 gram. Dan berdasarkan Gambar 4.14 didapatkan bahwa pirolisis plastik LDPE tidak berdasarkan kenaikan suhu. Terbukti bahwa suhu optimum untuk melakukan reaksi pirolisis sebesar 250°C dan berat 450 gram.

Berikut hasil pirolisis plastik HDPE yang dipengaruhi suhu dan waktu reaksi.



Gambar 4.13 Pirolisis HDPE yang dipengaruhi suhu dan waktu
Sumber : Ramadhan, 2010

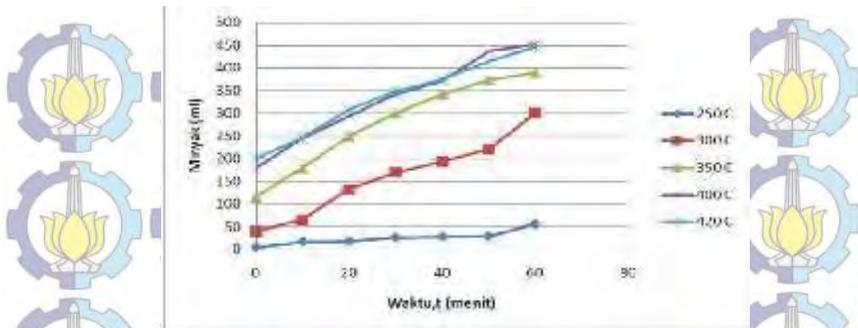
Berikut pengaruh waktu dan suhu dengan parameter jenis plastic LDPE.



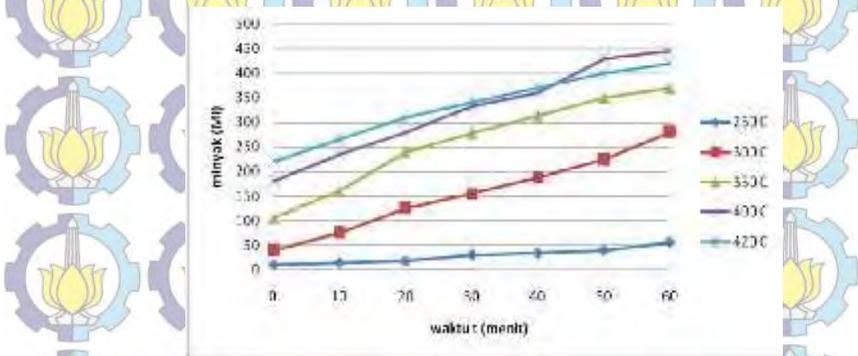
Gambar 4.14 Pengaruh suhu dan waktu terhadap massa LDPE
Sumber : Ramadhan, 2010

Berdasarkan penelitian ini didapatkan pembentukan minyak hasil pirolisis yang dipengaruhi suhu dan waktu. Pada penelitian ini didapatkan masaa plastik HDPE dan LDPE yang ditetapkan 500

gram. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa:



Gambar 4.15 Pengaruh Suhu dan waktu terhadap minyak hasil pirolisis plastik HDPE
Sumber : Ramadhan, 2010



Gambar 4.16 Pengaruh Suhu dan waktu terhadap minyak hasil pirolisis plastik LDPE
Sumber : Ramadhan, 2010

Dari Gambar 4.15 dan 4.16 didapatkan bahwa minyak hasil pirolisis plastik LDPE sebesar 453 ml dan pirolisis HDPE sebesar 445 ml.

Pada Penelitian ini disimpulkan bahwa:

- a. Hasil dekomposisi dengan efisiensi yang terbaik dalam menguraikan sampah plastik terjadi pada suhu 400°C dengan waktu operasi 60 menit
- b. Hasil produk minyak terbanyak pada plastik LDPE dan HDPE terjadi pada suhu 400°C dengan waktu operasi 60 menit
- c. Plastik LDPE yang dipirolisis = 453 ml
Plastik HDPE yang dipirolisis = 445 ml
- d. Efisiensi Plastik yang di pirolisis
Plastik LDPE = 89%
Plastik HDPE = 90,6%

Potensi Sampah Plastik Surabaya Untuk di Pirolisis

Timbulan Sampah = 2.272,99 Ton (dengan t = 1 hari)

Komposisi Sampah Plastik = 29,2 %

Jumlah Sampah Plastik Total = 659,16 Ton

Sampah LDPE = 79,09 Ton

Sampah HDPE = 309,80 Ton

Sampah PP = 204,33 Ton

10 gr Plastik = 5 ml BBM + 5 ml Residu

659 ton Plastik = 329,5 kilo liter BBM = 52,38 Barel BBM/ hari

Potensi Surabaya untuk memanfaatkan sampah plastik sangat potensial.

