

**KAJIAN AWAL PENGOLAHAN LIMBAH KOTA  
POLILAMINAT DENGAN METODE DELAMINASI  
MENGUNAKAN PELARUT**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh :

**Maria Stephanie Nugroho**  
(2015620035)



Pembimbing :

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



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

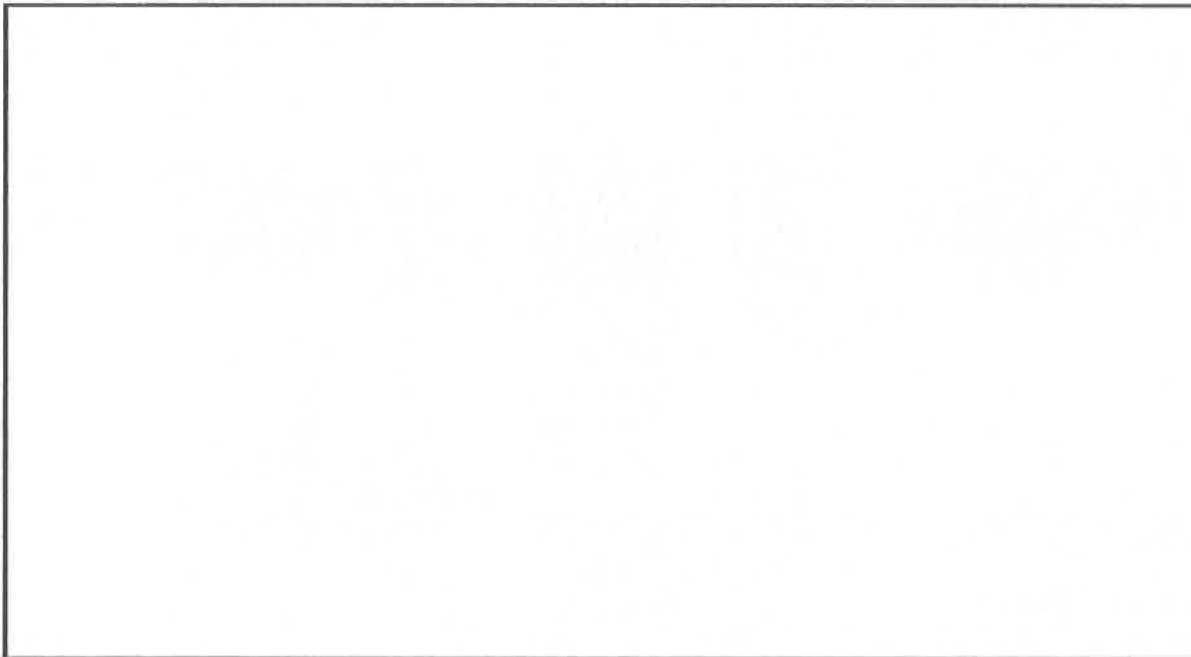
**2018**

No. Kode : TK MUG K/18  
Tanggal : 12 Juni 2019  
No. Ind. : 4392- FTI /SKP 37918  
Divisi :  
Mata Kuliah / Diklat :  
Dosen : FTI

**LEMBAR PENGESAHAN**

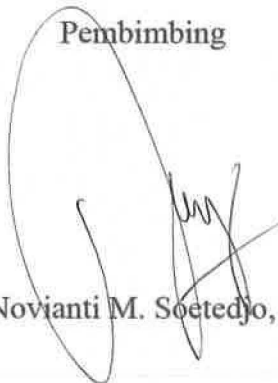
**JUDUL : KAJIAN AWAL PENGOLAHAN LIMBAH KOTA POLILAMINAT  
DENGAN METODE DELAMINASI MENGGUNAKAN PELARUT**

**CATATAN :**



**Telah diperiksa dan disetujui  
Bandung, 20 Desember 2018**

Pembimbing



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

## LEMBAR REVISI



**JUDUL : KAJIAN AWAL PENGOLAHAN LIMBAH KOTA POLILAMINAT  
DENGAN METODE DELAMINASI MENGGUNAKAN PELARUT**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui  
Bandung, 20 Desember 2018

Dosen Penguji I

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

Dosen Penguji II

Putri Ramadhany, S.T., M. Sc, PDEng.



