

PENGARUH JENIS KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP HASIL AKHIR PENGOLAHAN LIMBAH LDPE DENGAN METODE CATALYTIC CRACKING

CHE184650 - Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai
gelar sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh : **Evan**

Daniel

(6141801126)

Pembimbing :

Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN 2023**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Evan Daniel
NPM : 6141801126
Judul : PENGARUH JENIS KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP HASIL
AKHIR PENGOLAHAN LIMBAH LDPE DENGAN METODE CATALYTIC
CRACKING

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 14 Juli 2023

Pembimbing 1

Tedi Huda, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

Pembimbing 2

Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR REVISI

Nama : Evan Daniel
NPM : 6141801126
Judul : PENGARUH JENIS KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP
HASIL AKHIR PENGOLAHAN LIMBAH LDPE DENGAN METODE
CATALYTIC CRACKING


CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 1 Agustus 2023

Penguji 1


Yansen Hartanto, S.T., M.T.
M.T.

Penguji 2


I Gede Pandega Wiratama, S.T.,
M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Evan Daniel

NPM : 6141801126

dengan ini menyatakan bahwa proposal/laporan penelitian dengan judul

**PENGARUH JENIS KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP HASIL
AKHIR PENGOLAHAN LIMBAH LDPE DENGAN METODE CATALYTIC
CRACKING**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 14 Juli 2023



Evan Daniel
(6141801126)

INTISARI

Plastik merupakan hal yang sudah tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia yang menyebabkan terus meningkatnya produksi plastik di dunia. Peningkatan produksi plastik yang terjadi diikuti juga oleh peningkatan jumlah limbah plastik khususnya limbah plastik LDPE. Maka dari itu, diperlukan solusi pengolahan limbah untuk plastik LDPE. Adapun metode yang sering digunakan dalam mengolah limbah LDPE adalah metode *cracking* dimana terjadi pemecahan rantai panjang hidrokarbon LDPE menjadi hidrokarbon yang lebih sederhana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar cair.

Terdapat dua metode *cracking* yang umumnya digunakan diantaranya *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. Pada penelitian ini, metode *catalytic cracking* dipilih sebagai metode untuk mengolah limbah plastik LDPE. Metode *catalytic cracking* dipilih untuk menurunkan resiko yang terjadi selama operasi dimana *catalytic cracking* memiliki temperatur operasi yang jauh lebih rendah dari *thermal cracking* yang bisa mencapai 700°C. Penelitian dilakukan dengan tiga variasi diantaranya variasi pelarut, variasi katalis dan waktu reaksi untuk menentukan kondisi operasi yang paling baik dan ekonomis dalam menghasilkan produk fraksi cair yang tinggi.

Penelitian dimulai dengan menguji apakah *paraffin wax* dan *paraffinic oil 95* dapat digunakan sebagai pengganti kerosin sebagai pelarut untuk meminimalisir produk fraksi gas yang terbentuk yang kemudian dilanjutkan dengan memvariasikan waktu reaksi dan katalis yang digunakan dimana variasi waktu reaksi berada pada 1, 2 dan 3 jam. Sedangkan katalis bentonit dan ZSM-5 digunakan sebagai variasi katalis. Hasil terbaik didapat menggunakan kerosin sebagai pelarut dengan katalis ZSM-5 pada waktu reaksi 2 jam.

Kata kunci: LDPE, limbah plastik, bahan bakar cair, katalis, waktu reaksi

ABSTRACT

Plastic nowadays has become an inseparable object from human daily life and this led to an increase on plastic production throughout the world. The increases in plastic production always followed by an increase in the amount of plastic waste especially the LDPE plastic waste therefore a waste treatment solution for the plastic waste especially LDPE plastic waste is needed. The method often used in treating LDPE plastic waste is cracking where long LDPE hydrocarbon chains are broken down into shorter hydrocarbon chains that can be used as liquid fuels.

Thermal cracking and Catalytic cracking are the two methods generally used for treating the LDPE plastic waste and in this experiment, catalytic cracking method was chosen as a method for processing LDPE plastic waste. The catalytic cracking was chosen to reduce the risks that may occur during the operations. While thermal cracking operation temperature can reach up to 700 °C, catalytic cracking has much lower operating temperature. This research was carried out with three variations including solvents variation, catalyst type and reaction time to determine the best when also economical operating conditions in producing products with high liquid fraction.

