

**PENGARUH BERAT MOLEKUL DAN RASIO BERAT  
POLIVINIL ALKOHOL (PVA) DAN RASIO BERAT  
ASAM SULFOSUKSINAT DALAM SINTESA KATALIS  
POLIMER TERSULFONASI UNTUK ESTERIFIKASI  
METIL ESTER**

**Laporan Penelitian**

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

oleh:

**Amadeus Vincent Widjaja** (6141801083)

**Harold Jannus Samuel Silalahi** (6141801090)

Pembimbing:

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

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



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

**2022**

**EFFECTS OF MOLECULAR WEIGHT AND WEIGHT  
RATIO OF POLYVINYL ALCOHOL (PVA) AND  
WEIGHT RATIO OF SULFOSUCCINIC ACID IN THE  
SYNTHESIS OF SULFONATED POLYMER CATALYSTS  
FOR METHYL ESTER ESTERIFICATION**

**Research Report**

Compiled to fulfill the final task to achieve  
Bachelor's degree in Chemical Engineering

By:

**Amadeus Vincent Widjaja** (6141801083)

**Harold Jannus Samuel Silalahi** (6141801090)

Academic Consultant:

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

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**



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

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH BERAT MOLEKUL DAN RASIO BERAT POLIVINIL ALKOHOL (PVA) DAN RASIO BERAT ASAM SULFOSUKSINAT DALAM SINTESA KATALIS POLIMER TERSULFONASI UNTUK ESTERIFIKASI METIL ESTER**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 30 Agustus 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**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 : Amadeus Vincent Widjaja

NPM : 6141801083

Nama : Harold Jannus Samuel Silalahi

NPM : 6141801090

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**Pengaruh Berat Molekul dan Rasio Berat Polivinil Alkohol (PVA) dan Rasio Berat Asam Sulfosuksinat dalam Sintesa Katalis Polimer Tersulfonasi untuk Esterifikasi Metil Ester**

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, 31 Agustus 2022



Amadeus Vincent Widjaja  
(6141801083)



Harold Jannus Samuel Silalahi  
(6141801090)

## LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGARUH BERAT MOLEKUL DAN RASIO BERAT POLIVINIL ALKOHOL (PVA) DAN RASIO BERAT ASAM SULFOSUKSINAT DALAM SINTESA KATALIS POLIMER TERSULFONASI UNTUK ESTERIFIKASI METIL ESTER**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 29 Agustus 2022

Penguji I

Penguji II

  
**Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.**

  
**Hans Kristanto, S.T., M.T.**

## INTISARI

Alternatif yang dapat menggantikan penggunaan bahan bakar minyak selama ini adalah biodiesel. Biodiesel atau *fatty acid methyl ester* (FFA) merupakan sebuah turunan asam karboksilat, yaitu ester, yang dapat diperoleh dari reaksi esterifikasi menggunakan asam lemak bebas. Reaksi esterifikasi menggunakan reaktan alkohol berantai pendek berupa metanol. *Fatty acid methyl ester* (FAME) sendiri dapat direaksikan lebih lanjut untuk menghasilkan *fatty acid alcohol*. Katalis pada reaksi esterifikasi umumnya merupakan katalis homogen yang kurang ramah lingkungan dan sulit untuk dipisahkan dari produk sehingga katalis heterogen memiliki daya tarik. Daya tarik dari katalis heterogen adalah kemudahan proses pemisahan katalis dari produk, mudah diregenerasi, dan lebih ramah lingkungan. Katalis heterogen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan katalis polimer yang ter-*cross-linking* dengan gugus sulfonat, yaitu katalis polivinil alkohol tersulfonasi (PVA-SO<sub>3</sub>H). Katalis PVA-SO<sub>3</sub>H yang diamati ini digunakan sebagai alternatif dari katalis polimer yang sudah komersial untuk reaksi esterifikasi, yaitu katalis *poly(styrene)-divinylbenzene*.

