

**PENGARUH RASIO REAGEN, JENIS KATALIS , DAN  
VARIASI TEMPERATUR PADA  
TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DENGAN  
MINYAK KELAPA DALAM MEDIA SUPERKRITIK  
CO<sub>2</sub>**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh:

**Toni Cahyadi** (2017620029)

**Histin Hernisa** (2017620033)

Pembimbing:

**Dr. Henky Muljana, ST., M. Eng.**

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2021**

***THE EFFECT OF REAGENT RATIO, CATALYST TYPE,  
AND TEMPERATURE VARIATION ON XANTHAN GUM  
TRANSESTERIFICATION WITH COCONUT OIL IN CO<sub>2</sub>  
SUPERCRITIC***

**Research Report**

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the  
Bachelor's degree of Chemical Engineering

By:

**Toni Cahyadi** (2017620029)

**Histin Hernisa** (2017620033)

Adviser:

**Dr. Henky Muljana, ST., M. Eng.**

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **PENGARUH RASIO REAGEN, JENIS KATALIS , DAN VARIASI TEMPERATUR PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DENGAN MINYAK KELAPA DALAM MEDIA SUPERKRITIK CO<sub>2</sub>**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 6 September 2021

Pembimbing 1

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

Pembimbing 2

  
**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



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

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Toni Cahyadi

NRP : 6217029

Nama : Histin Hernisa

NRP : 6217033

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**PENGARUH RASIO REAGEN, JENIS KATALIS , DAN VARIASI  
TEMPERATUR PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DENGAN  
MINYAK KELAPA DALAM MEDIA SUPERKRITIK CO<sub>2</sub>**

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, 6 September 2021



Toni Cahyadi  
(6217029)



Histin Hernisa  
(6217033)

## LEMBAR REVISI

JUDUL : **PENGARUH RASIO REAGEN, JENIS KATALIS , DAN VARIASI TEMPERATUR PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM DENGAN MINYAK KELAPA DALAM MEDIA SUPERKRITIK CO<sub>2</sub>**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 6 September 2021

Penguji 1



**Ir. Y.I.P. Arry Miryanti, M.Si.**

Penguji 2



**Hans Kristianto, S.T., M.T.**

## INTISARI

Plastik merupakan produk yang paling banyak digunakan dikalangan masyarakat. Plastik digunakan sebagai pengemas karena sifatnya yang kuat, tahan lama, ringan, elastis, serta harganya yang sangat murah. Penggunaan plastik ini terus meningkat seiring berjalannya waktu namun menimbulkan beberapa dampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sumber alternatif lain untuk bahan baku pembuatan plastik yang bersifat biodegradable yaitu bioplastik. Bioplastik pada umumnya berbahan dasar polisakarida. Polisakarida yang digunakan adalah xanthan gum. Xanthan gum dipilih karena sifatnya yang dapat diurai oleh alam. Namun, masih memiliki kekurangan bila digunakan sebagai bahan baku bioplastik karena sifatnya yang mudah larut dalam air (hidrofilik) dan kekuatan mekaniknya masih lemah (rapuh). Sehingga diperlukan modifikasi terhadap xanthan gum untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan reaksi transesterifikasi xanthan gum sebagai bahan baku utama dengan minyak kelapa sebagai reagen dalam media berupa CO<sub>2</sub> superkritik. Variabel percobaan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu rasio reagen minyak kelapa (2 dan 4 mol/mol XGU), dua jenis katalis basa (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dengan rasio katalis 0,1205 mol/mol XGU K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan 0,1571 mol/mol XGU Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atau 2% massa xanthan gum dan dua temperatur operasi 120°C dan 140°C serta waktu reaksi selama 2 jam. Respon/parameter yang diamati dari penelitian ini adalah nilai Derajat Esterifikasi (DE) dan sifat/karakteristik dari produk hasil reaksi. Dari penelitian ini, diharapkan produk hasil reaksi memiliki nilai DE yang tinggi sehingga produk memiliki sifat hidrofobik dan kestabilan termal yang baik. Karakteristik produk xanthan gum yang telah dimodifikasi dilakukan dengan serangkaian analisis, seperti analisis nilai DE dengan metode titrasi hidrolisis, analisis instrumen sebagai berikut analisis FTIR, XRD, SEM, dan TGA.