Tabel 4.11 Suhu dan Tekanan Pirolisis Menurut Beberapa Sumber

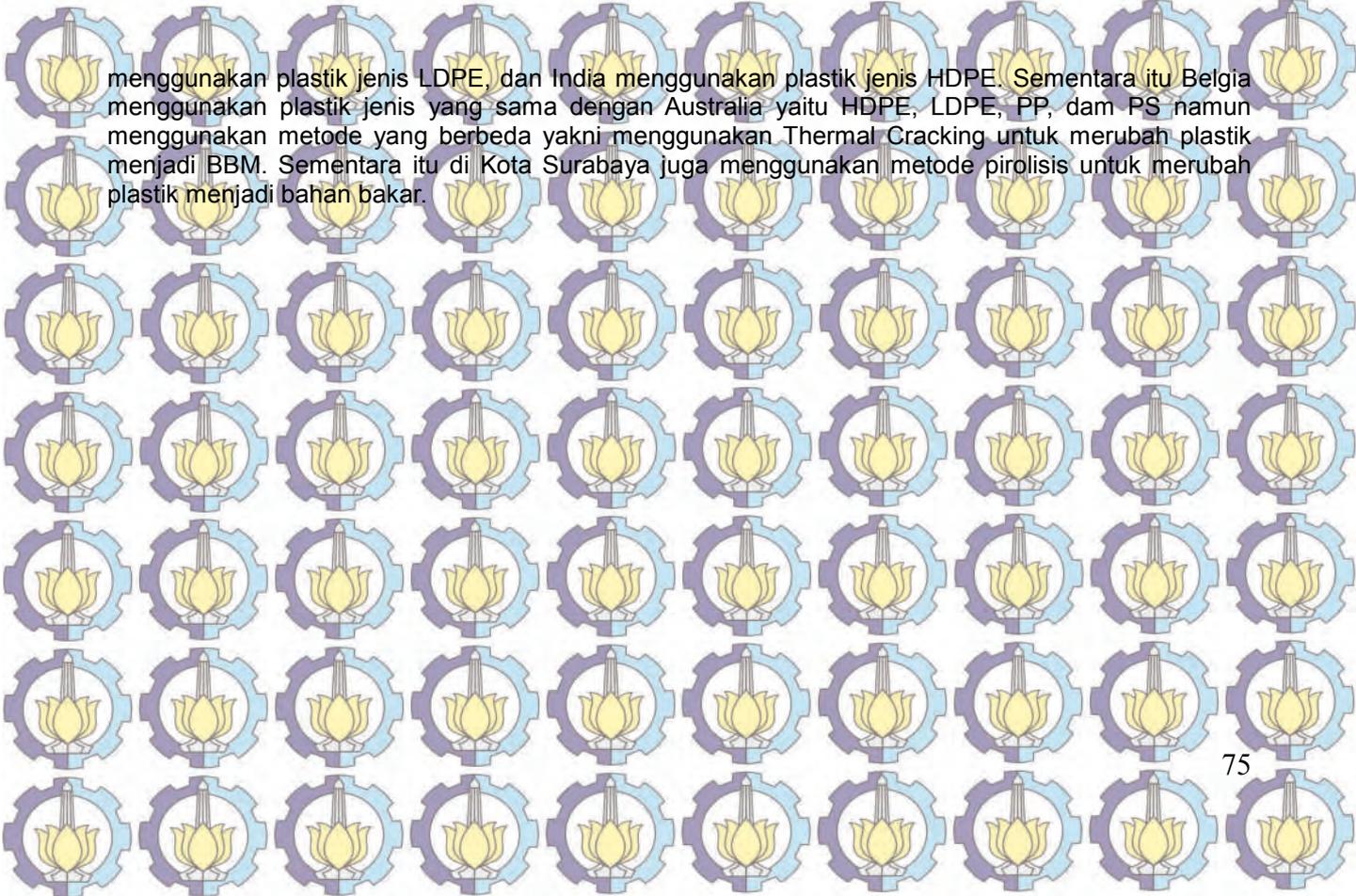
Purwanti Ani	C-tech	Joko	Adityo	Simon
400- 600°C	400- 600°C	300- 450°C	400- 600°C	200- 600°C
Tekanan 1 Atm				

Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan range suhu 200-600°C dan pada tekanan 1 atmosfer.