**SURAT PERNYATAAN**



Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maria Stephanie Nugroho

NPM : 2015620035

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**Kajian Awal Pengolahan Limbah Kota Polilaminat Dengan Metode Delaminasi  
Menggunakan Pelarut**

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, 20 Desember 2018

Maria Stephanie Nugroho  
(2015620035)

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat-Nya sehingga proposal penelitian dengan judul “Kajian Awal Pengolahan Limbah Kota Polilaminat Dengan Metode Delamnasi Menggunakan Pelarut” dapat tersusun hingga selesai. Tujuan dari penulisan proposal penelitian ini untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Terselesainya proposal penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang turut berkontribusi dalam bantuan moril dan materiil sehingga pada kesempatan ini, dengan rendah hati, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih terutama kepada yang penulis hormati :

1. Dr. Jenny Novianty M. Soetedjo, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah memberikan kritik, saran, bimbingan, dan arahan yang sangat berguna dalam penyusunan proposal penelitian ini
2. Drs. Ignatius Adi Nugroho dan Veronica Kristina Herlina selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan proposal penelitian ini
3. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proposal penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk menyempurnakan proposal penelitian ini. Penulis berharap proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembacanya dan dapat menjadi bahan masukan di dunia riset maupun industri.

Desember 2018

Bandung,

Penulis

## DAFTAR ISI



COVER DALAM .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tema Sentral Masalah .....	3
1.3. Identifikasi Masalah.....	3
1.4. Hipotesis .....	3
1.5. Premis .....	5
1.6. Tujuan .....	7
1.6.1 Tujuan Umum.....	7
1.6.2 Tujuan Spesifik.....	7
1.7. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1. Limbah Rumah Tangga .....	9
2.2. Limbah Plastik .....	9
2.4. Polimer-Aluminium Laminat.....	13

2.4.1	Lapisan Polilaminat.....	13
2.4.1	Adhesi dalam Polilaminat.....	15
2.4.2	Keunggulan Polilaminat .....	17
2.5	Permasalahan Penganan Limbah Polimer Aluminium Laminat .....	18
2.6	Pengolahan Limbah Polilaminat.....	20
2.7	Delaminasi Polilaminat dengan Ekstraksi Pelarut .....	23
2.7.1.	Mekanisme Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut.....	23
2.7.2.	Pemilihan Pelarut.....	25
2.7.3.	Pengaruh Temperatur .....	28
2.7.4.	Produk Hasil Delaminasi .....	29
BAB III_BAHAN DAN METODE PENELITIAN .....		30
3.1	Bahan Baku dan Penunjang .....	30
3.2	Alat – Alat Utama dan Penunjang .....	30
3.3	Metodologi Penelitian.....	32
3.3.1	<i>Pre-treatment</i> .....	32
3.3.2	Percobaan Penduluan dan Utama .....	32
3.4	Prosedur Percobaan.....	33
3.4.1	<i>Pre-treatment</i> .....	33
3.4.2	Percobaan dengan Pelarut Asam Nitrat .....	34
3.4.3	Percobaan dengan Pelarut Lain .....	35
3.5	Rancangan Percobaan .....	35
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja.....	38
BAB IV PEMBAHASAN .....		39
4.1	Eksplorasi dan Penentuan Jenis Pelarut.....	39
4.1.1	Alkohol .....	39
4.1.2	Aseton.....	40
4.1.3	Larutan Asam .....	43

4.2	Optimasi Kondisi Proses Delaminasi Polilaminat .....	50
4.2.1	Optimasi Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Asam Nitrat .....	50
4.2.2	Optimasi Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton.....	53
4.3	Perbandingan Antara Asam Nitrat dan Aseton .....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		59
5.1	Kesimpulan .....	59
5.2	Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		60
LAMPIRAN A STANDARISASI DAN ANALISIS.....		65
A.1	Standarisasi dan Pembuatan Pelarut .....	65
A.1.1	Standarisasi NaOH dengan Asam Oksalat .....	65
A.1.2	Standarisasi Pelarut dengan NaOH.....	66
A.2	Analisis Gravimetri.....	67
LAMPIRAN B <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i> .....		69
B.1	Bahaya Fisik .....	69
B.1.1	Kontak Terhadap Mata .....	69
B.1.2	Kontak Terhadap Kulit.....	70
B.1.3	Terhirup .....	70
B.1.4	Tertelan.....	71
B.1.5	Cara Menangani Tumpahan Bahan Kimia .....	71
B.2	Bahaya Lingkungan .....	72
LAMPIRAN C HASIL PERCOBAAN DAN DATA ANTARA .....		74
C.1	Delaminasi dengan Pelarut Aseton .....	74
C.1.1	Optimasi Waktu Operasi .....	74
C.1.2	Optimasi Kecepatan Pengadukan .....	74
C.1.3	Optimasi Rasio Bahan Baku Berbanding Pelarut.....	74
C.1.4	Optimasi Konsentrasi Pelarut.....	75