Pada penelitian ini, katalis asam heterogen berbasis polimer disintesis dengan menambahkan gugus sulfonat pada matriks polimer PVA melalui reaksi *cross-linking* antara PVA dengan asam sulfosuksinat (SSA). Hasil dari reaksi tersebut merupakan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H. Variabel yang divariasikan pada pembuatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H adalah berat molekul dari polimer PVA (146.000 dan 205.000 g/mol) dan persen berat PVA-SSA (10-5, 10-10, 10-20, dan 20-10). Performa dari katalis tersebut diuji dengan reaksi esterifikasi FFA dengan bahan baku asam lemak bebas dan metanol. Variabel-variabel respon yang diperhatikan adalah konversi FFA, kapasitas asam sebelum dan setelah dilakukan reaksi esterifikasi, dan ketahanan katalis setelah dilakukan reaksi esterifikasi. Dilakukan pula analisis dengan bantuan instrumen untuk mengamati gugus yang terdapat dalam katalis (FTIR), morfologi katalis (SEM), kristalinitas dari katalis (XRD), dan ketahanan termal dari katalis (TGA). Penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat menghasilkan katalis heterogen yang memiliki konversi *fatty acid* yang lebih tinggi, kekuatan mekanik yang lebih baik (dalam artian dapat digunakan secara berulang tanpa hancur), dan ketahanan termal yang lebih baik dari katalis PS-DVB.

Hasil yang didapatkan dari percobaan yang dilakukan adalah bahwa katalis yang disintesis telah memberikan hasil konversi pengulangan pertama *fatty acid* yang lebih baik bila dibandingkan dengan katalis PS-DVB. Selain itu, kapasitas asam yang dimiliki oleh katalis PVA SO<sub>3</sub>H menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis PS-DVB. Kemudian, terdapat juga kecenderungan bahwa katalis variasi 10-5 memiliki kapastias asam yang lebih besar dari variasi 20-10. Pada pengulangan kedua dan ketiga, terdapat penurunan nilai konversi katalis yang diikuti dengan pengurangan massa. Hal ini berhubungan dengan hasil dari analisis XRD yang menunjukkan perubahan sifat katalis dari semi kristalin menjadi lebih amorf dengan semakin meningkatnya konsentrasi SSA pada katalis. Hasil dari FTIR menunjukkan bahwa terdapat gugus SO<sub>3</sub>H pada katalis yang disintesis. Hasil dari analisis TGA menunjukkan bahwa katalis yang disintesis memiliki tiga tahap degradasi termal. Tahapan degradasi termal desulfonasi pada sampel berat molekul 146.000 lebih besar dari sampel 205.000. Hasil dari SEM menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi konsentrasi SSA pada sampel maka permukaan katalis semakin halus.

Kata kunci: Metil ester, Esterifikasi, PVA tersulfonasi

## ABSTRACT

*An alternative that can replace the use of fuel to date is biodiesel. Biodiesel or methyl ester is a carboxylic acid derivative, namely an ester, which can be obtained from an esterification reaction using free fatty acids (FFAs). The esterification reaction uses a short chain alcohol reactant in the form of methanol. The methyl ester itself can be further reacted to produce fatty acid alcohol. The catalyst in the esterification reaction is generally a homogeneous catalyst which is less environmentally friendly and difficult to separate from the product so that heterogeneous catalysts have advantages. The advantages of heterogeneous catalysts are the ease of the process of separating the catalyst from the product, easy to regenerate, and more environmentally friendly. The heterogeneous catalyst used in this study is a polymer catalyst that is cross-linked with a sulfonate group, namely a sulfonated polyvinyl alcohol (PVA-SO<sub>3</sub>H) catalyst. The observed PVA-SO<sub>3</sub>H catalyst was used as an alternative to a commercial polymer catalyst for the esterification reaction, namely a poly(styrene)-divinylbenzene catalyst.*