Tabel 4.12 Pemanfaatan Limbah Plastik Diluar Negeri dan di Surabaya dengan berbagai metode.

Australia	Jepang	Korea Selatan	India	Belgia	Surabaya
(Low, 2011)	(Putri Novitasri, 2013)	(Park, 2011)	(S.Kumar , 2011)	Huang, 1995)	(Ramadan, 2010)
Pengolahan plastik dari jenis HDPE, LDPE, PP, PS menjadi minyak menggunakan metode Pirolisis	Pengolahan plastik jenis PP dan LDPE dapat menjadi pengganti besin melalui metode pirolisis	Pengolahan plastik dari jenis LDPE menjadi bahan bakar melalui metode pirolisis	Pengolahan plastik dari jenis HDPE menjadi BBM dengan metode pirolisis	Plastik PE, PP, PS dengan metode Thermal Cracking menjadi BBM	Pengolahan Plasti LDPE dan HDPE menjadi BBM menggunakan metode Pirolisis

Dari Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa negara-negara seperti Australia, Jepang, Korea Selatan, Belgia, dan India menggunakan reaktor pirolisis. Namun mereka menggunakan jenis plastik yang berbeda, seperti Australia menggunakan plastik jenis HDPE, PP, LDPE, dan PS. Sedangkan Jepang memanfaatkan plastik jenis PP, dan LDPE untuk dijadikan bahan bakar. Sementara itu Korea Selatan



menggunakan plastik jenis LDPE, dan India menggunakan plastik jenis HDPE. Sementara itu Belgia menggunakan plastik jenis yang sama dengan Australia yaitu HDPE, LDPE, PP, dan PS namun menggunakan metode yang berbeda yakni menggunakan Thermal Cracking untuk merubah plastik menjadi BBM. Sementara itu di Kota Surabaya juga menggunakan metode pirolisis untuk merubah plastik menjadi bahan bakar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari studi literatur ini , yaitu :

1. Proses pirolisis dari jenis plastik LDPE dan PP menghasilkan gas, minyak, dan char. Produk gas dan cair akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu, sebaliknya padatan yang dihasilkan akan semakin menurun jika suhu meningkat. Pada pirolisis LDPE suhu yang digunakan antara 200 – 600°C . Sedangkan pirolisis PP suhu yang digunakan antara 350-600°C.
2. Dari dua jenis plastik yang utama , yaitu PP dan LDPE, diperoleh dari studi ini bahwa PP lebih efisien dibandingkan dengan LDPE dalam menghasilkan bahan bakar, dikarenakan sifat fisik dan kimia dari polypropylene (PP). Nilai efisiensi LDPE menjadi bahan bakar sekitar 60% , sedangkan nilai efisiensi PP menjadi bahan bakar sekitar 80%
3. Metode pengolahan plastik menjadi bahan bakar yang dilakukan di luar negeri dalam studi literatur ini adalah metode pirolisis, metode thermal cracking. Sedangkan di Surabaya metode pengolahan plastik menjadi bahan bakar adalah metode pirolisis dan menghasilkan 329,5 m³ bahan bakar per hari.

5.2 Saran

Hal-hal yang perlu diperhatikan lebih lanjut sebagai saran dalam melakukan studi literatur ini adalah:

- 1 Melakukan kerja sama dengan lembaga yang berkompeten dalam hal pengembangan teknologi guna

meningkatkan produktivitas sampah menjadi BBM

2. Melakukan kajian tentang turunan dari derivat sampah yang bisa digunakan untuk selain BBM melalui metode sejenis atau yang lain
3. Mengembangkan obyek lokasi selain Surabaya untuk pemakaian penelitian ini agar bisa digunakan masyarakat di luar kota Surabaya



DAFTAR PUSTAKA

Adityo , 2011, Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plastik Poly Propilene, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Alla Mohamed M.Garib, 2014, Conversion of Plastic Waste to Liquid Fuel , Karary University . Sudan

Anggono, Tri, dkk, 2009, PIROLISIS SAMPAH PLASTIK UNTUK MENDAPATKAN ASAP CAIR DAN PENENTUAN KOMPONEN KIMIA PENYUSUNNYA SERTA UJI KEMAMPUANNYA SEBAGAI BAHAN BAKAR CAIR, Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

Couto, Nuno, dkk , 2013, Influence of the biomass gasification processes on the final composition of syngas, University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Spain

C-Tech Innovation Ltd, 2003, Thermal Method of Municipal Waste Treatmen. Capenhurst Technology Park, Chester, UK