C.1.5	Optimasi Temperatur Operasi .....	75
C.2	Delaminasi dengan Pelarut Asam Nitrat .....	75
LAMPIRAN D	GRAFIK .....	77
D.1	Optimasi Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton .....	77
D.1.1	Profil Waktu Operasi Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	77
D.1.2	Profil Kecepatan Pengadukan Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	77
D.1.3	Profil Kondentrasi Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	78
D.1.4	Profil Rasio Bahan Baku Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	78
D.1.5	Profil Temperatur Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	79
D.2	Optimasi Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Asam Format .....	79
D.2.1	Profil Waktu Operasi Terhadap Persentase <i>Recovery</i> Aluminium .....	79
D.2.2	Profil Konsentrasi Terhadap Persentase <i>Recovery</i> Aluminium dalam Berbagai Waktu Operasi .....	80

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Produksi Plastik Dunia, 1950 – 2015 .....	11
<b>Gambar 2. 2</b> Reverse printing di kemasan polilaminat.....	15
<b>Gambar 2. 3</b> Elecrostatic Attraction Theory Pada Polimer dan Logam.....	16
<b>Gambar 2. 4</b> Bentuk dan Struktur Lapisan Polimer-Aluminium Laminat.....	17
<b>Gambar 2. 5</b> Proses Delaminasi Polilaminat dengan Ekstraksi Pelarut (a) Sebelum Proses Dimulai (b) Saat Proses Berlangsung (c) Sesudah Proses Selesai.....	29
<b>Gambar 2. 6</b> Produk Hasil Delaminasi (kiri) Polietilen dan (kanan) Aluminium .....	29
<b>Gambar 3. 1</b> Rangkaian Alat Utama Delaminasi Polilaminat Menggunakan Pelarut .....	31
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Singkat Metodologi Penelitian Delaminasi Menggunakan Pelarut .....	33
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Proses Pre-Treatment.....	33
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Proses Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Asam Nitrat..	36
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Alir Proses Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Lain .....	37
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton .....	41
<b>Gambar 4. 2</b> Struktur Molekul Aseton.....	41
<b>Gambar 4. 3</b> Struktur Molekul Poliuretan.....	41
<b>Gambar 4. 4</b> Ilustrasi Peristiwa Solvent Swelling Pada Polimer .....	42
<b>Gambar 4. 5</b> Efek Pelarut Asam Format Pada Polilaminat di Menit ke (a) 25 (b) 120 .....	43
<b>Gambar 4. 6</b> Profil Mass Loss Aluminium Terhadap Temperatur dan Konsentrasi.....	45
<b>Gambar 4. 7</b> Efek Pelarut Asam Asetat Pada Polilaminat di Menit ke (a) 35 (b) 240.....	46
<b>Gambar 4. 8</b> Profil Mass Loss Aluminium Terhadap Temperatur dan Konsentrasi.....	46
<b>Gambar 4. 9</b> Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Asam Nitrat Pada Menit ke (a) 10 (b) 15 (c) 30 (d) 60 (e) 120 .....	47
<b>Gambar 4. 10</b> Profil Waktu Perendaman Terhadap Persentase Recovery Aluminium .....	51
<b>Gambar 4. 11</b> Profil Konsentrasi Asam Nitrat di Berbagai Waktu Operasi Terhadap Persentase Recovery Aluminium .....	51
<b>Gambar 4. 12</b> Larutan Asam Nitrat Pada Proses Delaminasi Selama 10 Menit Pada Konsentrasi 65%.....	53