This research started by testing whether paraffin wax and paraffinic oil can be used as a solvent substitute for kerosene to minimize the product of the gas fraction formed at the end product. The research then continued by varying the catalyst and reaction time where 1, 2 and 3hour were used as reaction time variation while bentonite and ZSM-5 were used as catalyst variation. The best results were obtained by using kerosene as solvent with ZSM-5 catalyst at 2hour reaction time.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pengolahan Limbah Film LDPE Menjadi Bahan Bakar Cair dengan Metode *Catalytic Cracking* Menggunakan Katalis ZSM-5” tepat pada waktunya. Adapun laporan ini disusun demi memenuhi tugas akhir untuk mencapai gelar sarjana pada Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak dalam penulisan dan penyusunan laporan ini yang berupa dukungan material maupun non-material. Oleh karena itu, penulis secara khusus ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Bapak Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang juga telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan laporan penelitian ini.
3. Orangtua dan keluarga penulis atas doa dan seluruh dukungannya.
4. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penulisan laporan penelitian.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis juga menyadari bahwa masih terdapat banyak sekali kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca

Bandung, 14 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT	xii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah	3
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.4 Premis	5
1.5 Hipotesis	7
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II	8
2.1 Limbah.....	8
2.1.1 Limbah Domestik	8
2.1.2 Limbah Non Domestik.....	8
2.2 Plastik	8
2.2.1 Termoplastik	9
2.2.2 Termoset	10
2.2.3 Jenis- Jenis Plastik	10
2.2.3.1 Polyethylene.....	12
2.2.3.2 Polyvinyl Chloride (PVC).....	14
2.2.3.3 Polypropylene (PP)	15
2.2.3.4 Polystyrene	16
2.2.3.5 Lain- Lain.....	16

2.3 Metode Pengolahan Limbah LDPE.....	16
2.3.1 Hydrocracking	16
2.3.2 Thermal Cracking	17
2.3.3 Catalytic Cracking	17
2.4 Faktor- Faktor yang Mempengaruhi <i>Catalytic Cracking</i>	18
2.4.1 Temperatur.....	18
2.4.2 Waktu Reaksi.....	18
2.4.3 Pelarut	19
2.4.4 Laju Pemanasan	19
2.4.5 Katalis	19
2.4.5.1 Bentonit	20
2.4.5.2 ZSM-5	21
2.5 Sifat Bahan Bakar.....	21
2.5.1 Specific Gravity	21
2.5.2 Flash Point dan Fire Point.....	22
2.5.3 Auto Ignition Temperature.....	22
2.5.4 Viskositas	22
2.5.5 Nilai Kalor	22
2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya	22
BAB III.....	25
3.1 Bahan.....	25
3.2 Alat.....	25
3.3 Prosedur Kerja	26
3.3.1 Leak Test.....	26
3.3.2 Run Utama	27
3.4 Analisis	27
3.5 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian	29
BAB IV.....	30
PEMBAHASAN.....	30
4.1 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Perolehan Produk Akhir.....	34
4.2 Pengaruh Variasi Waktu Reaksi Terhadap Perolehan Produk Akhir	36
4.3 Analisis Densitas Fraksi Cair	38
4.4 Analisis Viskositas Fraksi Cair	39
BAB V	40

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
Daftar Pustaka.....	41
LAMPIRAN A.....	45
A.4 Bentonit.....	48
A.5 Kerosin.....	48
LAMPIRAN B.....	50
LAMPIRAN C.....	51
GRAFIK HASIL ANALISIS.....	51
LAMPIRAN D	55
LAMPIRAN E.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produksi Minyak Bumi Indonesia 2016 hingga 2020	2
Gambar 2. 1 Struktur molekul <i>Polyethylene</i> murni	12
Gambar 2. 2 Struktur Rantai Polimer HDPE	13
Gambar 2. 3 Struktur Rantai Polimer LDPE	13
Gambar 2. 4 Struktur Rantai Polimer LLDPE	14
Gambar 2. 5 Struktur <i>Polyethylene Terephthalate</i>	14
Gambar 2. 6 Struktur <i>Polyvinyl Chloride</i>	15
Gambar 2. 7 Struktur <i>Polypropylene</i>	15
Gambar 2. 8 Struktur <i>Polystyrene</i>	16
Gambar 3. 1 Diagram alir Leak Test	26
Gambar 3. 2 Diagram alir Run Utama	27
Gambar 4. 1 Produk Akhir Menggunakan pelarut <i>paraffin wax</i>	31
Gambar 4. 2 Produk Akhir dengan hanya menggunakan <i>paraffin wax</i>	32
Gambar 4. 3 Hasil Akhir Menggunakan <i>Paraffinic Oil</i> Sebagai Pelarut	32
Gambar 4. 4 Penggunaan Pelarut <i>Paraffinic Oil 95</i> pada Temperatur 350 °C	33
Gambar 4. 5 Perolehan Produk Fraksi Cair Tertinggi	35
Gambar 4. 6 Grafik Perolehan Fraksi Terhadap Waktu Reaksi	36
Gambar 4. 7 Produk Akhir Fraksi Padat Bentonit	37
Gambar 4. 8 Produk Akhir Fraksi Cair	37
Gambar 4. 9 Hasil Sentrifugasi produk akhir bentonit	38