Berdasarkan hasil penelitian, bahan baku xanthan gum yang digunakan memiliki kadar air sebesar 13,72%. Melalui hasil percobaan transesterifikasi xanthan gum dalam media CO<sub>2</sub> superkritik diperoleh rentang nilai DE sebesar sebesar 340,31 mEq/kg sampai 1151,21 mEq/kg. Berdasarkan hasil analisis FTIR dari produk dengan nilai DE tertinggi dan terendah terlihat adanya penambahan gugus C=O dan terjadi pengurangan gugus O-H yang menunjukkan terjadinya reaksi transesterifikasi. Hasil analisis XRD pada produk xanthan gum memiliki bentuk amorf dan terjadi perubahan signifikan dibandingkan dengan xanthan gum murni. Hasil analisis SEM pada produk xanthan gum mengalami perubahan morfologi yaitu permukaan yang berserat dan jarak antar partikelnya lebih dekat dibandingkan dengan xanthan gum murni. Hasil analisis TGA menunjukkan kestabilan termal dengan adanya peningkatan temperatur degradasi seiring peningkatan nilai DE. Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa meningkatnya rasio reagen, temperatur dan jenis katalis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perolehan nilai DE.

Kata kunci: Bioplastik, Xanthan Gum, Transesterifikasi.

## ABSTRACT

*Plastic is the most widely used product among people. Plastic is used as packaging because it is strong, durable, lightweight, elastic, and the price is very cheap. The use of this plastic continues to increase over time, but has several negative impacts on the environment. Therefore, other alternative sources are needed for raw materials for making biodegradable plastics, namely bioplastics. Bioplastics are generally made from polysaccharides. The polysaccharide used is xanthan gum. Xanthan gum was chosen because of its biodegradable properties. However, it still has drawbacks when used as raw material for bioplastics because it is easily soluble in water (hydrophilic) and its mechanical strength is still weak (brittle). So it is necessary to modify xanthan gum to improve these properties.*

*This research was conducted by the transesterification reaction of xanthan gum as the main raw material with coconut oil as a reagent in the medium in the form of supercritical CO<sub>2</sub>. Experimental variables carried out in this study were coconut oil reagent ratio (2 and 4 mol/mol XGU), two types of base catalysts (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) with a catalyst ratio of 0.1205 mol/mol XGU K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 0.1571 mol/mol XGU Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> or 2% xanthan gum mass and two operating temperatures of 120°C and 140°C and a reaction time of 2 hours. The responses/parameters observed in this study were the value of the Degree of Esterification (DE) and the properties/characteristics of the reaction product. From this research, it is expected that the reaction product has a high DE value so that the product has good hydrophobic properties and thermal stability. The characteristics of the modified xanthan gum product were carried out by a series of analyzes, such as the analysis of the DE value by the hydrolysis titration method, the analysis of the instrument as well as the analysis of FTIR, XRD, SEM, and TGA.*

*Based on the results of the study, the raw material of xanthan gum used has a water content of 13.72%. Through the experimental results of transesterification of xanthan gum in supercritical CO<sub>2</sub> media, the values ranged from 340.31 mEq/kg to 1151.21 mEq/kg. Based on the FTIR analysis of the products with the highest and lowest DE values, it was seen that the addition of the C=O group and the reduction of the O-H group indicated the occurrence of a transesterification reaction. The results of XRD analysis on xanthan gum products have an amorphous form and significant changes occur compared to pure xanthan gum. The results of SEM analysis on xanthan gum products underwent morphological changes, namely the fibrous surface and the distance between the particles was closer than that of pure xanthan gum. The results of the TGA analysis showed thermal stability with an increase in the degradation temperature as the DE value increased. ANOVA analysis showed that the results of the ratio of reagents, temperature and catalyst had a significant effect on the DE value.*

*Keywords: Bioplastic, Xanthan Gum, Transesterification.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Rasio Reagen, Jenis Katalis, dan Variasi Temperatur pada Transesterifikasi Xanthan Gum dengan Minyak Kelapa dalam Media Superkritik CO<sub>2</sub>” dengan tepat waktu.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian ini, khususnya kepada :

1. Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng. dan Dr. Ir. Asaf K. Sugih, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, masukan, dan saran yang sangat bermanfaat selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orangtua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi selama penyusunan laporan penelitian ini.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengarahan pada penulis sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia UNPAR angkatan 2017 yang selalu memberikan dukungan dalam bertukar ilmu dan informasi.
5. Semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca sehingga dapat menjadi bekal bagi penulis untuk memperbaiki laporan penelitian ini. Semoga dengan adanya laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 6 September 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 1 PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang .....	11
1.2 Tema Sentral Masalah .....	14
1.3 Identifikasi Masalah.....	14
1.4 Premis - Premis .....	14
1.5 Hipotesis Penelitian .....	14
1.6 Tujuan Penelitian .....	15
1.7 Manfaat Penelitian .....	15
1.7.1 Bagi Industri .....	15
1.7.2 Bagi Ekosistem.....	15
1.7.3 Bagi Pemerintah .....	15
1.7.4 Bagi Ilmuwan .....	15
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	18
2.1 Bioplastik .....	18
2.1.1 Definisi Bioplastik.....	18
2.1.2 Komposisi Penyusun Bioplastik.....	20
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Bioplastik.....	21
2.2 Polisakarida.....	22
2.3 Xanthan Gum .....	22
2.3.1 Sintesis Xanthan Gum .....	23