Das, S. dan Pande, S., 2007, Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. 2012. Penelitian Komposisi Sampah

Epic , 2004, A Review of the Options for the Thermal Treatment of Plastics, Mississauga. Ontario

Ermawati, Rahyani. 2011, Konversi Limbah plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif, Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian. Jakarta

Gao Feng, 2010, A thesis Submitted in Fulfilment Of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemeical and Process Engineering, University of Canterbury

Gaurav, dkk. 2014, Conversion of LDPE Plastic Waste into Liquid Fuel by Thermal Degradation, International Journal of

Mechanical and Production Engineering, ISSN : 2320-2092
Huang,H .,1995 , Catalytic plastics cracking for recovery of gasoline-range hydrocarbons from municipal plastic wastes, Department of Chemical Engineering and Industrial Chemistr, Belgium

Ingle Rima dkk. 2014, Obtaining Fuels from Plastic Waste, Mumbai University

Joko Santoso, 2010, UJI SIFAT MINYAK PIROLISIS DAN UJI PERFORMASI KOMPOR BERBAHAN BAKAR MINYAK PIROLISIS DARI SAMPAH PLASTIK, JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEMARET , SURAKARTA

Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011, Recovery of Hydrocarbon Liquid From Waste High Density Polyethylene by Therma Pyrolysis.National Institute of Technology Orissa. India

Low S.L., Connor, M.A., dan Covey, G.H., 2011, Turning mixed plastic wastes into a useable liquid fuel. University of Melbourne. Australia

Mustofa K , D dkk, 2014, PIROLISIS SAMPAH PLASTIK HINGGA SUHU 900oC SEBAGAI UPAYA MENGHASILKAN BAHAN BAKAR RAMAH LINGKUNGAN, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Mishra Neeraj, 2014, Research Article : Facile Route to Generate Fuel Oil via Pyrolysis of Waste Polypropylene Bags : Toward waste Mangement of > 20 cm Plastic Bags, Maharashtra, India

Nuriana, Wahidin, dkk, 2014, Synthesis Preliminary Studies Durian Peel Bio Briquettes as an Alternative Fuels, Department of Mechanical Engineering,, Merdeka University Madiun

Panda, Achyut Kumar, 2011, Waste Plastics to Fuel : A Sustainable Method For Waste Reduction and Energy Generation, School of Engg and Technology , Parlakhemundi, CUTM Odisha

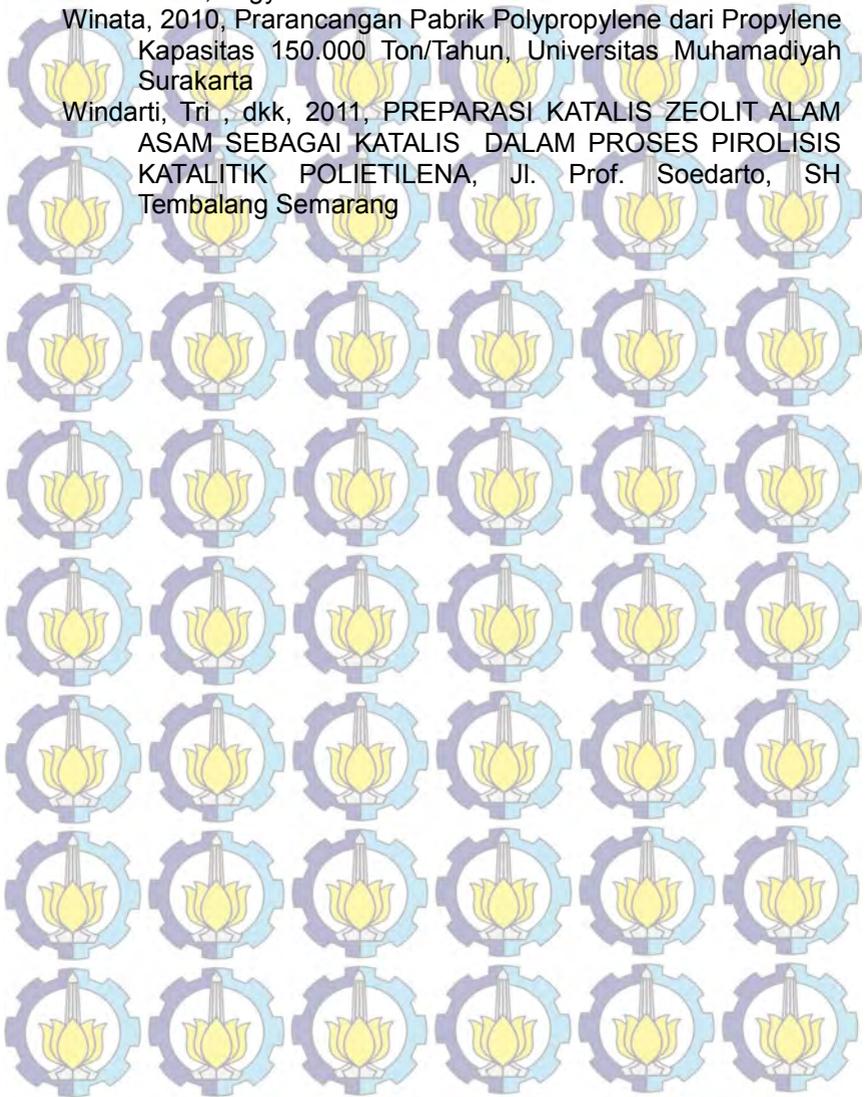
Park, Jong Jin., Park Kwinam., dan Kim Chan Dong. 2002. Characteristic of LDPE Pyrolysis, Korea Institute of Energy Research daejon . Korea