Tabel 1. 1 Jenis dan Berat Sampah Plastik dari Seluruh Dunia pada 2015	1
Tabel 1. 2 Konsumsi Minyak Bumi Indonesia 2011 hingga 2014.....	3
Tabel 2. 1 Karakteristik Plastik Kristal dan Amorf Beserta Contohnya.....	9
Tabel 2. 2 Kode Resin Plastik.....	11
Tabel 3. 1 Metode yang Digunakan Dalam Analisa Produk Fraksi Cair	28
Tabel 3. 2 Pelaksanaan Pengujian Pelarut Dengan Katalis ZSM-5	28
Tabel 3. 3 Pelaksanaan Percobaan Menggunakan Pelarut Kerosin	29
Tabel 3. 4 Rencana Kerja Penelitian.....	29
Tabel 4. 1 Hasil Penelitian Menggunakan Pelarut Kerosin	33
Tabel 4. 2 Perbandingan Hasil Akhir 2 Jam Kedua Katalis.....	34
Tabel 4. 3 Karakteristik Katalis ZSM-5 dan Bentonit	35
Tabel 4. 4 Densitas Fraksi Cair Setiap Variasi	38
Tabel 4. 5 Densitas Berbagai Macam Bahan Bakar	39
Tabel 4. 6 Viskositas Fraksi Cair Setiap Variasi.....	39
Tabel 4. 7 Viskositas Berbagai Macam Bahan Bakar.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan material berdensitas rendah yang kuat, fleksibel, ringan, mudah dibentuk, tahan lama dan merupakan isolator listrik yang baik sehingga plastik sering digunakan sebagai wadah makanan, kemasan, mainan anak-anak hingga bahan bangunan dan peralatan medis (Purwaningrum, 2016). Hal inilah yang menyebabkan terus meningkatnya produksi plastik diseluruh dunia. Namun demikian, disamping keuntungan dari penggunaan plastik, terdapat masalah yang ditimbulkan yaitu terus meningkatnya limbah plastik yang memerlukan waktu yang lama agar dapat terurai dengan sempurna (Purwaningrum, 2016).

Berdasarkan Geyer, Jembeck dan Law (2017), jenis limbah plastik LDPE merupakan polimer yang paling banyak ditemukan sebagai limbah dari seluruh dunia. Hal ini disebabkan LDPE biasanya digunakan sebagai plastik kemasan sekali pakai. Adapun data limbah plastik dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut

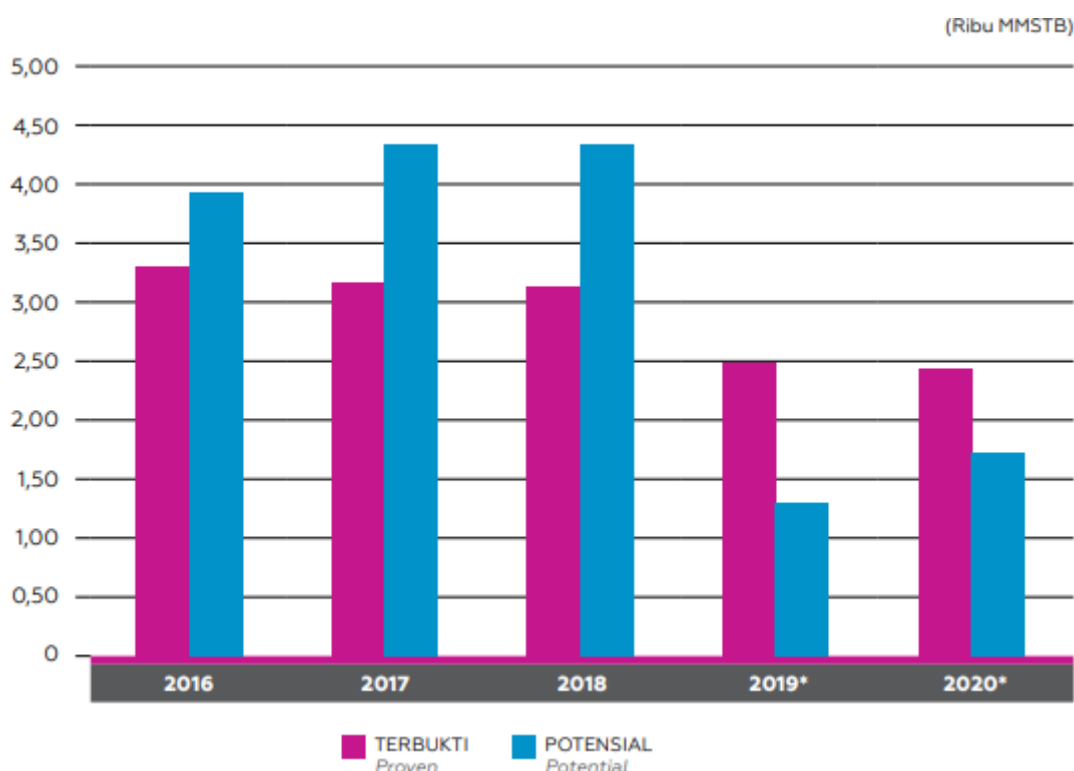
Tabel 1. 1 Jenis dan Berat Sampah Plastik dari Seluruh Dunia pada 2015