2.3.2	Faktor yang mempengaruhi produksi Xanthan Gum .....	25
2.3.3	Struktur Xanthan Gum .....	26
2.3.4	Sifat Fisik dan Kimia Xanthan Gum .....	27
2.3.5	Kelebihan dan Kekurangan Xanthan Gum.....	28
2.3.6	Aplikasi dan Manfaat Xanthan Gum.....	29
2.4	Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) Superkritik .....	31
2.4.1	Sifat Karbondioksida Superkritik.....	33
2.4.2	Aplikasi dan Manfaat Karbondioksida Superkritik.....	34
2.5	Jenis Modifikasi Xanthan Gum, Pemilihan Asam Lemak dan Reaksi pada percobaan.....	35
2.5.1	Metode Transesterifikasi .....	35
2.5.2	Modifikasi Pati .....	37
2.5.3	Modifikasi Xanthan Gum.....	37
2.6	Minyak Nabati .....	41
2.6.1	Minyak Kelapa .....	42
2.7	Derajat Esterifikasi .....	45
2.8	Proses Analisis.....	46
2.8.1	<i>Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Spectroscopy</i> .....	46
2.8.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	48
2.8.3	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	49
2.8.4	<i>Thermal Gravimetric Analysis (TGA)</i> .....	50
2.9	Pemilihan Reagen, Katalis, dan Tekanan yang digunakan dalam percobaan.....	51
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>		<b>52</b>
3.1	Peralatan Penelitian.....	52
3.2	Bahan Penelitian .....	54
3.3	Metodologi Penelitian.....	54
3.4	Percobaan Pendahuluan .....	54
3.4.1	Penentuan Kadar Air Xanthan Gum.....	54
3.4.2	Percobaan Utama.....	55
3.4.3	Rancangan Percobaan .....	56
3.5	Analisis .....	58

3.5.1	Analisis Prosedur Derajat Esterifikasi (DE) dengan Metode Titrasi Asam Basa .....	58
3.5.2	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR) .....	59
3.5.3	Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	59
3.5.4	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	59
3.5.5	Analisis <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	59
3.5.6	Analisis Uji Varian Percobaan Utama .....	60
3.6	Lokasi Penelitian.....	61
3.7	Jangka Waktu Penelitian.....	61
BAB 4 PEMBAHASAN .....		62
4.1	Percobaan Pendahuluan .....	62
4.1.1	Penentuan Kadar Air Xanthan Gum.....	62
4.1.2	Percobaan Awal.....	63
4.2	Percobaan Utama .....	63
4.3	Nilai Derajat Esterifikasi (DE) .....	65
4.3.1	Pengaruh Volume dan Tekanan Terhadap Massa CO <sub>2</sub> dalam Reaktor.....	67
4.3.2	Pengaruh Rasio Reagen Terhadap Derajat Esterifikasi (DE).....	68
4.3.3	Pengaruh Jenis Katalis Terhadap Derajat Esterifikasi (DE) .....	70
4.3.4	Pengaruh Temperatur Terhadap Derajat Esterifikasi (DE) .....	74
4.4	Karakteristik dan Sifat Produk Xanthan .....	76
4.4.1	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	76
4.4.2	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	79
4.4.3	Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	80
4.4.4	Analisis <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA).....	82
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		85
5.1	Kesimpulan .....	85
5.2	Saran .....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
LAMPIRAN A : PROSEDUR ANALISIS .....		90
A.1	Standarisasi NaOH.....	90

