

**PENGARUH RASIO REAGEN DAN TEMPERATUR  
PADA TRANSESTERIFIKASI *XANTHAN GUM*  
DENGAN MINYAK KELAPA SAWIT DALAM MEDIA  
CO<sub>2</sub> BERTEKANAN**

**Penelitian**

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

Oleh:

**Shafira Yasmin** (2017620017)

**Dennis Meidiane** (6141801115)

Pembimbing:

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

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2022**

# **EFFECT OF REAGENT RATIO AND TEMPERATURE ON XANTHAN GUM TRANSESTERIFICATION USING PALM OIL ON DENSIFIED CO<sub>2</sub>**

## **Research**

Compiled to fulfil the final project to achieve a  
bachelor's degree in Chemical Engineering

By:

**Shafira Yasmin** (2017620017)

**Dennis Meidiane** (6141801115)

Advisor:

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

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
BANDUNG  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **PENGARUH RASIO REAGEN DAN TEMPERATUR  
PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM  
DENGAN MINYAK KELAPA SAWIT DALAM MEDIA  
CO<sub>2</sub> BERTEKANAN**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 31 Agustus 2022

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 : Shafira Yasmin

NPM : 2017620017

Nama : Dennis Meidiane

NPM : 6141801115

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**Pengaruh Rasio Reagen dan Temperatur pada Transesterifikasi *Xanthan Gum*  
dengan Minyak Kelapa Sawit dalam Media CO<sub>2</sub> Bertekanan**

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, 24 Agustus 2022

Shafira Yasmin  
(2017620017)

Dennis Meidiane  
(6141801115)

**LEMBAR REVISI**

JUDUL : **PENGARUH RASIO REAGEN DAN TEMPERATUR  
PADA TRANSESTERIFIKASI XANTHAN GUM  
DENGAN MINYAK KELAPA SAWIT DALAM MEDIA  
CO<sub>2</sub> BERTEKANAN**

CATATAN :

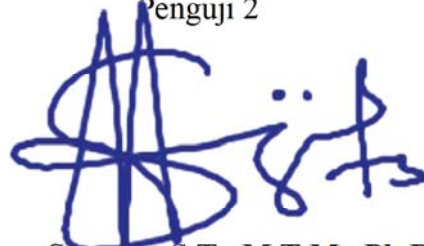
Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 24 Agustus 2022

Penguji 1



**Dr. Angela Justina Kumalaputri, S.T.,  
M.T.**

Penguji 2



**Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.**

## INTISARI

Plastik telah menjadi barang yang tidak terpisahkan dengan kehidupan manusia dan terus digunakan dalam sektor industri seperti agrikultur, kesehatan, konstruksi, kemasan, dan tekstil. Plastik biasanya terbentuk atas rantai polimer minyak bumi seperti polipropilen, polikarbonat, polivinil klorida, polietilena, dan masih banyak lagi. Sekitar 50 % dari plastik yang diproduksi hanya digunakan sekali pakai dan langsung dibuang. Hal ini mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan karena limbah plastik yang terus menumpuk. Plastik yang *biodegradable* dapat menjadi solusi terhadap permasalahan tersebut. Salah satu bahan baku plastik *biodegradable* adalah polisakarida seperti pati dan *xanthan gum*. *Xanthan gum* memiliki sifat yang dapat diurai oleh alam, namun memiliki sifat fisik yang kurang baik untuk dijadikan bahan baku plastik *biodegradable* yaitu hidrofilik. Maka dari itu, diperlukan modifikasi *xanthan gum* untuk memperbaiki sifat fisiknya.

Pada penelitian ini dilakukan reaksi transesterifikasi *xanthan gum* (sebagai bahan baku utama) dengan minyak kelapa sawit (sebagai reagen) dalam media CO<sub>2</sub> bertekanan. Variabel yang akan dilihat pengaruhnya pada penelitian ini adalah perubahan fisika akibat kondisi CO<sub>2</sub> bertekanan dan nilai *ester content* yang diakibatkan oleh reaksi transesterifikasi. Nilai *ester content* pada penelitian ini akan dilihat pengaruhnya pada variasi rasio reagen minyak kelapa terhadap *xanthan gum* (4, 5, dan 6 mol/mol XGU) dan variasi temperatur operasi (120, 130, dan 140 °C) dengan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan tekanan 120 bar. Karakterisasi produk asam lemak dilakukan dengan serangkaian analisis, seperti analisis nilai DS dengan metode titrasi asam basa serta analisis instrumen yaitu analisis TGA, DSC, FTIR, SEM, dan XRD.

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan variasi rasio reagen 5 mol/mol XGU dan temperatur 140 °C memberikan nilai EC terbesar yaitu 550,34. Selain itu, variasi rasio reagen 6 mol/ mol XGU dan temperatur 130 °C memberikan nilai EC terkecil yaitu 299,94. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya peningkatan absorbansi gugus C=O dan CH serta penurunan absorbansi -OH pada produk *xanthan gum* termodifikasi. Analisis XRD menunjukkan semakin besar nilai EC, maka kristalinitas produk akan semakin rendah. Analisis SEM menunjukkan produk *xanthan gum* termodifikasi memiliki jarak antar partikel yang kecil dibandingkan *xanthan gum native*. Selain itu, analisis TGA menunjukkan produk *xanthan gum* termodifikasi lebih stabil terhadap termal, terlihat dari semakin besarnya temperatur degradasi dan semakin rendahnya massa yang hilang selama pemanasan.