(Geyer, Jembeck dan Law, 2017)

Jenis Plastik	Berat (Juta Ton)
LDPE	57
PP	55
PP&A fibers	42
HDPE	40
PET	32
PS	17
PVC	15
Others	11

Di Indonesia sendiri, limbah plastik merupakan jenis limbah ke-2 terbanyak yang dihasilkan oleh masyarakat yaitu sebesar 14 % (Indonesia Solid Waste Association, 2019). Pada 2021, The World Bank mencatat Indonesia menghasilkan 7,8 juta ton plastik per tahunnya dimana hanya 2,9 juta ton yang dapat diolah dengan baik oleh pemerintah sedangkan 4.9 juta ton sisanya tidak diolah dengan baik atau bahkan tidak diolah sama sekali. The World Bank (2021) juga mencatat bahwa diestimasikan 346,5 ribu ton limbah plastik yang dihasilkan dibuang ke laut setiap tahunnya. Pembuangan limbah plastik ke laut dapat memberikan dampak negatif salah satunya adalah tercemarnya laut oleh mikroplastik yang bukan hanya menjadi ancaman bagi biota laut tetapi juga bagi manusia.

Limbah plastik dapat diolah dengan berbagai cara salah satunya adalah pirolisis. Proses pirolisis adalah proses pemecahan rantai hidrokarbon pada plastik menjadi rantai yang lebih pendek dimana dalam kasus ini, pirolisis diinginkan untuk menghasilkan produk cair berupa minyak yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Hal ini dirasa perlu untuk dilakukan mengingat cadangan minyak bumi Indonesia yang mengalami penurunan setiap tahunnya.



Gambar 1. 1 Produksi Minyak Bumi Indonesia 2016 hingga 2020

(Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi 2021)

Berdasarkan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi (2021) pada Gambar 1.1, produksi minyak bumi di Indonesia terlihat mengalami penurunan setiap tahunnya. Penurunan tersebut menurut Schaar (2016) yang dapat dilihat pada tabel 1.2 sangat bertolak belakang dengan kebutuhan minyak bumi dalam negeri yang terus meningkat seiring dengan peningkatan angka pertumbuhan penduduk yang masih terus terjadi.

Tabel 1. 2 Konsumsi Minyak Bumi Indonesia 2011 hingga 2014

(Schaar,2016)

Tahun	Barrel Per Day
2011	1589
2012	1631
2013	1643
2014	1676

Ketidaksesuaian antara produksi dan konsumsi dalam negeri inilah yang menyebabkan Indonesia masih terus mengimpor minyak dari berbagai negara dimana pada tahun 2021 saja, Indonesia mengimpor 13.700 juta ton minyak (BPS, 2021). Hal ini menyebabkan Indonesia sangat bergantung kepada harga minyak dunia yang mengalami kenaikan setiap tahunnya (ESDM MIGAS, 2021). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah limbah plastik yang berlebihan dan bila memungkinkan juga sekaligus membantu menjaga kestabilan harga minyak dalam negeri.

1.2 Tema Sentral Masalah

LDPE merupakan limbah plastik terbanyak yang dihasilkan oleh dunia dan terus menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Masalah tersebut hingga saat ini masih menjadi masalah yang belum teratasi. Metode *catalytic cracking* diharapkan sebagai metode yang dapat mengolah limbah LDPE menjadi bahan bakar agar dapat mengatasi masalah pembuangan limbah LDPE tersebut.