A.2	Standarisasi HCl .....	90
A.3	Metode Titrasi Hidrolisis .....	91
A.4	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR) .....	91
A.5	Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	92
A.6	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	92
A.7	Analisis <i>Thermogravimetri Analysis</i> (TGA).....	93
LAMPIRAN B : <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i> .....		94
B.1	Xanthan Gum .....	94
B.2	Minyak Kelapa.....	95
B.3	Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	96
B.4	Gas Nitrogen (N <sub>2</sub> ) .....	97
B.5	Kalium Karbonat (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ).....	98
B.6	Natrium Karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ).....	99
B.7	Metanol .....	100
B.8	Asam Oksalat Anhidrat (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> X 2H <sub>2</sub> O).....	101
B.9	Asam Klorida (HCl).....	102
B.10	Kalium Hidroksida (KOH).....	103
B.11	Fenolftalein.....	104
B.12	Etanol 75% .....	105
LAMPIRAN C : HASIL ANTARA .....		106
C.1	Penentuan Kadar Air Xanthan Gum .....	106
C.2	Standarisasi NaOH.....	106
C.3	Standarisasi HCl .....	106
C.3	Penentuan Nilai Derajat Esterifikasi (DE).....	107
LAMPIRAN D : CONTOH PERHITUNGAN .....		108
D.1	Perhitungan Kadar Air Xanthan Gum .....	108
D.2	Standarisasi NaOH.....	108
D.3	Standarisasi HCl .....	108
D.4	Perhitungan Nilai Derajat Esterifikasi (DE) .....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Distribusi Pembuangan Limbah Plastik Dunia.....	12
Gambar 1.2 Jenis Limbah Plastik Berdasarkan Sektor Industri .....	12
Gambar 2.1 Struktur Kimia Xanthan Gum.....	26
Gambar 2.2 Diagram Fasa Superkritik (P-T Diagram) untuk CO <sub>2</sub> Murni. ....	32
Gambar 2.3 Mekanisme Transesterifikasi dengan Katalis Basa .....	36
Gambar 2.4 Mekanisme Reaksi Esterifikasi dari Pati dengan <i>Octanoyl Chloride</i> dalam Katalis Asam Format. ....	37
Gambar 2.5 Modifikasi Xanthan Gum dengan Asam Akrilat, Akrilil Klorida dan Maleat Anhidrida. ....	38
Gambar 2.6 Struktur Xanthan Gum pada Reaksi Asetilasi dengan Pelarut BMIMCI. ....	39
Gambar 2.7 Modifikasi Xanthan Gum dengan Asetat Anhidrida. ....	40
Gambar 2.8 Produktivitas Kelapa Dunia. ....	42
Gambar 2.9 Buah Kelapa.....	42
Gambar 2.10 Pohon Industri Kelapa. ....	45
Gambar 2.11 Prinsip Kerja FT-IR <i>Spectroscopy</i> . ....	47
Gambar 2.12 Hubungan Panjang Gelombang Sinar Infrared Beserta Gugus-Gugus yang Terdeteksi .....	48
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Alat Reaktor Bertekanan Tinggi.....	52
Gambar 3.2 Prosedur Penentuan Kadar Air Xanthan Gum.....	55
Gambar 3.3 Prosedur Percobaan Utama.....	57
Gambar 4.1 (a) Xanthan Gum Murni; (b) Produk XG Nilai DE Terendah; (c) Produk XG Nilai DE Tertinggi. ....	64
Gambar 4.2 Pengaruh Rasio Reagen Terhadap Nilai DE pada Reaktor 1 dengan Tekanan 120 bar dan Temperatur 140 <sup>0</sup> C.....	68
Gambar 4.3 Pengaruh Rasio Reagen Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Temperatur 120 <sup>0</sup> C.....	69
Gambar 4.4 Pengaruh Rasio Reagen Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Temperatur 140 <sup>0</sup> C.....	69
Gambar 4.5 Mekanisme Reaksi Transesterifikasi Xanthan Gum dengan Katalis.....	71
Gambar 4.6 Pengaruh Katalis Terhadap Nilai DE pada Reaktor 1 dengan Tekanan 120 bar dan Temperatur 140 <sup>0</sup> C.....	72

Gambar 4.7 Pengaruh Katalis Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Temperatur 120 <sup>0</sup> C.....	72
Gambar 4.8 Pengaruh Katalis Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Temperatur 140 <sup>0</sup> C.....	73
Gambar 4.9 Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Rasio Reagen 2. ....	75
Gambar 4.10 Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai DE pada Reaktor 2 dengan Tekanan 150 bar dan Rasio Reagen 4. ....	75
Gambar 4.11 Grafik Analisa FTIR dari (a) Xanthan Gum (b) DE Terendah dan (c) DE Tertinggi. ....	77
Gambar 4.12 Grafik XRD pada Produk Xanthan Gum Termodifikasi. ....	79
Gambar 4.13 Hasil Analisa Kestabilan Termal dengan TGA. ....	83
Gambar A.1 Prosedur Standarisasi NaOH. ....	90
Gambar A.2 Prosedur Standarisasi HCl. ....	90
Gambar A.3 Prosedur Analisis Metode Titrasi Hidrolisis.....	91
Gambar A.4 Prosedur Analisis FT-IR. ....	91
Gambar A.5 Prosedur Analisis SEM.....	92
Gambar A.6 Prosedur Analisis XRD.....	92
Gambar A.7 Prosedur Analisis TGA.....	93

