

**PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK DENGAN  
METODE PIROLISIS SEBAGAI TAHAP AWAL  
PENGOLAHAN LIMBAH POLILAMINAT**

**Penelitian**

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

Oleh:

**Samuel**

(2016620059)

**Pramesty Eko Wardani**

(2016620102)

Pembimbing :

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK DENGAN METODE  
PIROLISIS SEBAGAI TAHAP AWAL PENGOLAHAN  
LIMBAH POLILAMINAT**

**CATATAN :**

Pembimbing

The image shows a blue ink signature of Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo. To the left of the signature is a circular official stamp in blue ink. The stamp contains the text 'FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI' at the top and 'UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANG' at the bottom. The center of the stamp features a complex geometric design with a star-like pattern.

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

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Samuel

NPM : 2016620059

Nama : Pramesty Eko Wardani

NPM : 2016620102

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul :

### **Pengolahan Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis sebagai Tahap Awal Pengolahan Limbah Polilaminat**

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 berlaku.

Bandung, 17 April 2020



Samuel  
(2016620059)

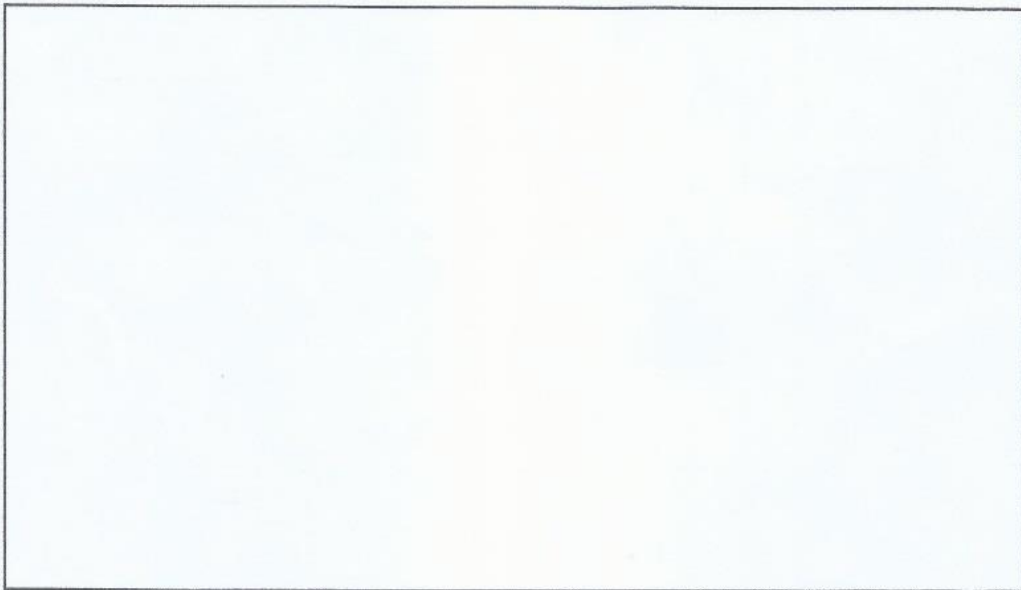


Pramesty Eko Wardani  
(2016620102)

**LEMBAR REVISI**

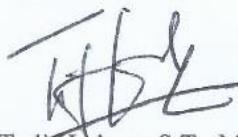
**JUDUL : PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK DENGAN METODE  
PIROLISIS SEBAGAI TAHAP AWAL PENGOLAHAN  
LIMBAH POLILAMINAT**

**CATATAN :**



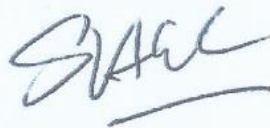
Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 23 Juni 2020

