

**PENGARUH REAGEN VINYL LAURAT, METIL  
LAURAT, DAN METIL MIRISTAT SERTA KATALIS  
K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, DAN CH<sub>3</sub>COONa PADA  
TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DALAM  
MEDIA SUPERKRITIK CO<sub>2</sub>**

**Penelitian**

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

oleh:

**Richard Adhi Laksono (2017620001)**

**Vincentia Chiquita Johan (2017620048)**

Pembimbing:

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

**Dr. Ir. Asaf K. Sugih**



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

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : PENGARUH REAGEN VINYL LAURAT, METIL LAURAT, DAN METIL MIRISTAT SERTA KATALIS  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , DAN  $CH_3COONa$  PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DALAM MEDIA SUPERKRITIK  $CO_2$**

**CATATAN :**



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 4 Agustus 2021

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



**Dr. Ir. Asaf K. Sugih**

**LEMBAR REVISI**

**JUDUL : PENGARUH REAGEN VINYL LAURAT, METIL LAURAT, DAN METIL MIRISTAT SERTA KATALIS  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , DAN  $CH_3COONa$  PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DALAM MEDIA SUPERKRITIK  $CO_2$**

**CATATAN :**



Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 3 Agustus 2021

Penguji 1



**Prof Dr. Ir. Judy Retti B. Witono, M. App. Sc.**

Penguji 2



**Tony Handoko, S.T., M.T.**



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

**SURAT PERNYATAAN**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Richard Adhi Laksono

NRP : 62170001

Nama : Vincentia Chiquita Johan

NRP : 62170048

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**PENGARUH REAGEN VINYL LAURAT, METIL LAURAT, DAN METIL  
MIRISTAT SERTA KATALIS  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , DAN  $CH_3COONa$  PADA  
TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DALAM MEDIA SUPERKRITIK  $CO_2$**

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

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

Bandung, 4 Agustus 2021



Richard Adhi Laksono

(6217001)



Vincentia Chiquita Johan

(6217048)

## INTISARI

Plastik merupakan produk yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai pengemas karena sifatnya yang elastis, transparan, ringan, tidak mudah pecah dan tahan air. Penggunaan plastik yang bersifat tidak *biodegradable* dapat menimbulkan beberapa dampak negatif seperti pencemaran lingkungan dan persediaan minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan plastik yang semakin sedikit. Maka dari itu, diperlukan alternatif pengganti plastik yaitu bioplastik yang terbuat dari bahan alami yang lebih mudah terurai di lingkungan (*biodegradable*). Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik yaitu polisakarida misalnya seperti xanthan gum. Penggunaan polisakarida seperti xanthan gum sebagai bahan baku bioplastik memiliki beberapa kekurangan seperti sifatnya yang hidrofilik dan kekuatan mekaniknya yang cenderung masih rendah. Oleh karena itu, xanthan gum perlu dimodifikasi untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut.

Penelitian ini berfokus pada transesterifikasi xanthan gum dengan reagen berupa ester asam lemak dalam media superkritik CO<sub>2</sub> sebagai pelarut. Reaksi transesterifikasi ini berlangsung selama 2 jam pada kondisi operasi 140°C dan 120 bar. Variasi percobaan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu jenis reagen ester asam lemak (vinyl laurat, metil laurat, dan metil miristat) dan jenis katalis yang digunakan (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COONa, dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Respon/parameter yang diamati dari penelitian ini adalah nilai derajat substitusi (DS) dan sifat/karakteristik dari produk hasil reaksi. Dari penelitian ini, diharapkan produk hasil reaksi memiliki nilai DS yang tinggi sehingga produk memiliki sifat hidrofobik dan kestabilan termal yang lebih baik. Produk hasil reaksi dianalisis dengan metode kuantitatif (analisis DS dengan titrasi hidrolisis) dan kualitatif (analisis dengan FTIR, TGA, dan SEM).

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa reagen vinyl laurat menghasilkan nilai DS produk paling besar dan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> juga memberikan nilai DS produk yang paling besar. Xanthan ester dengan variasi reagen vinyl laurat dan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menghasilkan nilai DS produk paling besar, yaitu 1,20. Berdasarkan hasil analisis FTIR, muncul gugus C=O dan terjadi pengurangan gugus O-H yang menunjukkan terjadinya reaksi transesterifikasi. Produk xanthan ester yang dihasilkan mengalami perubahan ukuran menjadi lebih besar dan jarak antar partikelnya lebih dekat berdasarkan hasil analisis SEM. Selain itu, produk xanthan ester mengalami peningkatan sifat kestabilan termal seiring dengan peningkatan nilai DS yang ditunjukkan melalui peningkatan temperature degradasinya.