*In this study, a polymer-based heterogeneous acid catalyst was synthesized by adding a sulfonate group to the PVA polymer matrix through a cross-linking reaction between PVA and sulfosuccinic acid (SSA). The result of this reaction is a PVA-SO<sub>3</sub>H catalyst. Variables that were varied in the manufacture of PVA-SO<sub>3</sub>H catalyst were the molecular weight of the PVA polymer (146,000 and 205,000 g/mol) and the weight percent PVA-SSA (10-5, 10-10, 10-20, and 20-10). The performance of the catalyst was tested by methyl ester esterification reaction with FFA and methanol as raw materials. The response variables considered were fatty acid methyl ester conversion, acid capacity before and after the esterification reaction, and catalyst strength after the esterification reaction was carried out. Analysis was also carried out with the help of instruments to observe the groups contained in the catalyst (FTIR), the morphology of the catalyst (SEM), the crystallinity of the catalyst (XRD), and the thermal resistance of the catalyst (TGA). The research that will be carried out is expected to produce heterogeneous catalysts that have higher fatty acid conversions, better mechanical strength (in the sense that they can be used repeatedly without being damaged), and better thermal resistance than PS-DVB catalysts.*

*The results obtained from the experiments carried out were that the synthesized catalyst gave better fatty acid first iteration conversion results when compared to PS-DVB catalyst. In addition, the acid capacity of the PVA SO<sub>3</sub>H catalyst showed a higher value than the PS-DVB catalyst. Then, there is also a tendency that the catalyst of variation 10-5 has a higher acid capacity than variation of 20-10. In the second and third iterations, there was a decrease in the value of the catalyst conversion followed by a reduction in mass. This is related to the results of the XRD analysis which showed a change in the nature of the catalyst from semi-crystalline to more amorphous with increasing SSA concentration on the catalyst. The results of the FTIR showed that there were SO<sub>3</sub>H groups in the synthesized catalyst. The results of the TGA analysis showed that the synthesized catalyst had three stages of thermal degradation. The desulfonation thermal degradation step in the sample with a molecular weight of 146,000 is greater than that of the 205,000 sample. The results of SEM show that the higher the concentration of SSA in the sample, the smoother the surface of the catalyst.*

*Keywords: Fatty acid methyl ester, Esterification, sulfonated PVA*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat, dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Pengaruh Berat Molekul dan Rasio Berat Polivinil Alkohol (PVA) dan Rasio Berat Asam Sulfosuksinat dalam Sintesa Katalis Polimer Tersulfonasi untuk Esterifikasi Metil Ester” dengan tepat waktu.

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

1. Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng. dan Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, masukan, dan saran yang sangat bermanfaat selama penyusunan penelitian ini.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama penyusunan penelitian ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, dan UNPAR yang telah memberikan pengarahan pada penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia UNPAR angkatan 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 penelitian ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan 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 penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 9 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 .....	xiii
INTISARI .....	xiv
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
BAB I .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tema Sentral Masalah .....	3
1.3. Identifikasi Masalah .....	3
1.4. Premis .....	4
1.4.1. Pembuatan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H .....	4
1.4.2. Sintesis <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> .....	4
1.5. Hipotesis .....	11
1.6. Tujuan Penelitian .....	11
1.7. Manfaat Penelitian .....	11
BAB II .....	13
2.1. Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel dan <i>Fatty Acid Alcohol</i> .....	13
2.1.1. Minyak Nabati .....	13
2.1.2. Asam Lemak .....	14
2.1.3. Minyak Kelapa Sawit .....	15
2.1.4. Biodiesel .....	18
2.1.5. <i>Fatty Acid Alcohol</i> .....	20
2.2. Proses Sintesis <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> Menggunakan Katalis Asam .....	23
2.2.1. Ester .....	23
2.2.2. Transesterifikasi .....	24