<b>Gambar 4. 13</b> Larutan Asam Nitrat Setelah Proses Delaminasi Selama 15 Menit Pada Konsentrasi (a) 65% (b) 55% .....	53
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik Profil Waktu Perendaman Terhadap Persentase Pemisahan .....	54
<b>Gambar 4. 15</b> Profil Kecepatan Pengadukan Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	55
<b>Gambar 4. 16</b> Profil Perbandingan Bahan Baku dan Pelarut Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat .....	55
<b>Gambar 4. 17</b> Grafik Profil Konsentrasi Pelarut Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat.....	56
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik Profil Temperatur Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat.....	57
<b>Gambar B. 1</b> Perlengkapan safety personal .....	69
<b>Gambar D. 1</b> Grafik Profil Waktu Operasi Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat dengan Aseton.....	77
<b>Gambar D. 2</b> Grafik Profil Kecepatan Pengadukan Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat dengan Aseton .....	77
<b>Gambar D. 3</b> Grafik Profil Konsentrasi Pelarut Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat dengan Aseton .....	78
<b>Gambar D. 4</b> Grafik Profil Rasio Bahan Baku Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat dengan Aseton.....	78
<b>Gambar D. 5</b> Grafik Profil Temperatur Operasi Terhadap Persentase Pemisahan Polilaminat dengan Aseton .....	79
<b>Gambar D. 6</b> Grafik Profil Waktu Operasi Terhadap Persentase Recovery Aluminium dengan Asam Nitrat .....	79
<b>Gambar D. 7</b> Grafik Profil Waktu Operasi Terhadap Persentase Recovery Aluminium dengan Asam Nitrat di berbagai Konsentrasi Pelarut.....	80

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Volume Sampah Kota Terangkut Perhari, 2015 - 2016.....	1
<b>Tabel 1. 2</b> Premis -premis .....	5
<b>Tabel 2. 1</b> Jenis Sampah, Jumlah, Serta Persesntaseny (2011 – 2016).....	10
<b>Tabel 2. 2</b> Polimer plastik pada kemasan multilayer [22] .....	13
<b>Tabel 2. 3.</b> Emisi Gas dari Proses Produksi Aluminium Primer dan Daur Ulang .....	19
<b>Tabel 4. 1</b> Perbandingan Pelarut Aseton dan Asam Nitrat dalam Delaminasi Polilaminat	58
<b>Tabel B. 1</b> Bahaya Bahan Kimia Saat Terkontak dengan Mata dan Cara Pertolongan Pertamanya .....	70
<b>Tabel B. 2</b> Bahaya Bahan Kimia Saat Terkontak dengan Kulit dan Cara Pertolongan Pertamanya .....	70
<b>Tabel B. 3</b> Bahaya Bahan Kimia Saat Terhirup dan Cara Pertolongan Pertamanya .....	71
<b>Tabel B. 4</b> Bahaya Bahan Kimia Saat tertelan dan Cara Pertolongan Pertamanya .....	72
<b>Tabel B. 5</b> Cara Menangani Tumpahan Bahan Kimia.....	72
<b>Tabel B. 6</b> Potensi Bahaya Bahan Kimia terhadap Lingkungan.....	73
<b>Tabel C. 1</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton Pada Optimasi Waktu Operasi .....	74
<b>Tabel C. 2</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton Pada Optimasi Kecepatan Pengadukan.....	74
<b>Tabel C. 3</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton Pada Optimasi Rasio Bahan Baku Terhadap Pelarut .....	75
<b>Tabel C. 4</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton Pada Optimasi Konsentrasi Pelarut.....	75
<b>Tabel C. 5</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Aseton Pada Optimasi Temperatur Operasi .....	75
<b>Tabel C. 6</b> Hasil Percobaan Delaminasi Polilaminat dengan Pelarut Asam Nitrat .....	76



## INTISARI

Polilaminat merupakan salah satu contoh plastik, yang biasanya digunakan sebagai material pengemas berupa lapisan *multilayer* tersusun oleh polimer dan aluminium. Keberadaan polilaminat yang mudah tertangkap mata ini menunjukkan tingginya jumlah produksi polilaminat sebagai salah satu jenis material yang tidak dapat terurai secara alami sehingga limbahnya juga akan terus bertambah. Struktur polilaminat memiliki adhesi antara dua atau lebih material yang sulit dipisahkan sehingga teknologi yang lebih dibutuhkan dalam pengolahannya karena daur ulang plastik konvensional tidak memungkinkan lagi. Penelitian ini bertujuan untuk mendaur ulang sampah polilaminat ini sehingga polietilen dan aluminium dapat diperoleh sebagai produk. Penelitian ini, selain bertujuan untuk mengurangi limbah, mampu memberikan nilai ekonomi bagi industri yang mengembangkannya karena aluminium termasuk logam yang memiliki nilai jual cukup tinggi dan dapat mengurangi produksi aluminium dari bijih bauksit.