Penguji 1



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

Penguji 2



Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Pengolahan Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis sebagai Tahap Awal Pengolahan Limbah Polilaminat” tepat pada waktunya. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184650.04 yaitu “Penelitian”. Selain itu, penelitian ini digunakan sebagai persyaratan tugas akhir untuk mendapat gelar sarjana di Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan penelitian ini, penulis mendapat berbagai bantuan dukungan dari berbagai pihak. Dukungan yang diberikan berupa dukungan material dan non-material. Oleh karena itu, penulis secara khusus ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungannya.
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penulisan proposal penelitian, juga teman-teman yang sudah memberikan bahan baku penelitian.
4. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Bandung, 17 April 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
INTISARI.....	x
BAB I .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tema Sentral Masalah.....	2
1.3. Identifikasi Masalah .....	3
1.4. Premis.....	4
1.5. Hipotesis.....	8
1.6. Tujuan Penelitian .....	8
1.7. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II.....	9
2.1. Limbah .....	9
2.2. Plastik.....	14
2.2.1. Termosetting .....	14
2.2.2. Termoplastik .....	15
2.3. <i>Multilayer Packaging</i> .....	21
2.3.1. Polilaminat .....	21
2.4. Pengolahan Limbah Plastik.....	23
2.4.1. <i>Reduce</i> dan <i>Reuse</i> .....	23
2.4.2. <i>Recycle</i> .....	23
2.4.3. <i>Landfill</i> .....	25
2.4.4. Insinerasi .....	25
2.4.5. Gasifikasi.....	26
2.4.6. Pirolisis.....	26
2.4.6.1. Mekanisme Pirolisis .....	26
2.4.6.2. Reaksi dalam Pirolisis .....	28
2.4.6.3. Jenis Pirolisis.....	31

2.4.6.4. Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis .....	31
BAB III.....	34
3.1. Bahan.....	34
3.2. Alat.....	34
3.3. Prosedur Percobaan .....	36
BAB IV .....	41
4.1. Produk Pirolisis LDPE dan LLDPE.....	41
4.1.1. <i>Wax</i> .....	41
4.1.2. <i>Char</i> .....	44
4.1.3. Gas.....	45
4.2. Kajian Pustaka Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Rendemen WPPO.....	45
4.3. Kajian Pustaka Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas WPPO .....	47
4.4. Kajian Pustaka Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas WPPO .....	49
4.5. Kajian Pustaka Kualitas WPPO .....	50
BAB V.....	52
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN A .....	58
LAMPIRAN B .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komposisi limbah padat global .....	11
Gambar 2.2. Komposisi limbah padat di negara berpendapatan menengah ke bawah .....	11
Gambar 2.3. Total penggunaan plastik di seluruh dunia .....	12
Gambar 2.4. Limbah plastik bungkus Indomie ditemukan di Pantai Sendang Biru di selatan Kabupaten Malang, Jawa Timur .....	13
Gambar 2.5. Struktur PVC .....	15
Gambar 2.6. Struktur PE .....	16
Gambar 2.7. Struktur PP .....	19
Gambar 2.8. Struktur PS .....	20
Gambar 2.9. Struktur PET .....	21
Gambar 2.10. Komposisi lapisan polilaminat tetrapak (Tetrapak) .....	22
Gambar 2.11a Komposisi lapisan polilaminat .....	22
Gambar 2.12. Kode Plastik yang dikeluarkan oleh <i>The Society of Plastic Industry</i> .....	24
Gambar 2.14. <i>Prototype</i> rumah yang dibangun oleh Eco-Dom .....	24
Gambar 2.13. Panel plastik yang dibuat oleh Eco-Dom sebagai dinding rumah .....	24
Gambar 2.15. Atap hasil pengolahan limbah tetrapak .....	25
Gambar 2.16. Urutan kestabilan hidrokarbon .....	27
Gambar 2.17. Reaksi pemotongan acak dalam pirolisis plastik .....	28
Gambar 2.18. Reaksi pemotongan rantai akhir pada pirolisis plastik .....	28
Gambar 2.19. Reaksi pemotongan $\beta$ rantaitengah .....	29
Gambar 2.20. Reaksi pemotongan $\beta$ rantai akhir (reaksi <i>unzipping</i> ) .....	29
Gambar 2.21. Reaksi transfer antarmolekul ke radikal rantai akhir .....	30
Gambar 2.22. Reaksi transfer antarmolekul pada radikal rantai menengah .....	30
Gambar 2.23. Isomerisasi transfer intra-molekul melalui transfer hidrogen (1, 6) .....	30
Gambar 2.24. Reaksi terminasi atau reaksi kombinasi radikal .....	31
Gambar 3.1 Reaktor <i>Batch</i> .....	34
Gambar 3.2 Skema Reaktor .....	35
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Penyiapan Sampel Pirolisis .....	36
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pirolisis .....	37
Gambar 4.1 <i>Wax</i> LDPE .....	42
Gambar 4.2 <i>Wax</i> LLDPE .....	42
Gambar 4.3 Mekanisme Reaksi Pirolisis .....	43
Gambar 4.4 Hasil Pirolisis berupa <i>Char</i> .....	44
Gambar 4.5 Pengaruh Temperatur terhadap %Rendemen WPO LDPE .....	45
Gambar 4.6 Pengaruh Temperatur Terhadap %Rendemen WPO HDPE .....	46
Gambar 4.7 Pengaruh Temperatur Terhadap %Rendemen WPO LLDPE .....	47
Gambar 4.8 Pengaruh Panjang Rantai Karbon terhadap Densitas .....	48