Kata Kunci: Bioplastik, Xanthan Gum, Transesterifikasi, Nilai DS

## ABSTRACT

*Plastic is a widely used product in daily life as packaging because it is elastic, transparent, lightweight, not easily broken, and water resistant. The use of non-biodegradable plastics can cause several problem, such as environmental pollution and less supply of petroleum as a raw material for plastic production. Therefore, an alternative such as bioplastic is needed. Bioplastic made from natural materials that are more easily biodegradable in environment. One of the natural materials that can be used as raw material for bioplastic is polysaccharides such as xanthan gum. The use of xanthan gum as raw material for bioplastic has several weaknesses, such as its hydrophilic nature and poor mechanical properties. Therefore, xanthan gum needs to be modified to improve its properties.*

*This research focuses on the transesterification of xanthan gum with fatty acid ester reagents in CO<sub>2</sub> supercritical media as a solvent. This reaction lasted for 2 hours at operating condition of 140°C and 120 bar. Variations that carried out in this study were the type of fatty acid ester reagent (vinyl laurate, methyl laurate, and methyl myristate) and the type of catalyst used (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COONa, and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Responses or parameters observed from this study were the value of the degree of substitution (DS) and the properties or characteristic of the products. From this research, it is expected that the products have a high DS value so that the products have better hydrophobic properties and thermal stability. The products were analysed by quantitative methods (DS analysis using hydrolysis titration) and qualitative methods (analysis using instruments such as FTIR, TGA, and SEM).*

*The results showed that the vinyl laurate reagent produced the highest product DS value and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> catalyst also gave the highest product DS value. Xanthan ester with variations of vinyl laurate reagent and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> catalyst gave the highest value of the product, which was 1,20. Based on the results of FTIR analysis, a C=O group appears and a reduction of O-H group occurs which indicated the transesterification reaction that occurred in this research. Xanthan ester obtained from reaction undergo size changes to be bigger, and the distance between the particles became closer. In addition, thermal stability of products increased along with DS value and degradation temperature product that increased.*

*Keywords: Bioplastic, Xanthan Gum, Transesterification, DS Value*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Reagen Vinyl Laurat, Metil Laurat, dan Metil Miristat serta Katalis  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , dan  $CH_3COONa$  pada Transesterifikasi Xanthan Gum dalam Media Superkritik  $CO_2$ ” sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan penelitian ini, terkhusus kepada:

1. Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng. dan Dr. Ir. Asaf K. Sugih selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, pengarahan, motivasi, dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis selama menyusun laporan penelitian ini.
2. Orangtua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa, nasihat, dan motivasi selama Menyusun laporan penelitian ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan yang senantiasa memberikan pengarahan dan masukan sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
4. Teman-teman penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama menyusun laporan penelitian ini.
5. Pihak-pihak lain yang telah membantu dalam proses penyusunan laporan penelitian ini

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran dari para pembaca sehingga penulis dapat memperbaiki laporan penelitian ini. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 28 Juni 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI .....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	4
1.3 Identifikasi Masalah.....	5
1.4 Premis .....	5
1.5 Hipotesis Penelitian .....	5
1.6 Tujuan Penelitian .....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	6
1.7.1 Bagi Industri.....	6
1.7.2 Bagi Pemerintah .....	6
1.7.3 Bagi Masyarakat.....	6
1.7.4 Bagi Ilmuan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Bioplastik .....	9
2.2 Xanthan Gum .....	13
2.2.1 Struktur dan Sifat Kimia <i>Xanthan Gum</i> .....	14
2.2.2 Sifat Fisika Xanthan Gum .....	17
2.2.3 Aplikasi Xanthan Gum .....	18
2.3 Media Superkritik CO <sub>2</sub> .....	20
2.3.1 Fluida Superkritik.....	20
2.3.2 Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	21
2.3.3 Karbon dioksida Superkritik (ScCO <sub>2</sub> ).....	23
2.3.4 Pengaruh ScCO <sub>2</sub> Terhadap Polimer.....	25
2.4 Modifikasi Xanthan Gum .....	26