- Purwanti Ani dan Sumarni, 2008, Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). AKPRIND. Yogyakarta
- Ramadhan, Aprian, dkk, 2010, PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI MINYAK MENGGUNAKAN PROSES PIROLISIS, UPN Veteran Surabaya
- Sahwan, L, dkk, 2005, Studi Pengelohan Limbah Plastik di Indonesia, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Sari, Rodiah Nurbaya, dkk, 2007, UJI COBA ALAT PENGHASIL ASAP CAIR SKALA LABORATORIUM DENGAN BAHAN PENGASAP SERBUK GERGAJI KAYU JATI SABRANG ATAU SUNGKAI (*Peronema canescens*), Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan
- Simon, Kevin. 2006, Analysis of Nylon 66 and Polypropylene Feedstock Recycling Techniques)
- Sumarni, dkk, 2008, Kinetika reaksi Pirolisis Plastik Low Density Poliethylene (LDPE), Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta
- Susgandarsukawati, Nova, dkk, 2012, PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS Ni-Mo/ZEOLIT ALAM SEBAGAI KATALIS PERENKAHAN SAMPAH PLASTIK HDPE, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Syamsiro, Mochammad, dk, 2014, Fuel Oil Product in Sequential Pyrolysis and Catalyc Reforming Reactors, Departement Environmental Science and Technology, Yokohama
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. A. 1993. Integrated Solid Waste Management Engineering Principal and Issued. Mc Graw Hill International Educations.
- Thorat. P.V. Dr, Thermofuel - Pyrolysis of waste plastic to produce Liquid Hydrocarbons. 2013. Maharashtra State INDIA
- Unep, 2009, Converting Waste Plastic Into A Resource, Compendium of Technologies, Osaka. Japan
- Untoro Budi Surono, 2011, BERBAGAI METODE KONVERSI SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK, Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta
- Wiwin Sriningsih, dkk, 2014, Fuel Production from LDPE Plastic Waste over Natural Zeolite Supported Ni, Ni-Mo, Co and Co

Mo Metals, Department of Chemistry, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Winata, 2010, Prarancangan Pabrik Polypropylene dari Propylene Kapasitas 150.000 Ton/Tahun, Universitas Muhamadiyah Surakarta

Windarti, Tri , dkk, 2011, PREPARASI KATALIS ZEOLIT ALAM ASAM SEBAGAI KATALIS DALAM PROSES PIROLISIS KATALITIK POLIETILENA, Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang



BIODATA PENULIS



Penulis Tugas Akhir ini bernama Kurniansyah Rizki Hanani atau biasa di panggil dengan Aan dilahirkan di Surabaya pada tanggal 20 Juni 1993. Anak kedua dari pasangan Hani Muhardiono dengan Purbani Titi Sadjati. Penulis memulai pendidikan formal di TK Nurul Hidayah Delta Sari Indah, SDN Sawotratap 3 Gedagan, SMPN 1 Sidoarjo dan SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo. Pada Waktu SMA pernah aktif mengikuti Organisasi Siswa Intra Sekolah (OSIS). Setelah menyelesaikan pendidikan SMA Penulis mengikuti ujian masuk S1 di ITS-Surabaya dan diterima di Teknik Lingkungan. Selama di bangku perkuliahan penulis sempat aktif pada kegiatan mahasiswa di bidang catur (UKM Catur ITS). Berikut ini adalah email Penulis yang bisa dihubungi, rizkihanani@gmail.com