1.3 Identifikasi Masalah

- a. Bagaimana pengaruh penggunaan *paraffin wax* dan *paraffinic oil 95* terhadap perolehan produk akhir proses *catalytic cracking* limbah LDPE.
- b. Bagaimana pengaruh jenis katalis terhadap perolehan produk akhir proses *catalytic cracking* limbah LDPE.
- c. Bagaimana pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan produk akhir proses *catalytic cracking* limbah LDPE

1.4 Premis

Bahan Dasar	Temperatur (°C)	Residence Time (menit)	Pelarut (Plastik:Pelarut) (w/w)	Katalis (Katalis/Plastik) (w/w)	Jenis Reaktor	Fraksi Cair (wt%)	Fraksi Padat (wt%)	Fraksi Gas (wt%)	Sumber
LDPE	425	100	-	-	Batch	83,9	0,5	10	Onwudili dkk (2009)
	450					72,4	1,75	25	
	500					34,5	15,5	47	
LDPE	450	-	-	Tanpa Katalis	Batch	<60	<20	>20	Syamsiro dkk (2014)
				Y-ZSM		<40	<20	>40	
				Zeolit alam		<20	<20	>60	
LDPE	300	-	-	ZSM-5 (0,5)	-	27,44	4,82	67,74	Zhang dkk (2014)
	375	-	-	ZSM-5 (0,33)	-	24,44	2,54	72,02	
	450	-	-	ZSM-5 (0,5)	-	32,08	2,29	65,77	
LDPE	270	90	-	ZSM-5	Batch	49	6	44	Batool dkk (2016)
LDPE	350	30	-	-	Batch	28,16	63,89	7,95	Cahyono dan Ika Fenti (2017)
		60				35,83	49,44	14,72	
		90				36,71	44,44	18,85	
	400	-				87	-	-	
	450	-				92	-	-	

LDPE	500	-	-	ZSM-5	Fixed Bed	95	-	-	Wong dkk (2017)
	550	-				97	-	-	
	600	-				93	-	-	
LDPE	450	-	-	ZSM-5 (0)	Fixed Bed	62	-	38	Waziri dkk (2019)
				ZSM-5 (0,5g)		44	-	56	
				ZSM-5 (0,75)		42	-	58	
				ZSM-5 (1g)		40	-	60	
				ZSM-5 (1,25g)		39	-	61	
LDPE	250	120	Kerosin 1 : 5	ZSM-5 (0,01)	Batch	52.3	16.35	31.35	Fadillah dan Tjandra (2021)
	290			ZSM-5 (0,01)		54.36	12.91	32.73	
LDPE	265	180	Kerosin 1 : 5	ZSM-5 (0,01)	Batch	66,27	17,69	16,04	Mulya dan Rariel (2021)
	295			60,3		16.5	23.2		
	295			ZSM-5 (0,005)		57.6	16.6	25.8	
	295			ZSM-5 (0,007)		58.3	16.3	25.4	
LDPE	265	60	Kerosin 1 : 5	Bentonit (0,1)	Batch	54,48	16,32	29,20	Setiawan dan Osborn (2022)
	295					45,08	19,89	35,03	

1.5 Hipotesis

- a. Penggunaan *paraffin wax* dan *paraffinic oil 95* sebagai pelarut akan meminimalisasi produk fraksi gas yang terbentuk selama proses *catalytic cracking* limbah LDPE
- b. Penggunaan katalis ZSM-5 akan menghasilkan produk fraksi cair yang lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan katalis bentonit
- c. Penambahan waktu reaksi akan menyebabkan semakin banyaknya perolehan produk akhir fraksi cair hingga tercapai titik optimum yang selanjutnya akan terjadi penurunan produk fraksi cair yang diikuti dengan peningkatan produk fraksi gas

1.6 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui apakah penggunaan *paraffin wax* dan *paraffinic oil 95* dapat digunakan sebagai pelarut menggantikan kerosin
- b. Mengetahui pengaruh jenis katalis terhadap perolehan produk akhir proses *catalytic cracking* limbah LDPE
- c. Mengetahui pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan produk akhir proses *catalytic cracking* limbah LDPE

1.7 Manfaat Penelitian

1. Manfaat pada lingkungan dan masyarakat
 - a. Mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik khususnya limbah LDPE
2. Manfaat pada pemerintahan
 - a. Mengembangkan teknologi pengelolaan limbah plastik khususnya LDPE di Indonesia
3. Manfaat pada industri
 - a. Memberikan solusi untuk pengolahan limbah plastik khususnya limbah LDPE dengan metode beresiko kecil