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Premis Sifat Fisika Produk Cair Pirolisis dan Perbandingannya .....	4
Tabel 1. 2 Premis Yield Produk Hasil Pirolisis .....	4
Tabel 3. 1 Metode Analisa Produk Cair Pirolisis .....	38
Tabel 3. 2 Rancangan Percobaan Proses Pirolisis Polilaminat.....	39
Tabel 3. 3 Jadwal Rencana Kerja Penelitian .....	40
Tabel 4. 1 Densitas WPPO.....	48
Tabel 4. 2 Panjang Rantai Karbon WPPO .....	48
Tabel 4. 3 Viskositas WPPO .....	49
Tabel 4. 4 Kualitas WPPO .....	50

## INTISARI

Konsumsi sampah di Indonesia semakin bertambah setiap tahun dan menjadi suatu permasalahan besar. Sampah padat merupakan salah satu masalah khususnya di Kota Bandung karena jenis yang beragam menyebabkan pengolahannya lebih sulit. Terdapat 25% sampah yang belum terolah di Bank Sampah kota Bandung. Jenis sampah yang tidak terolah tersebut adalah plastik termoset seperti gabus dan termoplastik seperti polilaminat. Polilaminat hanya dapat didaur ulang menjadi bahan kerajinan tangan. Pengolahan sampah seperti ini tidak efektif karena memakan waktu yang lama dan harga jual yang tidak bersaing.

Pada penelitian ini, fokus utama adalah plastik penyusun polilaminat yaitu polietilen dengan jenis plastik LDPE, HDPE, LLDPE. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah plastik LDPE, HDPE, dan LLDPE untuk menghasilkan minyak sebagai bahan bakar sebagai kajian awal pengolahan limbah polilaminat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pirolisis dengan temperatur operasi 400, 500, dan 600 °C. Hasil pirolisis berupa produk gas, *wax*, dan *char*. Semakin tinggi temperatur, semakin banyak gas yang dihasilkan. Akan tetapi tidak terdapat minyak yang dihasilkan karena energi pembentukan minyak tidak tercapai dan *residence time* yang terlalu rendah.