Kata kunci: CO<sub>2</sub> Bertekanan, *Ester Content*, Transesterifikasi, *Xanthan Gum*

## ABSTRACT

*Plastic has become inseparable to human's daily life. Plastic has been used in several industrial sectors such as agriculture, healthcare, construction, packaging, and textile. Plastic usually consists of fossil-based polymer chain such as polypropylene, polycarbonate, polyvinylchloride, polyethylene, and many more. Around 50% of plastic produced are single use plastics and are immediately disposed. This will result in a plastic waste build-up and will negatively impact the environment. Biodegradable plastic could be the solution to this problem. Biodegradable plastics can be made of polysaccharide such as starch and xanthan gum. Xanthan gum is biodegradable but has unfavourable physical properties to be made as bioplastic such as hydrophilic. Therefore, xanthan gum modification is needed to alter the unfavourable physical properties.*

*On this research, transesterification reaction was done to xanthan gum (as the main raw material) using palm cooking oil (as the reagent) under densified CO<sub>2</sub> medium. Ester content (EC) of the modified xanthan gum was observed as a result of the transesterification reaction. Variations that were carried out in this research are reagen ratio (4, 5, 6 mol/mol XGU) and reaction temperature (120, 130, 140 °C). Modified xanthan gum was analysed quantitatively to obtain EC using acid-base titration and qualitatively (TGA, DSC, FTIR, SEM, and XRD).*

*The results showed that 5 mol/ mol XGU ratio reagent and 140 °C produced the highest EC of 550,34 mEq/kg. While 6 mol/mol XGU and 130 °C produced the lowest EC of 299,94 mEq/kg. FTIR analysis showed the increase of C=O and CH absorbance and the decrease of OH absorbance on the modified xanthan gum sample. XRD analysis showed the decrease of crystallinity on the modified xanthan gum as the EC increases. SEM analysis on the modified xanthan gum showed the distance between particles are closer than native xanthan gum. TGA analysis showed that modified xanthan gum became more stabile thermally as the degradation temperature increases and less mass lost occurred during heating.*

*Keywords: Densified CO<sub>2</sub>, Ester Content, Transesterification, Xanthan Gum*

## KATA PENGANTAR

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

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun 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 doa, dukungan, dan motivasi selama penyusunan laporan penelitian ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UNPAR yang telah memberikan pengarahan pada penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia UNPAR angkatan 2017 dan 2018 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 penelitian ini. Semoga dengan adanya laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 31 Agustus 2022

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 .....	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 .....	9
1.7 Manfaat Penelitian .....	9
1.7.1 Bagi Pemerintah.....	9
1.7.2 Bagi Ilmuwan.....	9
1.7.3 Bagi Masyarakat .....	10
1.7.4 Bagi Lingkungan.....	10
BAB II .....	11
2.1 Plastik <i>Bio-Based</i> .....	11
2.2 Polisakarida.....	12
2.3 <i>Xanthan Gum</i> .....	13
2.3.1 Produksi <i>Xanthan Gum</i> .....	14
2.3.2 Struktur Kimia <i>Xanthan Gum</i> .....	15
2.3.3 Sifat <i>Xanthan Gum</i> .....	16
2.4 Modifikasi Pati Secara Fisika .....	18
2.4.1 Media CO <sub>2</sub> Superkritik.....	18

2.5 Modifikasi Biopolimer Secara Kimia .....	20
2.5.1 Modifikasi Pati dengan Reaksi Transesterifikasi.....	22
2.5.2 Modifikasi <i>Xanthan Gum</i> dengan Reaksi Asetilasi .....	22
2.5.3 Modifikasi <i>Xanthan Gum</i> dengan Reaksi Asetilasi dalam Media CO <sub>2</sub> Bertekanan .....	23
2.5.4 Modifikasi <i>Xanthan Gum</i> dalam Reaksi Transesterifikasi Ester Asam Lemak dalam Media CO <sub>2</sub> Bertekanan.....	25
2.5.4.1 Modifikasi <i>Xanthan Gum</i> dengan Vinil Laurat pada Media CO <sub>2</sub> Bertekanan .....	27
2.6 Pemilihan Variasi Rasio Reagen Terhadap <i>Xanthan Gum</i> dan Temperatur Reaksi dalam Percobaan.....	30
BAB III .....	32
3.1 Alat dan Bahan.....	32
3.2 Metodologi Penelitian.....	33
3.2.1 Penelitian Pendahuluan.....	34
3.2.1.1 Penentuan Kadar Air <i>Xanthan Gum</i> .....	35
3.2.1.2 Penentuan Waktu Reaksi.....	35
3.2.2 Penelitian Utama.....	36
3.2.2.1 Modifikasi Fisika <i>Xanthan Gum</i> dalam CO <sub>2</sub> Bertekanan.....	36
3.2.2.2 Modifikasi Kimia <i>Xanthan Gum</i> dalam Media CO <sub>2</sub> Bertekanan .....	39
3.3 Analisis.....	41
3.3.1 Analisis <i>Ester Content</i> dengan Metode Titrasi Hidrolisis .....	41
3.3.2 Analisis <i>Thermogravimetric Analysis (TGA)</i> .....	41
3.3.3 Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry (DSC)</i> .....	42
3.3.4 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	42
3.3.5 Analisis <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	42
3.3.6 Analisis <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	42
3.4 Lokasi Penelitian.....	43
3.5 Jangka Waktu Penelitian.....	43
BAB IV .....	45
4.1 Penelitian Pendahuluan.....	45
4.1.1 Penentuan Kadar Air.....	45
4.1.2 Penentuan Waktu Reaksi Optimal .....	46
4.2 Modifikasi Fisika <i>Xanthan Gum</i> .....	47