Dalam penelitian ini akan dilakukan eksplorasi dan optimasi dari proses delaminasi polilaminat menggunakan pelarut. Delaminasi polilaminat dengan pelarut dilangsungkan dengan merendam bahan baku limbah polilaminat ke dalam pelarut tertentu yang dipanaskan pada temperatur tertentu diatas sebuah *hot plate* dengan kecepatan pengadukan tertentu. Produk hasil delaminasi dengan pelarut melewati tahap filtrasi untuk memisahkannya dari pelarutnya dan pengeringan sebelum analisis yang akan dilakukan dengan penimbangan. Pelarut yang diseleksi antara lain asam format, asam asetat, asam nitrat, alkohol, dan aseton. Seleksi didasarkan pada pemisahan lapisan polilaminat dan *mass loss* dari aluminium. Optimasi dilakukan pada pelarut yang mampu melakukan pemisahan pada polilaminat tanpa menghilangkan lapisan aluminiumnya, aseton dan asam nitrat, dengan variabel bebas yang ditentukan

Pelarut aseton memiliki titik optimum pemisahan pada temperatur 44°C pada konsentrasi pelarut 4 Molar dengan lama perendaman 4 jam. Polilaminat terpisah menjadi 2 bagian, *inner* (LDPE) dan *outer* (PET dan Aluminium). Pelarut asam nitrat mencapai titik pemisahan terbaik pada temperatur ruang dengan konsentrasi pelarut 55% dan lama perendaman 15 menit. Polilaminat terpisah menjadi 3 bagian antara lain: PET (berserta *printing ink*), Aluminium, dan LDPE. Keduanya dilakukan dengan rasio gram bahan baku : 100 ml pelarut 1:1. Dengan perbandingan kerugian dan keuntungan, pelarut asam nitrat dipilih menjadi pelarut yang paling efisien.

## ABSTRACT

Poly laminate is one of the packaging material in the form of multilayer which composed of polymer and aluminum foil. The presence of this packaging material which is so eye-catching shows high amount of poly laminate production rate. Its characteristic as one of the plastic material makes it can't be decomposed naturally, thus, the amount of its waste will continue to grow. Poly laminate's structure consist of an adhesion in the between of every layer.that makes it difficult to be recycled, so, a new technology is necessarily applied in this case since conventional recycling method is no longer possible. This study aims to recycle this poly laminate waste so that plastic and aluminum can be obtained as a product. This research, besides aiming to reduce waste, is able to provide economic value for industries that develop it because aluminum is a metal that has a high selling value and can reduce the production of aluminum from bauxite ore

In this research exploration and optimization of the poly laminate delamination process using solvents will be carried out. Poly laminate solvent delamination is carried out by immersing the poly laminate waste material into a certain solvent which is heated at a certain temperature on a hot plate with a certain stirring speed. Then, the delaminated products with its solvent pass through the filtration stage to separate each of them. The delaminated product is dried out before the analysis will be carried out by weighing. Selected solvent that are explored include formic acid, acetic acid, nitric acid, alcohol, and acetone. Selection is based on the separation of poly laminate and aluminium's mass loss. Optimization is carried out on solvents which are capable to separate poly laminate layers without removing the aluminum layer, acetone and nitric acid, with the specified independent variable

The acetone solvent has the optimum point of separation in 4 Molar solvent concentration under temperatur operation of 44°C on 4 hours of immersion time. Poly laminate is separated into 2 parts, inner (LDPE) and outer (PET and Aluminum). The nitric acid solvent reaches its best poly laminate separation condition at room temperature with 55% solvent concentration on 15 minutes immersion time. Poly laminate is separated into 3 parts, PET (and its printing ink), Aluminum and LDPE. Both are done with a gram ratio of raw materials: 100 ml of solvent 1: 1. With a comparison of losses and advantages, nitric acid solvents are chosen to be the most efficient solvents.

Key words : Poly laminate, Delamination, Solvent, Acetone, Nitric Acid



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Limbah rumah tangga merupakan masalah yang menghantui banyak negara, entah berkembang maupun maju, termasuk Indonesia. Diperkirakan, setiap rumah tangga atau penduduk di Indonesia dapat memproduksi setidaknya 0,52 kg sampah setiap harinya. [1] Dan dengan jumlah penduduk sebanyak 258,7 juta jiwa maka jumlah sampah yang diproduksi di Indonesia bekisar 196.612 ton per-hari nya yang tersebar di seluruh provinsi. Penanganan dari limbah rumah tangga ini belum mampu mencapai titik maksimal bahkan dalam hal pengumpulannya sekalipun sehingga sampah ini semakin lama semakin menggunung tiap taunnya [2], seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 [3]. Selain itu, berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik terkait dengan penanganan sampah, pengangkutan sampah kota tiap harinya oleh dinas kebersihan tidak dapat mencapai nilai 100% bahkan hanya di 2 provinsi saja sampah kota dapat terangkut hingga 90% yang menunjukkan minimnya upaya pengelolaan sampah di Indonesia.