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis – Premis .....	16
Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Bioplastik dan Plastik Konvensional .....	21
Tabel 2.2 Aplikasi Xanthan Gum dan Fungsinya .....	31
Tabel 2.3 Properti Fisik dari Gas, Fluida Superkritis dan Cairan.....	32
Tabel 2.4 Tabel Perbandingan Titik Kritik Pelarut. ....	33
Tabel 2.5 Komposisi Asam Lemak Dalam Minyak Kelapa .....	43
Tabel 2.6 Kandungan Asam Lemak Dalam Minyak Kelapa Barco. ....	44
Tabel 3.1 Daftar Alat Penelitian Utama. ....	53
Tabel 3.2 Daftar Alat Penelitian Analisis .....	53
Tabel 3.3 Daftar Bahan Penelitian.....	54
Tabel 3.4 Rancangan Variasi Percobaan Utama Reaktor 1 .....	58
Tabel 3.5 Rancangan Variasi Percobaan Utama Reaktor 2.....	58
Tabel 3.6 Analisis Rancangan Percobaan Utama. ....	60
Tabel 3.7 Jangka Waktu Penelitian. ....	61
Tabel 4.1 Volume Reaktor <i>Batch</i> . ....	63
Tabel 4.2 Nilai Derajat Esterifikasi (DE) Produk Xanthan Gum pada Percobaan Utama Reaktor 1 .....	65
Tabel 4.3 Nilai Derajat Esterifikasi (DE) Produk Xanthan Gum Pada Percobaan Utama Reaktor 2. ....	66
Tabel 4.4 Hasil Analisis Rancangan Faktorial pada Percobaan Utama Reaktor 2.....	66
Tabel 4.5 Massa CO <sub>2</sub> Superkritis pada Masing – Masing Reaktor <i>Batch</i> . ....	67
Tabel 4.6 Data pK <sub>b</sub> katalis. ....	73
Tabel 4.7 Hasil Pembacaan Spektrum FTIR. ....	77
Tabel 4.8 Derajat Kristalinitas dari Xanthan gum dan Produk Xanthan Gum. ....	79
Tabel 4.9 Hasil Analisa SEM .....	81
Tabel 4.10 Hasil Analisa Kestabilan Termal dengan TGA. ....	83
Tabel C.2 Nilai Derajat Esterifikasi (DE) Produk Xanthan Gum Pada Percobaan Utama Reaktor 1 .....	107
Tabel C.2 Nilai Derajat Esterifikasi (DE) Produk Xanthan Gum Pada Percobaan Utama Reaktor 2 .....	107

# **BAB 1**

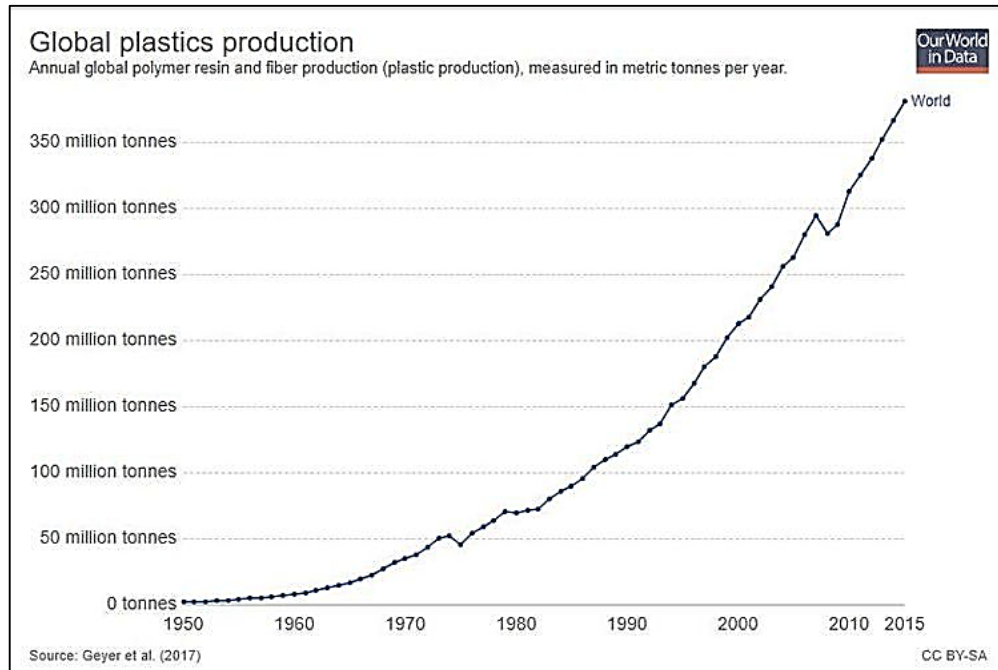
## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