4.2.1 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	47
4.2.2 Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> .....	50
4.3 Modifikasi Kimia <i>Xanthan Gum</i> .....	51
4.3.1 Pengaruh Temperatur Terhadap EC.....	54
4.3.2 Pengaruh Rasio Reagen Terhadap EC .....	56
4.3.3 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	58
4.3.4 Analisis dengan Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	59
4.3.5 Analisis dengan Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	61
4.3.6 Analisis dengan Menggunakan <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA).....	63
4.4 Penutup.....	66
BAB V .....	68
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN A .....	79
A.1. Analisis Nilai Derajat Substitusi dengan Metode Titrasi Hidrolisis .....	79
A.1.1. Standardisasi NaOH .....	79
A.1.2. Standardisasi HCl.....	79
A.2. <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	81
A.3. Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) .....	82
A.4. Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	82
A.5. Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	83
A.6. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	83
LAMPIRAN B .....	84
B.1. <i>Xanthan Gum</i> .....	84
B.2. Minyak Kelapa Sawit .....	85
B.3. Karbon Dioksida.....	86
B.4. Gas Nitrogen.....	87
B.5. Kalium Karbonat .....	88
B.6. Metanol.....	89
B.7. Asam Oksalat Anhidrat .....	90
B.8. Asam Klorida .....	91
B.9. Natrium Hidroksida.....	92

B.10. Fenolftalein.....	93
LAMPIRAN C .....	94
C.1 Penentuan Kadar Air <i>Xanthan Gum</i> .....	94
C.2 Standardisasi NaOH .....	94
C.3 Standardisasi HCl.....	95
C.4 Penentuan Nilai EC .....	95
LAMPIRAN D .....	96
D.1 Penentuan Kadar Air <i>Xanthan Gum</i> .....	96
D.2 Standardisasi NaOH.....	96
D.3 Standardisasi HCl.....	97
D.4 Penentuan Nilai EC .....	97

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 (a) Peningkatan populasi dunia; (b) peningkatan jumlah produksi plastik dunia; (c) peningkatan jumlah konsumsi minyak bumi dalam <i>Terawatt hour</i> (TWh) 3	3
Gambar 2.1 Klasifikasi Plastik.....	11
Gambar 2.2 Gambar proyeksi haworth dari (a) pati; (b) selulosa .....	14
Gambar 2.3 Struktur kimia <i>xanthan gum</i> .....	16
Gambar 2.4 Letak fluida superkritik pada diagram P-T .....	19
Gambar 2.5 (a) Persamaan reaksi umum transesterifikasi; (b) Mekanisme reaksi transesterifikasi.....	21
Gambar 2.6 Persamaan reaksi modifikasi pati jagung dengan menggunakan vinil ester....	22
Gambar 2.7 Reaksi asetilasi <i>xanthan gum</i> pada pelarut BMIICl dengan reagen asetat anhidrida.....	24
Gambar 3.1 Skema rangkaian alat reaktor bertekanan tinggi.....	32
Gambar 3.2 Prosedur penentuan kadar air <i>xanthan gum</i> .....	35
Gambar 3.3 Prosedur penentuan waktu reaksi .....	37
Gambar 3.4 Prosedur modifikasi fisika <i>xanthan gum</i> dalam CO <sub>2</sub> bertekanan .....	38
Gambar 3.5 Prosedur kerja modifikasi kimia <i>xanthan gum</i> .....	40
Gambar 4.1 Pengaruh waktu reaksi terhadap <i>ester content</i> produk <i>xanthan gum</i> ester.....	46
Gambar 4.2 Spektra FTIR <i>xanthan gum</i> murni dan termodifikasi secara fisika pada temperatur 120 °C dan tekanan 120 dan 150 bar .....	49
Gambar 4.3 Perbandingan spektra FTIR <i>xanthan gum native</i> , termodifikasi pada temperatur 120 °C dan tekanan 120 bar, dan 150 bar pada bilangan gelombang 1300-1000 cm <sup>-1</sup> .....	49
Gambar 4.4 <i>Thermogram</i> <i>xanthan gum</i> murni dan <i>xanthan gum</i> termodifikasi secara fisika pada temperatur 120 °C dan tekanan 120 dan 150 bar.....	51
Gambar 4.5 Sampel (a) <i>xanthan gum native</i> , (b) <i>xanthan gum</i> termodifikasi dengan EC terendah, dan (c) <i>xanthan gum</i> termodifikasi dengan EC tertinggi.....	53
Gambar 4.6 Pengaruh variasi temperatur pada nilai EC .....	56
Gambar 4.7 Pengaruh rasio reagen minyak kelapa sawit dengan <i>xanthan gum</i> terhadap nilai EC.....	57
Gambar 4.8 Spektra FTIR dari <i>xanthan gum native</i> , produk <i>xanthan gum</i> termodifikasi dengan EC tertinggi dan EC terendah .....	58