2.4.1 Modifikasi Xanthan Gum secara Fisika atau Mekanik .....	27
2.4.2 Metode Modifikasi Xanthan Gum secara Kimia.....	27
2.4.3 Modifikasi Pati dalam Media Superkritik CO <sub>2</sub> .....	29
2.4.4 Modifikasi Xanthan Gum dalam Media Superkritik CO <sub>2</sub> .....	30
2.5 Analisa Produk Modifikasi Pati atau Xanthan Gum dengan Instrumen .....	31
2.5.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	31
2.5.2 <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	33
2.5.3 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	34
2.6 Pemilihan Reagen dan Katalis pada Percobaan .....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.1.1 Alat.....	37
3.1.2 Bahan .....	39
3.2 Metodologi Penelitian.....	39
3.2.1 Percobaan Pendahuluan.....	39
3.2.2 Percobaan Utama.....	40
3.3 Rancangan Percobaan .....	42
3.4 Analisis Produk.....	42
3.4.1 Analisis Nilai Derajat Substitusi (DS) dengan Metode Titrasi Hidrolisis .....	42
3.4.2 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR) .....	43
3.4.3 Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	43
3.4.4 Analisis <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	44
3.5 Lokasi Penelitian.....	44
3.6 Jangka Waktu Penelitian.....	44
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 Percobaan Pendahuluan .....	46
4.2 Percobaan Utama .....	46
4.3 Derajat Substitusi (DS) .....	48
4.3.1 Pengaruh Jenis Reagen Terhadap Nilai Derajat Substitusi .....	50
4.3.2 Pengaruh Jenis Katalis Terhadap Nilai Derajat Substitusi .....	52
4.3.3 Perbandingan dengan Penelitian Serupa.....	55
4.4 Gugus Fungsi pada Xanthan Ester.....	56
4.5 Morfologi pada Xanthan Ester.....	59
4.6 Kestabilan Termal pada Xanthan Ester.....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>

5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS .....	77
A.1 Analisis Nilai Derajat Substitusi (DS) dengan Metode Titrasi Hidrolisis .....	77
A.1.1 Standarisasi NaOH .....	77
A.1.2 Standarisasi HCl .....	77
A.1.3 Metode Titrasi Hidrolisis .....	78
A.2 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR).....	78
A.3 Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	79
A.4 Analisis <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	79
LAMPIRAN B <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i> .....	80
B.1 Xanthan Gum .....	80
B.2 Vinyl Laurat .....	81
B.3 Metil Laurat.....	82
B.4 Metil Miristat.....	83
B.5 Kalium Karbonat .....	84
B.6 Natrium Karbonat.....	85
B.7 Natrium Asetat .....	86
B.8 Metanol.....	87
B.9 Asam Klorida .....	88
B.10 Natrium Hidroksida.....	89
B.11 Asam Oksalat .....	90
B.12 Fenolftalein.....	91
B.13 Gas Nitrogen .....	92
B.14 Karbon dioksida .....	93
LAMPIRAN C DATA ANTARA .....	94
C.1 Penentuan Kadar Air .....	94
C.2 Standarisasi NaOH .....	94
C.2.1 Standarisasi Pertama .....	94
C.2.2 Standarisasi Kedua.....	94
C.3 Standarisasi HCl.....	95
C.3.1 Standarisasi Pertama .....	95
C.3.2 Standarisasi Kedua.....	95

C.4 Analisis Derajat Substitusi .....	96
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN .....	97
D.1 Penentuan Kadar Air Xanthan Gum .....	97
D.2 Standarisasi NaOH.....	97
D.3 Standarisasi HCl.....	97
D.4 Perhitungan Nilai Derajat Substitusi (DS) .....	98
D.4.1 Percobaan 1 .....	98
D.4.2 Percobaan 2 .....	99
D.4.3 Nilai Derajat Substitusi Rata-Rata.....	100