**Tabel 1. 1** Volume Sampah Kota Terangkut Perhari, 2015 - 2016

Kota	Total Volume Sampah yang Dihasilkan Tahun 2015 (m <sup>3</sup> )	Total Volume Sampah yang Dihasilkan Tahun 2016 (m <sup>3</sup> )
DKI Jakarta	6.419,13	6.013,30
Surabaya	4.925,50	5.237,70
Medan	1.485,46	1.564,85
Bandung	1.090,00	1.100,00
DI Yogyakarta	780,39	787,20
Denpasar	3.547,00	3.625,00
Makasar	3.962,63	5.623,61

Sekitar tahun 2013, 70% dari Sungai Citarum tertutup oleh sampah, yang mayoritas adalah plastik, menunjukkan pengelolaan sampah yang sangat minimum. Pemerintah Kota Bandung dan bahkan Pemerintah Pusat mulai memberikan perhatian yang lebih pada permasalahan limbah ini dengan tujuan pembersihan dari Sungai Citarum dan juga peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya kebersihan lingkungan. Aksi dari pemerintah ini didukung oleh sebuah organisasi swasta, Bank Sampah Bersinar (BSB), yang

berfokus di bidang pemilahan sampah organik dan sampah plastik dari limbah rumah tangga di beberapa kota sejak tahun 2014.

Program dari BSB mengenai pemilahan sampah ini berkembang pesat dan didukung oleh masyarakat sekitarnya dengan menerapkan metode berupa barter antara sampah plastik dengan sembako berupa beras, minyak goreng, ataupun gula pasir. Hingga sekarang, BSB mampu mendaur ulang 75% dari sampah plastik dan memasok bahan baku bagi industri daur ulang di sekitar Bandung. 25% dari sisa sampah plastik yang tidak terdaur ulang itu biasanya berupa material plastik termoset seperti *styrofoam* dan helm dan material termoplastik seperti kemasan polilaminat. Penelitian ini akan berfokus pada pengelolaan limbah polilaminat yang tidak mampu untuk di daur ulang secara konvensional karena keterbatasan teknologi dimana kedua lapisan ini tidak dapat dipisahkan dengan mudah.

Polimer-aluminium laminat merupakan material pengemas *multilayer* dengan permintaan yang tinggi dipasar global yang terus meningkat. Peningkatan permintaan pasar terhadap material ini mencapai 3.6% sampai dengan tahun 2017 yang bahkan melampaui jumlah produksi yang diprediksi untuk tahun 2022. [4] Karena itu, tidak heran jika limbah dari material tersebut semakin lama semakin menggunung seiring dengan peningkatan produksinya. Daur ulang dari polimer-aluminium laminat berguna, selain untuk mengurangi jumlah limbah yang ada, untuk memperoleh kembali material – material penyusunnya yaitu lapisan aluminium dan polietilen yang masih memiliki nilai jual yang tinggi. Harga aluminium yang cukup tinggi yakni  $\pm 2.293$  USD / ton. [5] Hal ini pastinya merupakan suatu keuntungan yang dapat diperoleh dari proses daur ulang ini sehingga biaya proses dan teknologi dapat teratasi dari penjualan *recovery* aluminium. Selain itu, secara umum, daur ulang dari aluminium ini dapat menghemat sekitar 93% dari kebutuhan energi dibandingkan dengan pembuatan lapisan aluminium baru dari bijih bauksit. [6]

Beralih pada lapisan lain hasil daur ulang polilaminat yang adalah polimer, material ini dapat dipulihkan menjadi lembaran plastik yang kemudian dapat didaur ulang secara konvensional ataupun dikonversi menjadi senyawa lain seperti bahan bakar minyak dengan metode tertentu. Bahan bakar minyak yang dihasilkan dari konversi limbah plastik memiliki karakteristik mendekati diesel komersial [7][8]. Dengan ini, baik lapisan aluminium maupun lapisan polietilen, setelah dipisahkan, keduanya mampu memiliki nilai ekonominya masing – masing.