Gambar 4.9 Hasil analisis XRD sampel <i>xanthan gum native</i> , produk <i>xanthan gum</i> termodifikasi dengan EC terbesar, dan EC terkecil .....	60
Gambar 4.10 Ilustrasi luas puncak pada perhitungan derajat kristalinitas pada sampel <i>xanthan gum native</i> .....	60
Gambar 4.11 Hasil analisis SEM dengan perbesaran yang sama sebesar 500x (a) <i>xanthan gum native</i> , (b) <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC terendah, (c) <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC tertinggi.....	62
Gambar 4.12 Hasil analisis SEM dengan perbesaran yang sama sebesar 1500x (a) <i>xanthan gum native</i> , (b) <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC terendah, (c) <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC tertinggi.....	63
Gambar 4.13 Termogram sampel <i>xanthan gum native</i> , <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC tertinggi, dan <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC terendah.....	64
Gambar 4.14 <i>Thermogram</i> (a) sampel <i>xanthan gum native</i> , (b) sampel <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC terendah, (c) sampel <i>xanthan gum</i> termodifikasi EC tertinggi .....	65
Gambar A.1 Prosedur kerja standardisasi NaOH .....	79
Gambar A.2 Prosedur kerja standardisasi HCl.....	80
Gambar A.3 Prosedur kerja titrasi hidrolisis .....	81
Gambar A.4 Prosedur kerja TGA .....	81
Gambar A.5 Prosedur kerja analisis DSC .....	82
Gambar A.6 Prosedur kerja analisis FTIR.....	82
Gambar A.7 Prosedur kerja analisis SEM .....	83
Gambar A.8 Prosedur kerja analisis XRD.....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis pengaruh variasi reaksi terhadap nilai derajat substitusi biopolimer .....	7
Tabel 2.1 Sifat fisika <i>xanthan gum</i> komersial .....	17
Tabel 2.2 Kondisi kritik dari beberapa pelarut.....	20
Tabel 2.3 Derajat asetilasi pada temperatur reaksi yang berbeda-beda.....	23
Tabel 2.4 Kandungan PO dan PKO.....	26
Tabel 2.5 Kandungan asam lemak dalam minyak goreng kelapa sawit.....	27
Tabel 2.6 Derajat substitusi rata-rata pada variasi tekanan dan rasio katalis .....	28
Tabel 2.7 Derajat substitusi rata-rata pada variasi temperatur reaksi dan rasio katalis.....	29
Tabel 3.1 Daftar alat penelitian utama.....	33
Tabel 3.2 Daftar alat penelitian analisis .....	34
Tabel 3.3 Daftar bahan penelitian.....	34
Tabel 3.4 Tabel rancangan penelitian.....	39
Tabel 3.5 Jangka waktu penelitian .....	44
Tabel 4.1 Perbandingan absorbansi sampel <i>xanthan gum native</i> , termodifikasi pada temperatur 120 °C dan tekanan 120 bar, dan 150 bar.....	50
Tabel 4.2 Hasil penelitian modifikasi kimia <i>xanthan gum</i> dalam EC (mEq/ kg sampel) ...	53
Tabel 4.3 Hasil analisis rancangan faktorial variasi rasio reagen dan temperatur pada modifikasi kimia <i>xanthan gum</i> .....	54
Tabel 4.4 Puncak hasil pembacaan spektra FTIR.....	59
Tabel 4.5 Derajat kristalinitas sampel <i>xanthan gum native</i> dan produk <i>xanthan gum</i> termodifikasi .....	61
Tabel 4.6 Hasil <i>thermogravimetric analysis</i> sampel <i>xanthan gum native</i> dan <i>xanthan gum</i> termodifikasi .....	66
Tabel C.1 Hasil antara penentuan kadar air <i>xanthan gum</i> .....	94
Tabel C.2 Hasil antara larutan induk asam oksalat .....	94
Tabel C.3 Hasil antara standardisasi NaOH.....	94
Tabel C.4 Hasil antara standardisasi HCl.....	95
Tabel C.5 Hasil antara modifikasi kimia <i>xanthan gum</i> .....	95

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Plastik telah menjadi barang yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Plastik telah digunakan sejak pertama kali ditemukan pada tahun 1907 oleh Leo Hendrik Baekeland dan diberi nama *Bakelite* (Shafqat, dkk., 2020). Penggunaan plastik meliputi beberapa sektor industri seperti agrikultur, kesehatan, konstruksi, kemasan, dan tekstil (Rodrigues, dkk., 2019). Plastik berasal dari bahasa Yunani yaitu *plastikos* yang berarti material yang dapat dicetak menjadi bentuk-bentuk tertentu. Plastik merupakan polimer yang dapat dibuat secara kimia dengan cara polimerisasi dari produk turunan minyak bumi sehingga didapatkan rantai monomer panjang atau polimer (Chidambarampadmavathy, dkk., 2017).