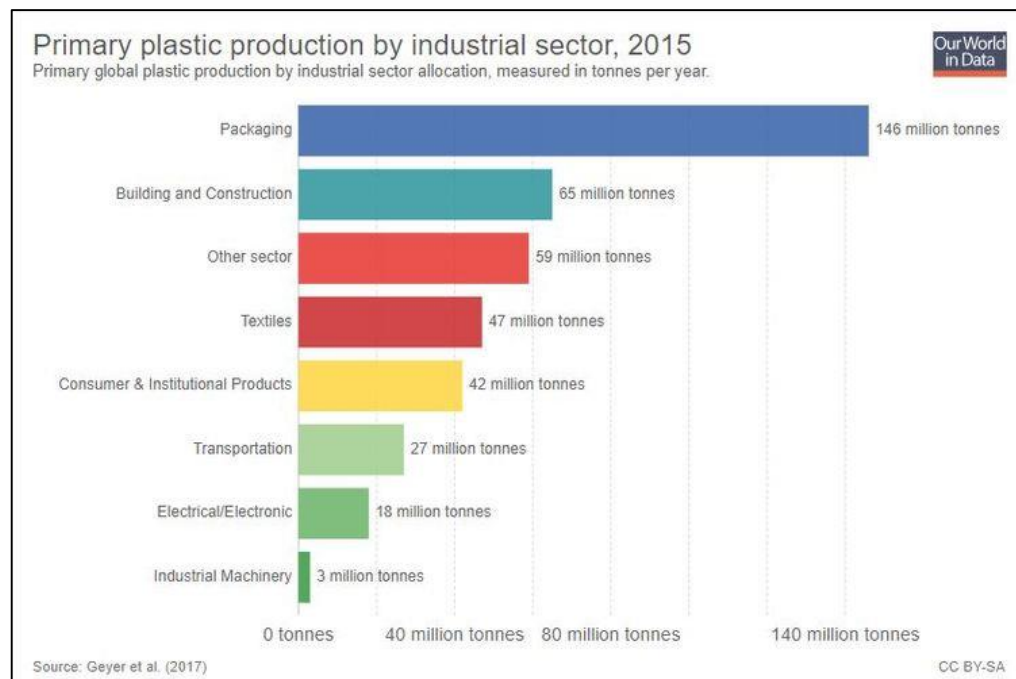
Kebutuhan manusia yang meningkat mengakibatkan ketersediaan lahan semakin berkurang dan semakin sempit. Kondisi ini tergantung dari aktivitas manusia khususnya dalam produksi sampah. Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia yang berbentuk padat terdiri atas bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi. Sampah plastik atau limbah plastik merupakan masalah global di dunia karena setiap tahun jutaan ton plastik diproduksi dan digunakan di berbagai sektor industri. Pada saat ini, dunia mengalami banyak sekali masalah lingkungan, salah satunya adalah masalah tentang limbah plastik yang terus menumpuk akibat banyaknya penggunaan plastik yang terlalu berlebihan. Akibatnya menimbulkan masalah ekologis yang serius karena plastik bersifat tidak dapat terdegradasi dan tidak terbarukan (Díez-Pascual dan Díez-Vicente, 2014). Beberapa negara besar menghasilkan limbah plastik yang sangat banyak seperti Jepang yang menghasilkan 9,3 juta ton limbah plastik per tahunnya; Taiwan yang menghasilkan 7200 kg limbah plastik yang berasal dari 18 pantai yang berbeda; Inggris yang menghasilkan 5 juta ton limbah plastik per tahunnya dan Hong Kong menghasilkan 730 ribu ton limbah plastik per tahunnya. Limbah plastik yang tidak digunakan ini sangat berdampak buruk bagi lingkungan dan juga makhluk hidup, seperti mencemari tanah, mencemari air, meracuni rantai makanan, dan lain-lainnya. (Kong, dkk., 2017)

Berdasarkan data dari Our World in Data, dari tahun 1950 hingga tahun 2015. Pada tahun 1950, produksi sampah dunia ada di angka 2 juta ton per tahun. Sementara 65 tahun setelah itu, plastik yang diproduksi dunia sebesar 381 juta ton. Limbah dari plastik ini dapat menyebabkan berbagai masalah yang telah disebutkan sebelumnya, terutama limbah yang dibuang begitu saja. Angka ini meningkat lebih dari 190 kali lipat, dengan rata-rata peningkatan sebesar 5,8 ton per tahun.





**Gambar 1. 1** Distribusi Pembuangan Limbah Plastik Dunia (Our World in Data, 2015).



**Gambar 1. 2** Jenis Limbah Plastik Berdasarkan Sektor Industri (Our World in Data, 2015).

Produksi limbah plastik sampai dengan tahun 2015 di bidang industrial dan beberapa sektor diantaranya yaitu sektor limbah plastik kemasan produk yang memproduksi paling banyak sebesar 146 ton per tahun. Urutan kedua yang paling banyak berasal dari limbah plastik di bidang bangunan dan konstruksi sebanyak 65 juta ton. Jenis limbah plastik

lainnya adalah tekstil, produk konsumsi dan institusional, transportasi, elektronik, dan mesin industri.