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Plastik Tahun 1950 – 2015 .....	1
Gambar 1.2 Jumlah Limbah Plastik Tahun 1950 – 2050 .....	2
Gambar 1.3 Cadangan Minyak Bumi Indonesia Tahun 2008 – 2018 .....	3
Gambar 2.1 Hubungan antara <i>Biodegradable Plastics</i> dan <i>Bio-Based Plastics</i> .....	9
Gambar 2.2 Klasifikasi Bioplastik Berdasarkan <i>Biodegradability</i> dan <i>Bio-Based Content</i> .....	11
Gambar 2.3 Klasifikasi Bioplastik Berdasarkan Metode Proses Produksi.....	11
Gambar 2.4 Struktur Molekul Xanthan Gum .....	15
Gambar 2.5 Struktur Molekul Karbon dioksida .....	22
Gambar 2.6 Diagram Fasa CO <sub>2</sub> .....	23
Gambar 2.7 Diagram Interaksi Polimer dengan Fluida Superkritik .....	26
Gambar 2.8 Mekanisme Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Basa dan Asam .....	28
Gambar 2.9 Ilustrasi Hubungan Panjang Gelombang Sinar Infrared dengan Gugus yang Terdeteksi .....	32
Gambar 2.10 Struktur Ester Asam Lemak (a) Vinyl Laurat; (b) Metil Laurat; (c) Metil Myristate.....	35
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Alat Percobaan.....	37
Gambar 3.2 Prosedur Penentuan Kadar Air Xanthan Gum.....	39
Gambar 3.3 Prosedur Percobaan Utama.....	41
Gambar 4.1 Sampel (a) Xanthan Gum Murni; (b) Xanthan Ester Hasil Reaksi dengan Vinyl Laurat; (c) Xanthan Ester Hasil Reaksi dengan Metil Miristat; (d) Xanthan Ester Hasil Reaksi dengan Metil Laurat.....	48
Gambar 4.2 Pengaruh Jenis Reagen Terhadap Nilai Derajat Substitusi Xanthan Ester .....	50
Gambar 4.3 Pengaruh Jenis Katalis Terhadap Nilai Derajat Substitusi Xanthan Ester .....	52
Gambar 4.4 Mekanisme Transesterifikasi dengan Katalis Basa .....	54
Gambar 4.5 Hasil Analisa Sampel dengan FTIR (a) Reagen Vinyl Laurat (DS 1,20); (b) Reagen Metil Miristat (DS 0,80); (c) Reagen Metil Laurat (DS 0,46).....	57

Gambar 4.6 Hasil Analisis SEM pada Xanthan Gum Murni (a) Perbesaran 300x; (b) Perbesaran 1000x.....	60
Gambar 4.7 Hasil Analisis SEM pada Xanthan Ester (a) DS 1,20 (perbesaran 300x); (b) DS 1,20 (perbesaran 1000x); (c) DS 0,80 (perbesaran 300x); (d) DS 0,80 (perbesaran 1000x); (e) DS 0,46 (perbesaran 300x); (f) DS 0,46 (perbesaran 1000x) .....	61
Gambar 4.8 Hasil Analisis TGA pada Sampel (a) Xanthan Gum + Vinyl Laurat (DS 1,20); (b) Xanthan Gum + Metil Miristat (DS 0,80); (c) Xanthan gum + Katalis Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (DS 0,46) .....	64
Gambar A.1 Prosedur Standarisasi KOH .....	77
Gambar A.2 Prosedur Standarisasi HCl .....	77
Gambar A.3 Prosedur Metode Titration Hidrolisis.....	78
Gambar A.4 Prosedur Analisis FTIR .....	78
Gambar A.5 Prosedur Analisis SEM.....	79
Gambar A.6 Prosedur Analisis TGA.....	79