Plastik konvensional biasanya terbentuk atas *polyolefins* atau rantai polimer minyak bumi seperti polipropilen, polikarbonat, polivinil klorida, polietilena, dan masih banyak lagi (Pilla, 2011). Menurut Hopewell, dkk. (2009), sekitar 4 % penggunaan minyak bumi per tahunnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik. Sekitar 50 % dari plastik yang diproduksi digunakan sekali pakai dan 20-25 % digunakan untuk kegunaan jangka panjang seperti perpipaan, *coating* kabel, dan bahan tahan lama lainnya (Hopewell, dkk., 2009).

Kebutuhan plastik terus meningkat seiring peningkatan populasi dunia akibat keterikatan plastik yang sudah menjadi barang yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Peningkatan kebutuhan plastik juga mendorong peningkatan penggunaan minyak bumi dunia. Menurut Abas, dkk. (2015), kebutuhan minyak bumi setiap harinya sekitar 920 juta barel (335 miliar *barrel* per tahun) dengan peningkatan 600 juta barel minyak setiap tahunnya dengan cadangan minyak bumi sebesar 1,688 triliun barel pada tahun 2015. Data tersebut menunjukkan bahwa manusia semakin bergantung terhadap minyak bumi sementara cadangan minyak bumi terus menipis dan diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade ke depan (Abas, dkk., 2015).

Menurut Shafqat, dkk. (2020), sekitar 150 juta ton limbah plastik dihasilkan setiap tahunnya, dimana hanya 9 % didaur ulang, 12 % diinsinerasi (dibakar untuk menghasilkan energi), dan sisanya dibuang ke dalam *landfill*. Pembuangan limbah plastik ke dalam *landfill* menghasilkan bahaya bagi kesehatan manusia seperti polusi air tanah dan sanitasi

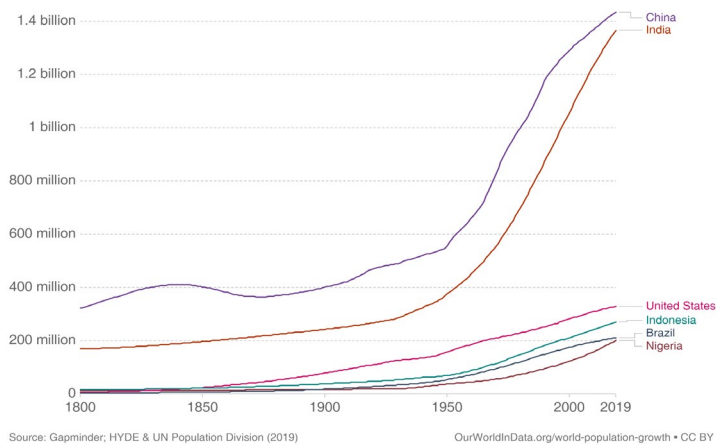


(Shafqat, dkk., 2020). Pengembangan produk yang diharapkan dapat menggantikan plastik konvensional makin banyak dilakukan untuk menghasilkan plastik yang *biodegradable* atau dapat terurai oleh alam. *Biodegradable plastic* dapat disintesis dengan menggunakan polisakarida seperti pati, kitin, lignin, selulosa, dan baru-baru ini *xanthan gum*. Harapannya, plastik yang dihasilkan dari bahan-bahan alami ini dapat melepas ketergantungan manusia terhadap minyak bumi. Selain melepas ketergantungan manusia terhadap minyak bumi, alternatif baru ini diharapkan dapat lebih ramah lingkungan karena terbuat dari tumbuhan dan mempunyai *carbon footprint* yang lebih rendah dari plastik konvensional (Ashter, 2016; Shafqat, dkk., 2020).

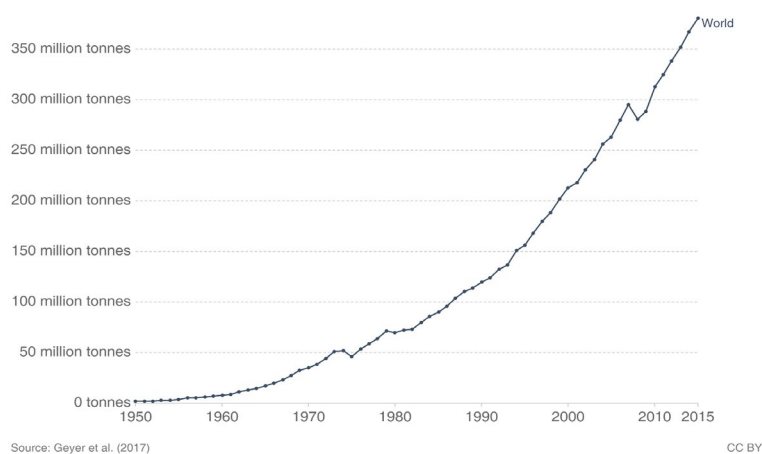
Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai alternatif minyak bumi adalah pati yang dimodifikasi menggunakan reaksi esterifikasi/transesterifikasi dengan reaktan yang mengandung asam lemak. Modifikasi ini perlu dilakukan untuk menghasilkan sifat pati yang lebih baik dan lebih cocok untuk digunakan sebagai bahan baku *biodegradable packaging* (Junistia, dkk., 2009; Muljana, 2012; Ashter, 2016).