Kata kunci: PE, pirolisis, temperatur, ikatan, *heating rate*

## ABSTRACT

*Waste consumption in Indonesia is increasing every year and becomes a major problem. Solid waste is one of the problems, especially in the city of Bandung because the diverse types of waste make the processing more difficult. There is 25% of untreated rubbish in Bandung's Garbage Bank. The untreated type of waste is thermoset plastic such as cork and thermoplastic such as poly laminate. Poly laminates can only be recycled into handicraft materials. Waste management like this is not effective because it takes a long time and the price is not competitive.*

*In this study, the main focus is the plastic constituent of poly laminate, namely polyethylene with plastic types of LDPE, HDPE, LLDPE. This study aims to process LDPE, HDPE, and LLDPE plastics to produce oil as fuel as a preliminary study of poly laminate waste treatment. The study was conducted using the pyrolysis method with operating temperatures of 400, 500, and 600 ° C. The results of pyrolysis in the form of gas products, waxes, and char. The higher the temperature, the more gas is produced. However, no oil is produced because oil formation energy is not reached and the residence time is too low.*

*Keywords: PE, pyrolysis, temperature, bonding, heating rate*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sampah telah menjadi masalah di Indonesia. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kelautan dan Kementerian Perindustrian, pada tahun 2016 tumpukan sampah di Indonesia sudah mencapai 65,2 juta ton pertahun. Menurut Dirjen Pengelolaan sampah, angka ini diperkirakan akan naik menjadi 68 juta ton dengan komposisi sampah plastik sebesar 14 persen (52).

Kenaikan jumlah tumpukan sampah di Indonesia belum diimbangi dengan pengelolaan yang baik. Sebagian sampah yang tidak dikelola dengan baik berakhir ke sungai dan laut. Menurut studi yang dilakukan oleh Jambeck dari Universitas Georgia, terdapat 3.22 m<sup>3</sup> ton sampah yang dibuang ke laut Indonesia (1). Dampak yang terjadi adalah sampah plastik menyumbat sungai dan laut dan mencemari lingkungan. LIPI melakukan studi terhadap 18 pantai di Indonesia dan mendapatkan perhitungan kasar sebanyak 100 ribu hingga 400 ribu ton sampah plastik di Indonesia masuk ke laut. Sementara itu Statistik Lingkungan Hidup menyatakan sebagian besar sungai di Indonesia berada dalam status tercemar berat.

Di Bandung sampah juga menjadi masalah. Setiap harinya kota Bandung memproduksi sebanyak 1600 m<sup>3</sup> per hari. Diperkirakan sebanyak 70 persen sampah diangkut oleh dinas kebersihan dan sisanya telah didaur ulang atau terbuang di jalanan dan sungai (52). Pembuangan sampah di sungai Bandung menyebabkan banyak sungai yang tersumbat. Pada tahun 2018, sampah yang menumpuk sudah semakin tinggi hingga tentara diturunkan untuk membersihkan sampah tersebut.

Pemerintah Bandung telah menjalankan program bank sampah untuk mengurangi tumpukan sampah. Sampah dari bank sampah kemudian dijual pada pihak ketiga untuk dikelola. Akan tetapi tidak semua jenis sampah dapat dikelola pihak ketiga. Limbah yang populer untuk diolah oleh fasilitas *recycling* adalah PET dan HDPE. Hal ini karena kedua jenis plastik tersebut mudah dijual (2). Sementara itu fasilitas *recycling* menolak mengolah limbah kemasan *multilayer*.

Polilaminat adalah salah satu kemasan *multilayer* yang tersusun dari polimer plastik dan aluminium yang biasa digunakan sebagai kemasan makanan. Saat ini kemasan polilaminat hanya didaur ulang menjadi kerajinan tangan. Hal ini dikarenakan sampah

polilaminat merupakan sampah yang sulit dipisahkan antara plastik dan aluminium sehingga tidak dapat didaur ulang terpisah.

Konsumsi material polilaminat terus bertambah setiap tahun. Pada tahun 2017, peningkatan permintaan pasar terhadap material ini mencapai 3.6% dan melampaui jumlah produksi yang diprediksi untuk tahun 2022 (3). Tumpukan limbah polilaminat akan terus bertambah dan menumpuk bila tidak didaur ulang. Daur ulang material polilaminat dapat mengurangi jumlah sampah yang ada dan memperoleh kembali material penyusunnya yang memiliki nilai jual tinggi.