2.2.3.	Esterifikasi .....	24
2.2.4.	Katalis .....	26
2.2.5.	Katalis dalam Sintesis Biodiesel.....	27
2.2.6.	Katalis Polimer.....	30
2.3.	Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	34
2.3.1.	Karakteristik PVA-SO <sub>3</sub> H.....	35
2.3.2.	Pembuatan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	37
2.3.3.	Perbandingan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H dengan Katalis Sejenis .....	39
2.3.4.	Mekanisme Reaksi Sintesis Biodiesel dengan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	40
2.4.	<i>State of the Arts</i> .....	41
2.4.1.	Pembuatan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	41
2.4.2.	Sintesis <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> .....	43
BAB III .....		47
3.1.	Bahan.....	47
3.2.	Alat.....	47
3.3.	Prosedur Percobaan .....	47
3.3.1.	Preparasi Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	48
3.3.2.	Esterifikasi <i>Free Fatty Acid</i> dengan Katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	49
3.4.	Analisis.....	50
3.4.1.	Analisis Kapasitas Asam.....	50
3.4.2.	Analisis Konversi <i>Fatty Acid</i> .....	51
3.4.3.	<i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR).....	53
3.4.4.	<i>Scanning Elctron Microscopy</i> (SEM).....	54
3.4.5.	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	55
3.4.6.	<i>ThermoGravimetric Analysis</i> (TGA) .....	55
3.5.	Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian.....	56
BAB IV .....		58
4.1.	Proses Sintesis Katalis PVA Tersulfonasi.....	58
4.2.	Analisis Katalis PVA Tersulfonasi .....	60
4.2.1.	Analisis Kapasitas Asam.....	60
4.2.2.	Analisis FTIR.....	63

4.2.3.	Analisis SEM .....	66
4.2.4.	Analisis XRD .....	68
4.2.5.	Analisis TGA .....	70
4.3.	Uji Performa Katalis.....	74
4.4.	Aplikasi sebagai Katalis dalam Industri.....	78
BAB V.....		80
5.1.	Kesimpulan.....	80
5.2.	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....		82
LAMPIRAN A.....		92
A.1.	Asam Sulfosuksinat.....	92
A.2.	Asam Lemak Bebas.....	93
A.3.	Metanol.....	94
A.4.	Natrium Hidroksida.....	95
A.5.	Kalium Hidroksida .....	96
A.6.	Asam Oksalat .....	97
A.7.	Asam Klorida .....	99
LAMPIRAN B.....		101
B.1.	Analisis Kapasitas Asam.....	101
B.1.1.	Sebelum Reaksi Berulang .....	101
B.1.2.	Setelah Reaksi Berulang .....	102
B.2.	Analisis Esterifikasi.....	104
B.2.1.	Pengulangan Pertama .....	104
B.2.2.	Pengulangan Kedua.....	105
B.3.	Analisis <i>Degree of Crystallinity</i> .....	106
LAMPIRAN C.....		108
C.1.	Analisis Kapasitas Asam.....	108
C.1.1.	Standarisasi Larutan NaOH .....	108
C.1.2.	Titration Asam Basa .....	108
C.2.	Analisis Esterifikasi.....	109
C.2.1.	Penimbangan Massa Sampel Awal.....	109

C.2.2.	Standarisasi Larutan KOH.....	109
C.2.3.	Penentuan <i>Acid Value</i> Awal.....	109
C.2.4.	Penimbangan Massa Sampel Akhir .....	110
C.2.5.	Penentuan <i>Acid Value</i> Akhir.....	110
C.2.6.	Penentuan Konversi <i>Free Fatty Acid</i> (FFA).....	110
C.3.	Penentuan <i>Degree of Crystallinity</i> .....	111
C.4.	Penentuan Jumlah Gugus Hidroksil Teoritis pada PVA.....	117
LAMPIRAN D.....		118
D.1.	Area Kurva PVA Berat Molekul 146.000.....	118
D.1.1.	PVA Murni.....	118
D.1.2.	PVA-SSA Rasio Berat PVA dan SSA terhadap Air 10-20.....	119
D.1.3.	PVA-SSA Rasio Berat PVA dan SSA terhadap Air 20-10.....	120
D.2.	Area Kurva PVA Berat Molekul 205.000.....	121
D.2.1.	PVA Murni.....	121
D.2.2.	PVA-SSA Rasio Berat PVA dan SSA terhadap Air 10-20.....	122
D.2.3.	PVA-SSA Rasio Berat PVA dan SSA terhadap Air 20-10.....	123