Selain pati, masih banyak polisakarida lain yang dapat digunakan sebagai alternatif minyak bumi, seperti kitin, selulosa, dan *xanthan gum*. Perbedaan dasar antara *xanthan gum* dan pati terdapat pada struktur kimianya, dimana pati hanya memiliki tiga gugus hidroksil per monomernya, sedangkan *xanthan gum* mempunyai 11 gugus hidroksil. Semakin banyak gugus hidroksil yang tersubstitusi, maka nilai derajat substitusi akan semakin besar. Hal ini akan berpengaruh terhadap ketahanan termal produk yang dihasilkan (Endo, dkk., 2015; Muljana, dkk., 2018; Ayu, 2020). Dalam penelitian ini, akan digunakan polisakarida berupa *xanthan gum*.

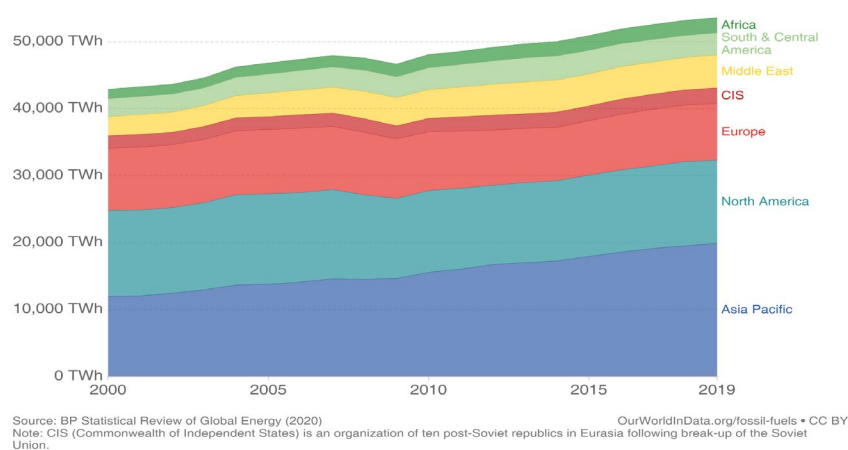
Peningkatan kebutuhan barang yang terbuat dari polimer seperti plastik tidak hanya menyebabkan dampak negatif dari penggunaan minyak bumi sebagai bahan dasar, tetapi juga menyebabkan dampak negatif dari proses pembuatannya yang melibatkan pelarut organik. Dalam proses pembuatan polimer yang tradisional, penggunaan pelarut organik yang mudah menguap dan *Chlorofluorocarbons* (CFC) masih sering digunakan (Nalawade, dkk., 2006). Penggunaan pelarut organik yang mudah menguap sangat diinginkan sehingga pemisahan pelarut dengan produknya menjadi lebih mudah (Kemmere, 2005).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 1.1** (a) Peningkatan populasi dunia; (b) peningkatan jumlah produksi plastik dunia; (c) peningkatan jumlah konsumsi minyak bumi dalam *Terawatt hour* (TWh) (Our World in Data, 2020)

Sekitar 20 juta ton *Volatile Organic Compound* (VOC) dilepaskan ke atmosfer setiap tahunnya (Kemmere, 2005). Selain berdampak buruk terhadap lingkungan, pelarut organik juga berdampak buruk bagi kesehatan, sehingga sangat diperlukan alternatif terhadap pelarut organik (Joshi dan Adhikari, 2019). Salah satu solusi terhadap masalah tersebut adalah penggantian jenis pelarut menjadi lebih ramah lingkungan seperti air, cairan ionik, atau fluida superkritik seperti air atau CO<sub>2</sub> superkritik (Kemmere, 2005). Dalam penelitian kali ini, akan digunakan fluida CO<sub>2</sub> dalam keadaan superkritik. Fluida CO<sub>2</sub> superkritik memiliki sifat yang lebih ramah lingkungan, *inert*, tidak mudah terbakar, murah, dan memiliki sifat sebagai *plasticizer* untuk kebanyakan material polimer dan biopolimer jika dibandingkan dengan pelarut organik (Kemmere, 2005; Nalawade, dkk., 2006; Muljana, dkk., 2010).