Hasil daur ulang polilaminat dengan pirolisis adalah minyak dan aluminium. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa karakteristik minyak hasil pirolisis plastik mampu menyamai karakteristik bahan bakar komersil seperti *gasoline* dan *diesel* (5).

Populasi dunia saat ini dari 7,2 miliar diprediksikan akan meningkat sebesar 1 miliar pada tahun 2025 dengan tingkat pertumbuhan tahunan 1%. Di negara berkembang tingkat pertumbuhan naik lebih cepat karena tingkat kelahirannya yang masih tinggi. Akibatnya, permintaan energi telah meningkat secara signifikan pada tahun 2008 di negara-negara berkembang, terutama di Asia, akan meningkat 46-58% dengan tingkat tahunan 3,7% hingga 2025 (4). Hasil pengolahan limbah polilaminat diharapkan mampu membantu memenuhi permintaan energi sekaligus mengurangi sampah.

Pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis untuk mengkonversi plastik penyusun polilaminat yaitu polietilen menjadi minyak. Polietilen merupakan penyusun polilaminat paling banyak sehingga akan berpengaruh banyak pada kondisi pirolisis (69). Jenis plastik yang digunakan untuk penelitian ini adalah LDPE, LLDPE, HDPE. Penelitian ini juga dilakukan sebagai kajian awal untuk penelitian berikutnya yang akan menggunakan polilaminat.

## **1.2. Tema Sentral Masalah**

Sampah plastik telah menjadi permasalahan global karena jumlahnya yang meningkat setiap tahun. Pemerintah dan pihak swasta telah bekerja sama untuk mengolah sampah plastik yang ada, namun masih terdapat sampah yang tidak bisa diolah seperti limbah polilaminat. Limbah polilaminat sulit diolah karena merupakan kemasan plastik *multilayer* dan sulit untuk dipisahkan. Salah satu cara untuk mengolah limbah plastik adalah dengan menggunakan metode pirolisis. Permasalahan dalam pengolahan limbah plastik adalah untuk memilih kondisi operasi pirolisis yang mampu memisahkan dan menghasilkan aluminium dan produk cair yang memiliki kualitas setara bahan bakar konvensional.

### **1.3. Identifikasi Masalah**

- 1 Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap kualitas produk cair pirolisis?
- 2 Bagaimana pengaruh variasi jenis plastik terhadap kualitas produk cair pirolisis?

#### 1.4. Premis

**Tabel 1. 1 Premis Sifat Fisika Produk Cair Pirolisis dan Perbandingannya**

No	Bahan Baku	Suhu Operasi (°C)	Calorific Value (MJ/kg)	Viscosity (mm <sup>2</sup> /s)	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	Ash (%w)	Cetane Number	Sumber
1	PP	250-500	40.8-53.4	1.9	0.792	0.01	49.3	(5) (6)
2	PS/PP/PE	450	41.4-41.8	1.92-2.09	0.91-0.92	-		(4)
3	HDPE	300-400	40.5	5.08	-	0	46	(5)
4	PE	-	52.3	2.19	0.058	0.013		(6)
5	PS	-	50.4	1.4	0.96	0.006	12.6	(6)
6	Gasoline	-	42.5	1.17	0.78	-		(5)
7	Diesel	-	43	1.9-4.1	0.807	0.01		(5)

**Tabel 1. 2 Premis Pengaruh Temperatur dan Waktu Tinggal terhadap Yield Pirolisis**

No	Bahan baku	Suhu (°C)	Heating rate (C/min)	Waktu Tinggal (min)	Reaktor	Jenis Pirolisis	Hasil			Sumber
							Cair	Gas	Padat	
1	PS	450	10	75	Batch	Konvensional	80.8	13	6.2	(4)
	PP						42	54.5	3.5	
	PE							62	13	
2	PP	250	5- 10		micro reactor	Konvensional	57.27	29.05	13.68	(5)
		300					69.82	28.84	1.34	
		350					67.74	30	1.56	
		400					63.23	31.07	5.7	
	HDPE	300					30.7	36.25	33.05	
		350					80.88	17.24	1.88	
		400					54.17	45.29	0.54	