## DAFTAR TABEL

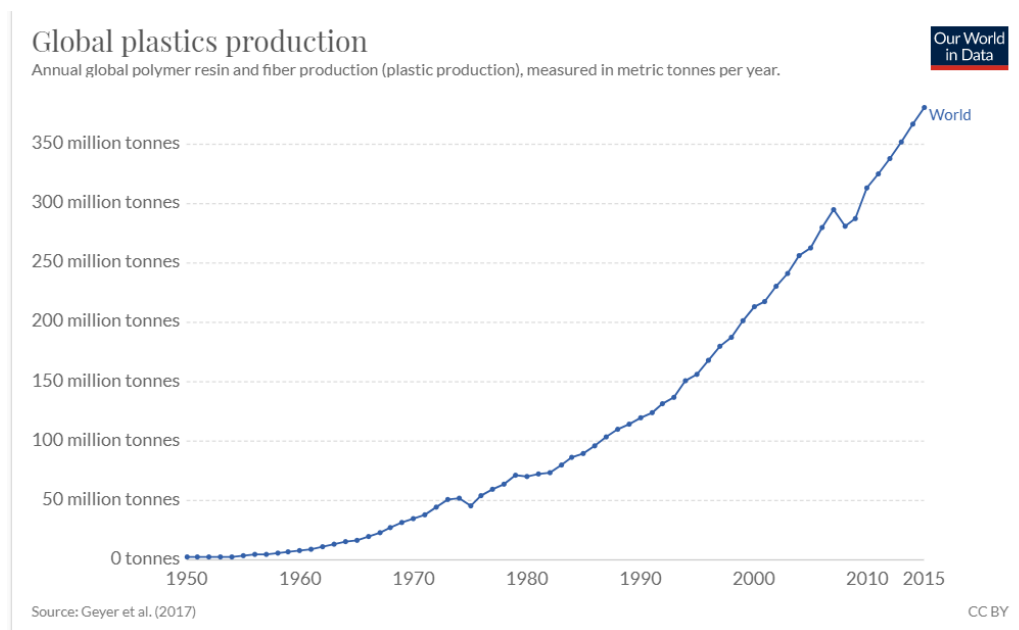
Tabel 1.1 Tabel Premis .....	7
Tabel 2.1 Standar Kantong Plastik Mudang Terurai atau <i>Biodegradable</i> .....	12
Tabel 2.2 Komposisi Medium Produksi Optimal untuk Xanthan Gum .....	14
Tabel 2.3 Persen Komposisi Xanthan Gum Hasil Produksi Bakteri <i>Xanthomonas</i> .....	16
Tabel 2.4 Aplikasi Xanthan Gum Pada Berbagai Macam Industri .....	19
Tabel 2.5 Keadaan Kritik Pada Beberapa Jenis Pelarut .....	21
Tabel 2.6 Perbandingan Sifat Fisik antara Gas, Fluida Superkritik, dan Liquid .....	23
Tabel 3.1 Daftar Alat Penelitian Utama .....	38
Tabel 3.2 Daftar Alat Penelitian Pendukung untuk Analisis.....	38
Tabel 3.3 Daftar Instrumen Pendukung untuk Analisis .....	38
Tabel 3.4 Daftar Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	39
Tabel 3.5 Tabel Rancangan Variasi Percobaan Utama .....	42
Tabel 3.6 Rencana Kerja Penelitian .....	45
Tabel 4.1 Nilai Derajat Substitusi Rata-Rata Xanthan Ester (Rasio Reagen 5 mol/mol XGU dan Rasio Katalis 0,3 mol/mol XGU) .....	49
Tabel 4.2 Nilai DS Xanthan Laurat Hasil Percobaan Sebelumnya .....	55
Tabel 4.3 Persen Penurunan Massa pada Sampel.....	65
Tabel 4.4 Temperatur Degradasi Xanthan Ester dari Hasil Analisis TGA .....	66
Tabel 4.5 Temperatur Degradasi Xanthan Gum Murni.....	66

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

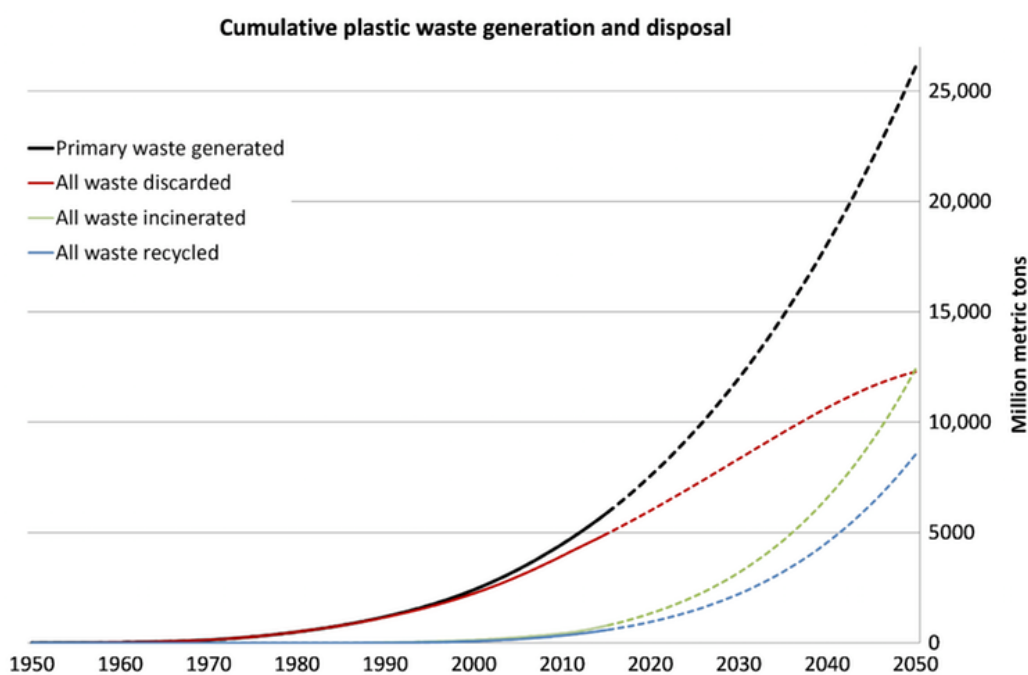
Jumlah penduduk dunia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Worldometers (2019), jumlah penduduk dunia hingga tahun 2019 telah mencapai 7,7 miliar jiwa. Jumlah penduduk dunia diperkirakan akan mengalami peningkatan hingga melebihi 9 miliar jiwa pada tahun 2050. Peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya dapat memberikan dampak dalam meningkatnya kebutuhan hidup, misalnya seperti kebutuhan penduduk atau masyarakat akan plastik. Plastik merupakan salah satu bahan yang sering digunakan oleh masyarakat baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Produksi plastik setiap tahunnya hingga tahun 2015 ditunjukkan melalui **Gambar 1.1** di mana produksi plastik mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada umumnya, plastik banyak digunakan sebagai pengemas suatu benda atau bahan. Hal ini dikarenakan sifat plastik yang transparan, ringan, ekonomis, transparan, dan tahan air (Chanda, 2018).