Dalam proses modifikasi *xanthan gum* pada penelitian ini, akan digunakan reagen minyak goreng kelapa sawit. Hal ini didasarkan oleh besarnya nilai produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia dan jumlahnya yang terus meningkat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia (2019), diperkirakan ada peningkatan luas area perkebunan kelapa sawit sebesar 1,88 % menjadi 14,60 juta ha yang memicu peningkatan produksi CPO sebesar 12,92 % menjadi 48,42 juta ton pada tahun 2019. Selain jumlahnya yang berlimpah di Indonesia, penggunaan minyak goreng kelapa sawit pada penelitian ini juga ingin mengeksplorasi penggunaan minyak kelapa sawit.

Pada penelitian ini, akan digunakan minyak goreng kelapa sawit sebagai reagen dalam proses modifikasi *xanthan gum* melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada media CO<sub>2</sub> bertekanan. Modifikasi pada *xanthan gum* akan menyebabkan bergantinya gugus hidroksil pada *xanthan gum* menjadi gugus ester asam lemak sehingga menyebabkan perubahan sifat fisik dari *xanthan gum*. Perubahan sifat termal dari *xanthan gum* akan diamati dengan menggunakan TGA dan DSC, sedangkan perubahan struktur produk *xanthan* termodifikasi akan diamati dengan FTIR, SEM, dan XRD.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Peningkatan penggunaan plastik dan penumpukkan limbah plastik yang tidak dapat terurai oleh alam menjadi tema sentral masalah dari topik penelitian ini, sehingga penelitian ini berfokus kepada proses pembuatan bahan baku bioplastik yang *biodegradable* dengan transesterifikasi *xanthan gum* menggunakan minyak goreng kelapa sawit dalam media pelarut CO<sub>2</sub> bertekanan. Selain itu, masih diperlukannya optimasi atau penentuan kondisi reaksi yang menghasilkan nilai *ester content* (EC) yang tertinggi. Untuk itu, perlu adanya

penelitian untuk mengetahui kondisi reaksi seperti temperatur dan rasio reaktan terhadap *xanthan gum* yang optimal dalam proses pembuatan bioplastik yang *biodegradable* dari *xanthan gum* dan memiliki nilai *ester content* yang tinggi.

### 1.3 Identifikasi Masalah

1. Apakah kondisi CO<sub>2</sub> bertekanan menyebabkan perubahan *glass transition temperature* dan perubahan pada gugus fungsi pada *xanthan gum native*?
2. Bagaimana rasio reagen (mol minyak kelapa sawit/ mol *xanthan gum*) mempengaruhi nilai *ester content* pada produk modifikasi *xanthan gum* dengan reaksi transesterifikasi dalam media CO<sub>2</sub> bertekanan?
3. Bagaimana variasi temperatur reaksi mempengaruhi nilai *ester content* pada produk modifikasi *xanthan gum* dengan reaksi transesterifikasi dalam media CO<sub>2</sub> bertekanan?
4. Apakah transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit menyebabkan perubahan gugus fungsi pada produk *xanthan gum*?
5. Apakah transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit menyebabkan perubahan kristalinitas pada produk *xanthan gum*?
6. Apakah transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit menyebabkan perubahan morfologi permukaan produk *xanthan gum*?
7. Apakah transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit menyebabkan perubahan kestabilan termal pada produk *xanthan gum*?

### 1.4 Premis

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

### 1.5 Hipotesis Penelitian

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

1. Kondisi CO<sub>2</sub> bertekanan akan menyebabkan penurunan nilai *glass transition temperature* ( $T_g$ ) dan menyebabkan perubahan gugus *xanthan gum*.

2. Peningkatan rasio reagen (mol minyak kelapa sawit/ mol *xanthan gum*) akan menyebabkan peningkatan nilai *ester content* pada produk modifikasi *xanthan gum* dengan reaksi transesterifikasi pada media CO<sub>2</sub> bertekanan.
3. Peningkatan temperatur reaksi akan menyebabkan peningkatan nilai *ester content* pada produk modifikasi *xanthan gum* dengan reaksi transesterifikasi pada media CO<sub>2</sub> bertekanan.
4. Transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit akan menyebabkan perubahan gugus fungsi.
5. Transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit akan menyebabkan perubahan kristalinitas produk.
6. Transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit akan menyebabkan perubahan morfologi permukaan.
7. Transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit akan menyebabkan perubahan kestabilan termal produk.

**Tabel 1.1** Premis pengaruh variasi reaksi terhadap nilai derajat substitusi biopolimer

No	Bahan Baku	Reaktan	Katalis	Pelarut	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)	Rasio Reaktan (mol/mol)	Rasio Katalis (mol/mol)	Kadar Air (%w/w)	Waktu Reaksi (jam)	DS <sup>1</sup>	Literatur
1	Pati kentang	Asetat anhidrida	NaOAc	scCO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	60-98	40-90	2-5	0,1-0.8	15,2	-	0,01-0,46	Muljana, dkk. (2010)
2	Pati jagung	<i>Vinyl laurate</i> dan <i>vinyl stearate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , CH <sub>3</sub> COONa	DMSO	-	80-110	3-5	2-5	-	24	0,27 - 2,96	Junistia, dkk. (2008)
3	Pati sagu	Minyak goreng bekas ( <i>waste palm oil</i> )	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	150-210	120	3	0,1-0,4	16,9	1,5	EC <sup>3</sup> : (127,6-820,1 mEq/kg)	Muljana, dkk. (2017)
4	<i>Xanthan gum</i>	Asetat anhidrida	-	BMIIMCl	1	60-100	5	-	12	24	DA <sup>4</sup> : (6,4 – 50,3%)	Endo, dkk. (2015)
5	<i>Xanthan gum</i>	Asetat anhidrida	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na OAc	scCO <sub>2</sub>	80-120	80-120	5	0,1-0,5	13,9	3	2,38-7,08	Muljana, dkk. (2018)
6	<i>Xanthan gum</i>	<i>Vinyl laurate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	80-120	140	5	0,05-0,3	19,56	6	4,59-7,09	Ayu (2020)