No	Bahan baku	Suhu (°C)	Heating rate (C/min)	Waktu Tinggal (min)	Reaktor	Jenis Pirolisis	Hasil			Sumber
							Cair	Gas	Padat	
3	PE	430		20		flash pyrolysis	90	2	8	(7)
	PP						91	5	4	
	PS						92	6	2	
4	PS:PP	450	10	75	Batch	Konvensional	25	69.9	5.1	(4)
	PS:PE						54	38.3	7.7	
	PP:PE						24	51.2	24.8	
	PS:PP:PE (2:1:1)						49	47.1	3.9	
	PS:PE:PP:PET (2:1:1:1)						40	42	18	
5	47.9% inorganik, 4.4% multimaterial, 12.1% PE, 7.6% PP, 12.1% PS, 10.2% Sellulosic material, 3.6 % plastik lain lain	500	5.7	30	Batch	Konvensional	27.5	13.8	7.9	(8)
6	32.4% inorganik, 4.9% multimaterial, 6.4% PE, 9.6% PP, 11.5% PS, 2.9 PET, 2.7 PVC, 26.9% Sellulosic material, 2.7% plastik lain lain						32.1	22.2	8.7	

No	Bahan baku	Suhu (°C)	Heating rate (C/min)	Waktu Tinggal (min)	Reaktor	Jenis Pirolisis	Hasil			Sumber
							Cair	Gas	Padat	
7	5.26% HDPE, 8.19% PP, 9.79% PS, 7.33% PET, 1.42% PVC, 9.40% PE film, 2.07% PP film, 33.25% kertas, 23.29% lain lain	500				konvensional	42.6	29.4	28.1	(9)
8	18.77% HDPE, 21.94% PP, 11.38% PS, 3.23% PET, 0.79 % PVC, 2.14% PE film, 1.73% PP film, 16.18% kaca, 23.84% lain lain						42.5	13.8	43.7	
9	tetrapak (63% cardboard, 30% plastik, 7% aluminum)	400	5	60	semibatch	Konvensional	32.6	23.9	36.7	(10)
		500					31.8	23.3	25.5	
		600					29.6	23.9	25.4	
10	68% PE, 16% PP, 16% PS	430		20		Flash Pyrolysis	93	1	6	(7)
	16% PE, 68% PP, 16% PS						90	4	6	
	16% PE, 16% PP, 68% PS						91	7	2	
	33.3% PE, 33.3% PP, 33.3% PS						92	5	3	

### **1.5. Hipotesis**

Hipotesis yang dapat diambil untuk penelitian ini adalah

- 1 Semakin tinggi temperatur pirolisis maka kualitas produk cair pirolisis akan semakin baik
- 2 Plastik HDPE merupakan polimer yang paling mudah untuk dipirolisis

### **1.6. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk

- 1 Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap kualitas produk cair pirolisis
- 2 Mengetahui pengaruh jenis plastik terhadap kualitas produk cair pirolisis

### **1.7. Manfaat Penelitian**

- 1 Bagi Industri

Melalui penelitian ini diharapkan dunia industri mendapatkan pengetahuan mengenai limbah polilaminat sebagai sumber aluminium dan bahan bakar alternatif serta melihat potensi membuka peluang usaha pengolahan limbah polilaminat dan menyerap tenaga kerja.

- 2 Bagi Pemerintah

Melalui penelitian ini diharapkan pemerintah mendapatkan informasi mengenai kajian awal pengolahan limbah polilaminat dan menurunkan jumlah sampah yang tidak terolah.

- 3 Bagi Penulis

Melalui penelitian ini para peneliti mampu mengembangkan sistem operasi serta kajian awal dalam mengolah limbah polilaminat sehingga mendapatkan aluminium dan produk cair dengan tingkat efisiensi lebih tinggi.