## 1.2 Tema Sentral Masalah

Sampah plastik telah menjadi permasalahan dunia karena jumlahnya yang meningkat sepanjang waktu seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Polimer Aluminium Laminat (*Poly laminate / Polyal*) merupakan salah satu jenis sampah plastik yang sulit untuk ditangani dan diolah karena keterbatasan teknologi yang ada. Permasalahan dalam pengolahan material ini adalah untuk memilih metode pengolahan beserta kondisi operasinya yang mampu memisahkan dan menghasilkan aluminium dan produk lain dari polietilen dengan kondisi pemulihan paling optimum.

Metode pengolahan limbah polilaminat yang dipilih merupakan metode delaminasi dengan pelarut. Metode ini memiliki variable bebas yang beragam berupa pelarut, jenis pelarut, konsentrasi pelarut, dan temperatur yang dapat mempengaruhi proses operasi dan produk hasil daur. Perbedaan kondisi operasi mampu mempengaruhi komposisi produk hasil, *mass loss*, dan tingkat kemurnian aluminiumnya sehingga diperlukan penyesuaian dan uji coba pada tiap – tiap variabel operasi hingga produk optimum diperoleh.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Dapatkah *recovery* aluminium dihasilkan dengan menggunakan metode delaminasi menggunakan pelarut?
2. Pelarut apakah saja yang mampu mendelaminasi polilaminat?
3. Adakah pengaruh dari variasi jenis pelarut, temperatur, konsentrasi pelarut, rasio *loading*, dan lama perendaman terhadap kondisi hasil produk dan lamanya waktu operasi delaminasi polilaminat dengan menggunakan pelarut?
4. Kondisi operasi (jenis pelarut, konsentrasi, temperatur, rasio *loading*, dan lama perendaman) manakah yang mampu menghasilkan *recovery* aluminium dan polietilen dalam keadaan optimum dengan metode delaminasi menggunakan pelarut?

## 1.4 Hipotesis

1. Pelarut asam format dan asam asetat mampu mendelaminasi polilaminat.
2. Ada pengaruh dari variasi jenis pelarut, temperatur, konsentrasi pelarut, rasio *loading*, dan lama perendaman terhadap kondisi hasil produk dan lamanya waktu operasi delaminasi polilaminat dengan metode ekstraksi pelarut.

3. Kondisi optimum diperoleh dengan pelarut asam format pada konsentrasi 4 Molar, temperatur  $65^{\circ}\text{C}$ , rasio pelarut banding bahan baku 100ml/gram, lama perendaman 4 jam.

### 1.5 Premis

Tabel 1. 2 Premis -premis

No	Material		Pelarut			Kondisi Operasi				Hasil			Keterangan	Pustaka
										Mass Loss (%wt)		Persentase Delaminasi		
	Jenis	Spesifikasi	Nama	Spesifikasi	Kepolaran	Temperatur (°C)	Ukuran Sampel	Lama Perendaman	Lama Delaminasi (s)	Poietilen	Aluminium			
1	Limbah kemasan makanan TETRA PAK	20-30 µm aluminium dan 50-80µm polietilen	Campuran : Benzene	0.3	Non-Polar	60	3 x 3 cm	5 menit	-	2,54	0	-	-	[9]
			Ethanol	0.2	Netral									
			Air	0.5	Polar									
2	TETRA PAK komposit dengan ketebalan laminasi 78 µm	Bahan merupakan material multi-layer dengan susunan polietilen 1 - aluminium-polietilen 2	Campuran Benzene:Ethanol:Air	3:2:5	Non-Polar, Netral, Polar	60	3 x 3 cm	6 menit	-	0	0%	100%	-	[10]
										0	80%			
										1	100%			
										2,5	100%			
										3	100%			
				10	1,03									
				14	0,87									
				295	5,69									
				20	0,59									
				312	3,65									
				293	3,82									
				307	3,36									
				310	3,35									
				329	2,91									
				325	2,89									
				339	2,86									
				353	2,69									
				338	2,64									
				341	2,58									
				351	2,54									
3	Sampel kemasan TETRA PAK tanpa selulosa	83% polietilen dan 17% aluminium	limbah minyak sayur dari <i>canola</i>	Densitas = 0.093 g/ml, Viskositas = 78 cst; titik asap = 285°C	Non-Polar	140	serbuk	50 menit	-	20	15	-	-	[11]
4	Material pengemas polilaminat	15 g/m2 LDPE; 210 g/m2 Kertas; 7µm Aluminium Foil	Asam Asetat (Merck)	Konsentrasi 1% (pH 2,8)	Non-Polar	20	10 x 20 cm	4 minggu	-	-	-	-	-	[12]
				Konsentrasi 3% (pH 2,87)				3-4 hari						