**Gambar 1.1** Produksi Plastik Tahun 1950 – 2015 (Geyer dkk., 2017)

Disamping sifat-sifat plastik yang menguntungkan tersebut, plastik yang umumnya digunakan dalam pengemasan seperti polietilen, polipropilen, atau polistiren sulit untuk

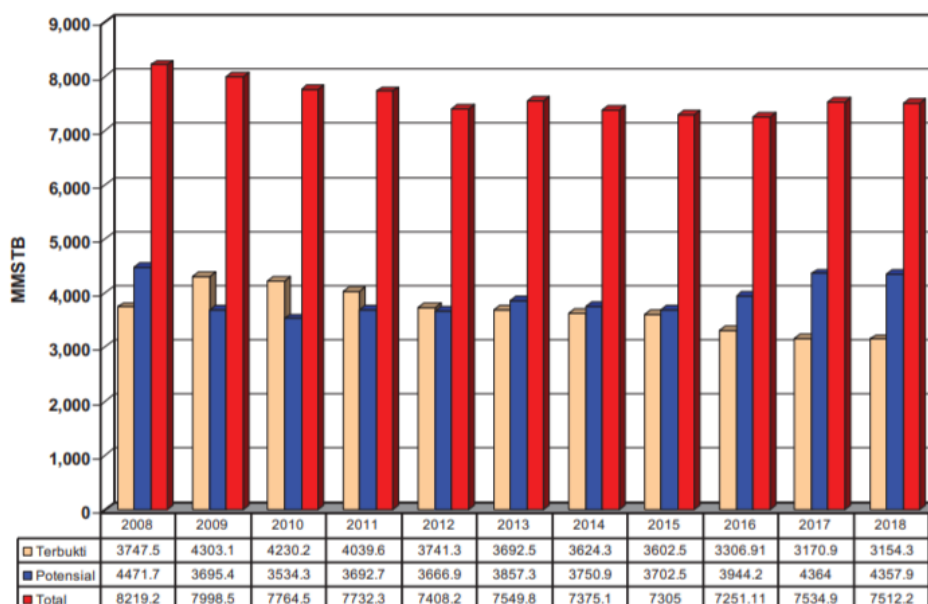
terurai secara alami (tidak *biodegradable*). Hal ini dapat menyebabkan plastik-plastik tersebut terakumulasi di alam dan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Jumlah sampah atau limbah plastik yang dihasilkan tiap tahunnya ditunjukkan melalui **Gambar 1.2**. Dari data statistik tersebut, limbah plastik yang dihasilkan (*primary waste generated*) pada tahun 2017 mencapai sekitar 7 triliun metrik ton. Data statistik tersebut juga memperkirakan bahwa limbah plastik yang dihasilkan akan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Selain itu, limbah plastik yang dibuang secara langsung (*discarded*) dan dibakar (*incinerated*) juga cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya.



**Gambar 1.2** Jumlah Limbah Plastik Tahun 1950 – 2050 (Geyer dkk., 2017)

Sebagian besar plastik diproduksi dengan bahan baku minyak bumi. Produksi plastik yang semakin meningkat juga berdampak pada jumlah pasokan cadangan minyak bumi yang dimiliki. Penurunan jumlah cadangan minyak bumi dapat dilihat melalui **Gambar 1.3**. Pada gambar tersebut, dapat dilihat bahwa cadangan minyak bumi selama tahun 2008 – 2018 cenderung mengalami penurunan. Cadangan minyak bumi total dari 8,21 milyar barel pada tahun 2008 turun ke kisaran 7,5 milyar barel di tahun 2018 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018).