Penggunaan plastik yang berakibat terciptanya limbah plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sulit terurai oleh lingkungan menimbulkan permasalahan global, baik bagi lingkungan maupun kesehatan. Akibat yang ditimbulkan oleh plastik yang tertimbun didalam tanah dapat mempengaruhi kualitas air tanah serta dapat membuat tanah menjadi kurang subur. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi yang dapat menanggulangi limbah-limbah plastik yang ada (Avérous, dkk., 2001).

Daur ulang bukanlah opsi yang dapat selamanya dilakukan karena memiliki berbagai keterbatasan, salah satunya adalah keterbatasan energi. Selain daur ulang, dapat dilakukan pengalihan penggunaan plastik konvensional ke bioplastik dengan harapan dapat mengurangi limbah plastik. Bioplastik yang digunakan harus bersifat *biobased*, *biodegradable*, dan *sustainable* agar ramah lingkungan (Lackner, 2015).

Penggunaan bioplastik sudah mulai digunakan, namun belum efektif. Hal ini dikarenakan produk yang dihasilkan oleh bioplastik belum memiliki kualitas yang baik. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dilakukan penelitian untuk membuat bahan baku bioplastik yang dapat menghasilkan bioplastik dengan kualitas tinggi sehingga dapat menggantikan plastik konvensional guna menghilangkan sumber masalah limbah plastik tersebut. Penelitian yang akan dilakukan yaitu memodifikasi bahan baku bioplastik berupa xanthan gum yang nantinya digunakan dalam pembuatan bioplastik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muljana, dkk., (2018), xanthan gum dimodifikasi menggunakan asetat anhidrida dalam media CO<sub>2</sub> superkritik. Hasilnya adalah xanthan gum termodifikasi yang memiliki kemungkinan untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik. Oleh karena itu, penelitian ini memodifikasi minyak nabati *edible* yaitu minyak kelapa sebagai sumber asam lemak. Melalui reaksi transesterifikasi dengan kondisi operasi tertentu diharapkan penggunaan minyak kelapa berpotensi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik. Sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya dengan menggunakan minyak goreng bekas ataupun minyak nabati *non-edible*.

Dalam penelitian ini digunakan minyak kelapa sebagai reagen dan dalam proses transesterifikasi dengan bantuan dua jenis katalis, yaitu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Reaksi transesterifikasi yang terjadi akan menggantikan gugus -OH pada xanthan gum dengan gugus dari ester asam lemak, mengakibatkan perubahan sifat fisik dari xanthan gum. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah CO<sub>2</sub> superkritik. Media CO<sub>2</sub> superkritik

dipilih karena harganya murah dan tidak mudah terbakar (Feng dan Meier, 2016). Selain itu, CO<sub>2</sub> tidak mencemari dan tidak berbahaya bagi lingkungan serta bersifat sebagai *plasticizer* dalam reaksi yang melibatkan kebanyakan jenis polimer yang berfungsi untuk memfasilitasi transfer massa dari zat terlarut, menuju dan dari fasa polimer (Kemmere, 2005). Xanthan gum termodifikasi akan dianalisis dengan bantuan FT-IR, SEM, XRD, dan TGA.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Meningkatnya kebutuhan manusia yang mengakibatkan konsumsi plastik juga yang semakin meningkat setiap tahunnya. Penumpukan limbah plastik yang tidak dapat teruraikan secara alami menjadi tema sentral masalah dalam penelitian ini sehingga penelitian ini berfokus kepada proses studi pembuatan bahan baku bioplastik dari transesterifikasi xanthan gum dengan minyak kelapa dalam media pelarut CO<sub>2</sub> superkritis. Untuk itu, perlu adanya penelitian untuk mengetahui bahan, katalis, dan kondisi reaksi operasi optimal dalam proses pembuatan bioplastik yang biodegradabel dari xanthan gum yang memiliki nilai derajat esterifikasi yang tinggi dan ramah lingkungan.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio reagen, jenis katalis, dan temperatur terhadap perolehan nilai derajat esterifikasi pada transesterifikasi xanthan gum dengan minyak kelapa dalam media superkritis CO<sub>2</sub> ?
2. Bagaimana karakteristik produk yang terbentuk pada transesterifikasi xanthan gum dengan minyak kelapa dalam media superkritis CO<sub>2</sub> ?