**Tabel 1.1** Premis pengaruh variasi reaksi terhadap nilai derajat substitusi biopolimer (lanj.)

No	Bahan Baku	Reaktan	Katalis	Pelarut	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)	Rasio Reaktan (mol reaktan/mol <i>xanthan gum</i> )	Rasio Katalis (mol katalis/mol <i>xanthan gum</i> )	Kadar Air (%w/w)	Waktu Reaksi (jam)	DS <sup>1</sup>	Literatur
7	<i>Xanthan gum</i>	<i>Vinyl laurate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	150	100-120	5	0,1-0,3	20,88	6	0,3548-0,5905	Hadinata (2020)
8	<i>Xanthan gum</i>	<i>Vinyl laurate, Methyl laurate, Methyl myristate</i>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> COONa	scCO <sub>2</sub>	120	140	5	0,3	16,9	2	0,40-1,36	Laksono dan Johan (2021)
9 <sup>5</sup>	<i>Xanthan gum</i>	Minyak kelapa	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	scCO <sub>2</sub>	120 dan 150	120 dan 140	2 dan 4	2% massa <i>xanthan gum</i>	13,72	2	EC <sup>3</sup> : (340,31-1293,32 mEq/kg)	Cahyadi dan Hernisa (2021)

<sup>1</sup>DS adalah derajat substitusi

<sup>2</sup>scCO<sub>2</sub> adalah CO<sub>2</sub> superkritik

<sup>3</sup>EC adalah *ester content* dalam satuan mol ekuivalen ester dalam satu kg sampel (mEq/kg)

<sup>4</sup>DA adalah derajat asetilasi

<sup>5</sup>Saat ini, penelitian terakhir yang dilakukan adalah transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit yang dilakukan oleh Cahyadi dan Hernisa (2021). Selain itu, penelitian ini didasarkan dari penelitian terakhir atau penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi dan Hernisa (2021).

## 1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji pengaruh CO<sub>2</sub> bertekanan terhadap *glass transition temperature* (T<sub>g</sub>) dan gugus fungsi *xanthan gum*.
2. Mengkaji pengaruh variasi rasio reagen (mol minyak kelapa sawit/ mol *xanthan gum*) terhadap EC yang dihasilkan pada proses transesterifikasi *xanthan gum* dalam media pelarut CO<sub>2</sub> bertekanan.
3. Mengkaji pengaruh variasi temperatur reaksi terhadap EC yang dihasilkan pada proses transesterifikasi *xanthan gum* dalam media pelarut CO<sub>2</sub> bertekanan.
4. Mengkaji pengaruh transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit terhadap gugus fungsi produk dengan analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).
5. Mengkaji pengaruh transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit terhadap kristalinias produk dengan analisis *X-ray Diffraction* (XRD).
6. Mengkaji pengaruh transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit terhadap morfologi permukaan produk dengan analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM).
7. Mengkaji pengaruh transesterifikasi *xanthan gum* dengan minyak kelapa sawit terhadap kestabilan termal produk dengan *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

## 1.7 Manfaat Penelitian

### 1.7.1 Bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah plastik yang tidak dapat didaur ulang oleh alam sehingga dapat menghasilkan lingkungan yang lebih bersih dari sampah plastik.

### 1.7.2 Bagi Ilmuwan

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi ilmuwan yang sedang melanjutkan penelitian di bidang polimer khususnya dalam pembuatan plastik *biodegradable* dalam media CO<sub>2</sub> bertekanan. Selain itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui apakah pengaruh fluida superkritik CO<sub>2</sub> terhadap *xanthan gum*, apakah pengaruh dari masing-



masing temperatur dan rasio reagen terhadap nilai *ester content* (EC) dari transesterifikasi *xanthan gum*, serta karakterisasi dari produk *xanthan gum* termodifikasi (FTIR, XRD, SEM, TGA).

### **1.7.3 Bagi Masyarakat**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat dengan memberikan wawasan baru tentang alternatif plastik konvensional berupa plastik yang lebih ramah lingkungan dan dapat terurai oleh alam.

### **1.7.4 Bagi Lingkungan**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi lingkungan hidup dengan mengurangi jumlah limbah plastik dan melepas ketergantungan manusia terhadap minyak bumi dan mengurangi polusi yang ditimbulkan oleh pengolahan minyak bumi.