**Gambar 1.3** Cadangan Minyak Bumi Indonesia Tahun 2008 – 2018 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018)

Jumlah limbah plastik tidak *biodegradable* yang meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan masyarakat akan plastik mengakibatkan munculnya alternatif pengganti plastik yaitu bioplastik yang terbuat dari biomassa yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penggunaan biomassa sebagai bahan baku dalam produksi plastik dapat menjadi solusi dalam mengurangi konsumsi minyak bumi sebagai bahan baku plastik sehingga masalah penurunan jumlah cadangan minyak bumi dapat teratasi. Bioplastik berbahan baku biomassa ini dapat terbuat dari bahan berbasis alami, umumnya berupa polisakarida seperti pati, selulosa, chitin, maupun chitosan (Coles dan Kirwan, 2011). Polisakarida yang dihasilkan dengan bantuan mikroba (polisakarida ekstraseluler) juga dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik. Xanthan gum merupakan salah satu contoh dari polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan dengan bantuan bakteri *Xanthomonas campestris* (Milani dan Maleki, 2012). Xanthan gum berwujud padat, bersifat pseudoplastik, dan hidrofilik sehingga dapat larut dalam air (Kennedy dan Bradshaw, 1984). Sebagai bahan baku bioplastik, xanthan gum perlu dimodifikasi agar diperoleh sifat yang hidrofobik dan memiliki sifat mekanik yang mendekati plastik pada umumnya. Penelitian terbaru dari Muljana dan kawan-kawan (2018) menunjukkan bahwa xanthan gum terasetilasi (xanthan asetat) memiliki potensial untuk diaplikasikan sebagai bahan baku dari bioplastik di mana meningkatnya nilai derajat substitusi (DS) menunjukkan sifatnya yang semakin hidrofobik. Dalam penelitian

tersebut, asetilasi xanthan gum dilakukan dengan asetat anhidrida dalam media superkritik CO<sub>2</sub>. Namun, reaksi antara xanthan gum dan asetat anhidrida menghasilkan produk dengan nilai derajat substitusi (DS) yang terbilang cukup rendah. Maka dari itu, dilakukan reaksi transesterifikasi antara xanthan gum dan ester asam lemak yang memiliki rantai karbon lebih panjang dengan harapan dihasilkan produk dengan DS yang lebih besar.

Pada penelitian ini, modifikasi xanthan gum melalui reaksi transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan xanthan gum dengan ester asam lemak seperti vinyl laurat, metil laurat, dan metil miristat. Melalui reaksi tersebut, gugus –OH pada xanthan gum akan digantikan dengan gugus laurat atau miristat pada reagen ester asam lemak sehingga xanthan gum mengalami perubahan terkait sifat-sifat fisiknya. Reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan pelarut superkritik CO<sub>2</sub> (scCO<sub>2</sub>). Pelarut scCO<sub>2</sub> lebih dipilih dibandingkan jenis pelarut lainnya karena memiliki beberapa keuntungan seperti lebih ramah lingkungan, tidak mudah menguap, tidak beracun, tidak mudah terbakar, tidak korosif, dan biayanya cukup murah. Selain itu, penggunaan scCO<sub>2</sub> sebagai pelarut lebih hemat energi, pemisahan dengan campuran reaksi lebih mudah dilakukan, serta memiliki efek *plasticizer* untuk kebanyakan material polimer dan biopolimer (Kemmere, 2005). Penelitian ini berfokus pada pengaruh jenis reagen ester asam lemak dan jenis katalis garam basa terhadap nilai derajat substitusi (DS) dari produk. Selain itu, produk akhir hasil reaksi (xanthan laurat/miristat) juga akan dianalisa sifat-sifatnya dengan bantuan FTIR, SEM, dan TGA.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Peningkatan konsumsi plastik berbahan baku minyak bumi setiap tahunnya menyebabkan penumpukkan limbah plastik yang dihasilkan semakin banyak serta semakin seringnya penggunaan minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui. Penumpukkan limbah plastik yang sulit terurai secara alami dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya tanah dan air. Pembuatan bioplastik dengan transesterifikasi xanthan gum dan vinyl laurat, metil laurat, dan metil miristat dalam media CO<sub>2</sub> superkritik yang ramah lingkungan diharapkan dapat menjadi solusi dalam menggantikan plastik konvensional.

### 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis reagen ester asam lemak terhadap nilai derajat substitusi (DS) pada transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>?
2. Bagaimana pengaruh jenis katalis terhadap nilai derajat substitusi (DS) pada transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>?

### 1.4 Premis

Beberapa literatur dari studi pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat melalui **Tabel 1.1**.

### 1.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, hipotesis yang dapat disusun dari berbagai literatur tersebut adalah sebagai berikut.