## 1.4 Premis - Premis

Penelitian ini mengacu pada beberapa literatur dari studi pustaka yang telah dilakukan peneliti yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

## 1.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, hipotesis yang dapat disusun adalah sebagai berikut:

1. Semakin tinggi rasio reagen maka semakin tinggi nilai derajat esterifikasi.
2. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi nilai derajat esterifikasi.

3. Dari dua jenis katalis  $K_2CO_3$  dan  $Na_2CO_3$  yang digunakan, jenis katalis  $K_2CO_3$  akan memberikan nilai derajat esterifikasi yang besar dibandingkan jenis katalis  $Na_2CO_3$ .
4. Semakin tinggi nilai derajat esterifikasi maka karakteristik produk xanthan gum yang dihasilkan memiliki perbedaan morfologi struktur dan amorf.

## **1.6 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh rasio reagen yang menghasilkan nilai derajat esterifikasi yang tinggi.
2. Mempelajari pengaruh temperatur yang menghasilkan nilai derajat esterifikasi yang tinggi.
3. Mempelajari pengaruh jenis katalis yang menghasilkan nilai derajat esterifikasi yang tinggi.
4. Mempelajari karakteristik dari produk xanthan gum yang terbentuk.

## **1.7 Manfaat Penelitian**

### **1.7.1 Bagi Industri**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi industri plastik dengan memberikan inovasi dalam pembuatan produk plastik biodegradabel dari bahan baku yang lebih murah dan ramah lingkungan.

### **1.7.2 Bagi Ekosistem**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi lingkungan hidup dengan mengurangi jumlah limbah plastik dan memberikan plastik yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup.

### **1.7.3 Bagi Pemerintah**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah dalam menanggulangi masalah yang ditimbulkan akibat limbah plastik yang sangat banyak dan membuat lingkungan lebih bersih dari sampah plastik.

### **1.7.4 Bagi Ilmuwan**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi ilmuwan yaitu memberikan wawasan baru bagi peneliti lainnya mengenai pembuatan plastik biodegradabel yang berasal dari polisakarida dengan pelarut  $CO_2$  superkritik.

Tabel 1.1 Premis – Premis.

No	Bahan Baku	Reaktan	Katalis	Pelarut	Tekanan (MPa)	Temperatur (°C)	Rasio Reaktan (mol/mol)	Rasio Katalis (%w/w)	Kadar Air (%w/w)	Waktu Reaksi (Jam)	Derajat Substitusi (DS)	Literatur
1.	Pati Sagu	<i>Vinyl Laurate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOAc	scCO <sub>2</sub>	8-20	50-120	0,05 - 0,06	3 dan 5	16,9	1,5-10	0,04-0,97	(Muljana, dkk., 2017)
2	Pati Sagu	<i>Waste palm cooking</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	15-21	120	3	0,1-0,4	16,9	1,5	0,24-0,28	(Muljana, dkk., 2017)
3	Pati Sagu	<i>Palm Cooking Oil</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	10-15	120	0,05	0,05 – 0,2	16,9	1,5	0,282-0,337	(Muljana, dkk., 2015)
3	Pati Sagu	<i>Ester Metil Asam lemak</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	100-150	100-120	3	0,1	16,9	1,5	0,034-0,45	(Hermawan, dkk., 2015)
4.	Pati jagung	Ester Asam Lemak	-	<i>ionic liquid</i>	-	60-120	1	-	10	0-2	0,02-0,11	(Gao, dkk., 2012)
5.	Pati Kentang	Asetat Anhidrida	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaOAc	scCO <sub>2</sub>	9,8	40-90	4,35	0,1	15,2	1	0,04 – 0,43	(Muljana, dkk., 2010)

6.	Pati kentang	<i>octanoyl chloride</i>	<i>formic acid</i>	<i>pyridine</i>	0,013	25-130	6	4,3	-	0,33-2	0-2,3	(Aburto, dkk., 1999)
7.	Xanthan Gum	Asetat Anhidrida	-	BMIMCI	0,1	60-100	5	-	12	24	0,832-6,89	(Endo, dkk., 2015)
8.	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>	5	70	5	0,1-0,5	13,9	3	2,38-7,08	(Muljana, dkk., 2018)
9.	Xanthan gum	<i>acrylic acid, acryloyl chloride, maleic anhydride</i>	-	DMF, DEC, ACT, TEA	-	2-4, 25-70	11	-	-	6, 24	0,1-10,8	(Hamcerencu, dkk., 2007)
10.	Xanthan Gum	<i>Vinyl Laurate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	80, 100, 120	140	5	0,05, 0,1, 0,3	19,56 ± 0,5	1	4,59 – 7,09	(Ayu, 2020)
11.	Xanthan Gum	<i>Vinyl Laurate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	150	110-120	5	0,1 – 0,3	20,88	1 - 8	0,3548 – 0,5905	(Hadinata, 2020)