Tabel 1.2 Lanjutan Premis-premis

No	Material		Pelarut			Kondisi Operasi				Hasil			Keterangan	Pustaka
										Mass Loss (%wt)		Persentase Delaminasi		
	Jenis	Spesifikasi	Nama	Spesifikasi	Kepolaran	Temperatur (°C)	Ukuran Sampel	Lama Perendaman	Lama Delaminasi (s)	Polietylen	Aluminium			
5	<i>Kemasan Multilayer Film</i>	PET dilapisi aluminium (12µm), campuran LLDPE dan LDPE 70:30 (41µm), dan	Aseton	Nuclear	-	50	200 x 300 mm	4 jam	-	-	-	100%	komposisi produk hasil delaminasi dengan aseton : PET 48.5%; PE 49.5%; Al 2%	[13]
6	Kemasan minuman karton	Selulosa 75% wt; LDPE 20% wt; Aluminium 5% wt (6.5µm)	Pentana-1-ol	-	-	Mendidih	10 x 10 mm	30 menit	-	-	-	19%	-	[14]
			heksana-1-ol									58.50%		
			Oktana-1-ol									99.50%		
7	Polietylen aluminium laminat	polietylen 0.03 - 0.08 mm; aluminium 0.02 - 0.03 mm	Asam Asetat	6 Molar	-	60	5 x 5 cm	-	35 menit	-	10.75%	100%	-	[15]
			Asam Format						18.5 menit		0.24%	100%		
			Asam Hidroklorida						- (sangat cepat)		100.00%	100%		
	Operasi Optimum	Asam Methanoik	4 Molar	-	60	25 menit	4.73%	100%						

Keterangan : Mass Loss dalam satuan %wt bahan baku

## **1.6 Tujuan**

### **1.6.1 Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengonversi limbah plastik yang tidak dapat didaur ulang, yaitu polilaminat, menjadi produk berupa aluminium dan lapisan polimer yang memiliki nilai ekonomi.

### **1.6.2 Tujuan Spesifik**

Tujuan spesifik dari penelitian ini antara lain untuk :

1. Mengetahui jenis-jenis pelarut yang mampu mendelaminasi polilaminat.
2. Mengetahui pengaruh dari variasi jenis pelarut, temperatur, konsentrasi pelarut, rasio *loading*, dan lama perendaman terhadap kondisi hasil produk dan lamanya waktu operasi delaminasi polilaminat dengan menggunakan pelarut.
3. Mengoptimasi kondisi operasi optimum untuk masing-masing pelarut.

## **1.7 Manfaat Penelitian**

### **1. Bagi Pemerintah Kota Bandung**

Penelitian ini mampu membantu pemerintah mengatasi permasalahan penanganan dan pengolahan sampah plastik, terutama untuk jenis sampah yang tidak dapat didaur ulang secara konvensional serta membantu menciptakan lapangan pekerjaan yang mampu menekan angka pengangguran.

### **2. Bagi Lingkungan Sekitar Bandung**

Penelitian ini berpotensi mengurangi jumlah limbah yang tak dapat terdegradasi secara alamiah dan bahkan tidak dapat didaur ulang yang mampu menjadi polusi bagi lingkungan sehingga membantu menciptakan lingkungan yang bersih

### **3. Bagi Masyarakat Bandung**

Penelitian yang menggunakan bahan baku limbah polilaminat ini dapat mengurangi jumlah sampah yang menjadi polusi dan mengganggu aktivitas serta kehidupan masyarakat bandung sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan dan kenyamanan untuk beraktivitas sehari – hari.

### **4. Bagi Peneliti**

Dengan adanya penelitian ini para peneliti mampu mengembangkan sistem operasi serta metode dalam pemisahan polietilen dan aluminium dari limbah polilaminat

dengan tingkat efisiensi yang lebih tinggi sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih optimum.

5. Bagi Industri

Dari penelitian ini, dunia industri mampu melihat potensi dan peluang usaha daur ulang aluminium yang menjanjikan melalui limbah polilaminat sehingga mampu mengurangi tingkat produksi aluminium dari bijih bauksit yang memakan energi jauh lebih besar dari operasi daur ulang ini.

6. Bagi Pembaca

Melalui penelitian ini, pembaca mampu memperluas wawasannya terkait dengan pengelolaan dan pengolahan limbah plastik terutama untuk jenis polilaminat dan juga mengetahui bahwa telah ada teknologi yang memadai untuk mendaur ulang dan memisahkan lapisan aluminium murni dan polietilen dari material tersebut.