1. Dari tiga jenis reagen yang digunakan (vinyl laurat, metil laurat, dan metil miristat), jenis reagen vinyl laurat akan memberikan nilai derajat substitusi (DS) yang lebih besar dibandingkan jenis reagen lain pada transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>.
2. Dari tiga jenis katalis yang digunakan (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan CH<sub>3</sub>COONa), jenis katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> akan memberikan nilai derajat substitusi (DS) yang lebih besar dibandingkan jenis katalis lain pada transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>.

### 1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh jenis reagen pada proses transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>.
2. Mengetahui pengaruh jenis katalis pada proses transesterifikasi xanthan gum dalam media superkritik CO<sub>2</sub>.

## **1.7 Manfaat Penelitian**

### **1.7.1 Bagi Industri**

Manfaat bagi industri khususnya industri plastik adalah memberikan inovasi dalam produksi bioplastik yang ramah lingkungan. Selain itu, manfaat bagi industri pangan adalah mempermudah pengolahan kemasan makanan yang sudah tidak digunakan karena proses pengancurannya yang lebih mudah.

### **1.7.2 Bagi Pemerintah**

Manfaat bagi pemerintah adalah mengurangi jumlah limbah plastik serta konsumsi minyak bumi sebagai bahan baku bioplastik.

### **1.7.3 Bagi Masyarakat**

Manfaat bagi masyarakat adalah terciptanya lingkungan yang lebih bersih akibat berkurangnya jumlah limbah plastik.

### **1.7.4 Bagi Ilmuan**

Manfaat bagi ilmuan adalah memberikan atau menambahkan wawasan mengenai produksi bioplastik dari bahan alam dengan pelarut superkritik CO<sub>2</sub>.

Tabel 1.1 Tabel Premis

No	Bahan Baku	Reaktan	Katalis	Pelarut	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Rasio Reaktan (mol/mol)	Rasio Katalis (mol/mol)	Kadar Air (% w/w)	Waktu Reaksi (jam)	Derajat Substitusi (DS)	Literatur
1	Xanthan gum	Vinyl Laurat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	8 - 120	140	5	0,05 – 0,3	19,56	6		(Gladys, 2020)
2	Xanthan gum	Vinyl Laurat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	15	100 - 120	5	0,1 – 0,3	20,88	6		(Josiah, 2020)
3	Xanthan gum	Asetat Anhidrida	-	BMIMCl	0,1 (Tekanan Ruang)	60 - 100	5	-	12	24	6,4% - 50,3% (DA)	(Endo dkk., 2015)
4	Xanthan gum	Asetat Anhidrida	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> NaOAc	scCO <sub>2</sub>	8 - 12	80 – 120	5	0,1 – 0,5	13,9	3	2,38 – 7,08	(Muljana dkk., 2018)
5	Pati Kentang	Ester Asam Lemak, Anhidrida Asam	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> NaOAc TEA	scCO <sub>2</sub>	6 - 25	120 - 150	3	0,1	16,2	6 dan 18	0,01 – 0,31	(Muljana dkk., 2010)
6	Pati Sagu	Vinyl Laurat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> NaOAc Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	scCO <sub>2</sub>	8 - 20	80 - 120	3 – 5	0,1	16,9	1,5 – 10	0,06 – 0,97	(Muljana dkk., 2017)
7	Pati Singkong	OSA (Oktenil suksinat anhidrida)	NaOH	scCO <sub>2</sub>	9 - 21	30 - 110	4	0,4 – 1,2	12,58	1 – 9	0,004 – 0,0103	(Bai dkk., 2017)

**Tabel 1.1** Tabel Premis (lanj.)

No	Bahan Baku	Reaktan	Katalis	Pelarut	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Rasio Reaktan (mol/mol)	Rasio Katalis (mol/mol)	Kadar Air (% w/w)	Waktu Reaksi (jam)	Derajat Substitusi (DS)	Literatur
8	Pati Kentang	Alkil klorida	-	Pyridine	0,1 (Tekanan Ruang)	105	1,1 – 4,5	-	14	3	0,54 – 2,7	(Aburto dkk., 1999)
9	Pati Sagu	Metil Ester	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	10 - 15	100 - 120	3	0,1	16,9	1,5	0,034 – 0,45	(Hermawan dkk., 2015)
10	Pati Kentang	Asetat Anhidrida	NaOAc	scCO <sub>2</sub>	8 - 25	90	4,35	0,1	16,2	1 dan 24	0,22 – 0,29	(Muljana dkk., 2011)