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b> Produksi dan konsumsi bahan bakar cair (U.S. Energy Information Administration, 2021) .....	1
<b>Gambar 2.1.</b> Bagian kelapa sawit yang diambil untuk PO dan PKO (Oakley, 2013).....	17
<b>Gambar 2.2.</b> Aplikasi dari <i>fatty acid alcohol</i> (Chaiyen dkk., 2020) .....	23
<b>Gambar 2.3.</b> Reaksi transesterifikasi (Buckley, 2005) .....	24
<b>Gambar 2.4.</b> Skema reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol menjadi ester (Tropecêlo dkk., 2016) .....	24
<b>Gambar 2.5.</b> Reaksi esterifikasi secara umum (Solomons dkk., 2013).....	25
<b>Gambar 2.6.</b> Contoh reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam (Solomons dkk., 2013) .....	25
<b>Gambar 2.7.</b> Mekanisme reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam (Solomons dkk., 2013).....	25
<b>Gambar 2.8.</b> Ilustrasi interaksi antara hidrofobisitas permukaan dengan aktivitas katalis (Trombettoni dkk., 2018).....	28
<b>Gambar 2.9.</b> Struktur kimia dari <i>amberlyst-15</i> (Ehteshami dkk., 2006).....	32
<b>Gambar 2.10.</b> Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dalam sintesis biodiesel menggunakan <i>amberlyst-15</i> (Boz dkk., 2015) .....	32
<b>Gambar 2.11.</b> Struktur <i>mesoporous silica</i> SBA-15 (Doadrio dkk., 2015).....	33
<b>Gambar 2.12.</b> Reaksi transesterifikasi dari minyak kacang kedelai dan 1-butanol dengan katalis <i>sulfonic acid modified</i> SBA-15 (Shagufta dkk., 2017).....	34
<b>Gambar 2.13.</b> Sintesis PVA dengan metode polimerisasi radikal <i>vinyl acetate</i> (Satoh, 2015).....	35
<b>Gambar 2.14.</b> Struktur kimia dari polimer PVA (Brady dkk., 2017).....	35
<b>Gambar 2.15.</b> Perbandingan stabilitas termal PVA dengan PVA-SO <sub>3</sub> H (Chanthad dan Wootthikanokkhan, 2006).....	36
<b>Gambar 2.16.</b> Reaksi esterifikasi SSA dengan PVA-OH (Caetano dkk., 2009 dan Castanheiro dkk., 2006) .....	37
<b>Gambar 2.17.</b> Struktur PVA-SO <sub>3</sub> H menggunakan SSA (Tsai dkk., 2010).....	38
<b>Gambar 2.18.</b> Pembuatan PVA tersulfonasi menggunakan <i>chlorosulfonic acid</i> (Moeinzadeh dkk., 2016) .....	38
<b>Gambar 2.19.</b> Reaksi kimia antara PVA dengan sPTA (Chanthad dan Wootthikanokkhan, 2006) .....	39

<b>Gambar 2.20.</b> Reaksi sintesis biodiesel menggunakan katalis bergugus sulfonat (Tan dkk., 2020) .....	40
<b>Gambar 2.21.</b> Reaksi esterifikasi dari <i>waste cooking oil</i> menggunakan PVA-SO <sub>3</sub> H (Zhang dkk., 2016) .....	41
<b>Gambar 3.1.</b> Jenis vibrasi akibat absorpsi radiasi inframerah (Khan dkk., 2018).....	53
<b>Gambar 3.2.</b> Contoh kurva TGA dan kurva DTG (Gabbott, 2008).....	56
<b>Gambar 4.1.</b> Hasil pencampuran PVA dengan SSA .....	59
<b>Gambar 4.2.</b> Hasil sampel katalis PVA-SSA yang telah dimasukkan ke dalam oven .....	59
<b>Gambar 4.3.</b> Proses dehidrasi pada polimer PVA (Kudoh dkk., 2013) .....	60
<b>Gambar 4.4.</b> Nilai kapasitas asam DPT-3 dan tiap variasi sampel katalis PVA-SSA dengan berat molekul (a) 146.000 (b) 205.000 .....	61
<b>Gambar 4.5.</b> Hasil Analisis FTIR PVA dan sampel katalis PVA-SSA dengan berat molekul (a) 146.000 (b) 205.000 .....	64
<b>Gambar 4.6.</b> Hasil analisis SEM pada perbesaran 10.000x untuk (a) PVA murni 146.000 g/mol (b) PVA-SSA 146.000 g/mol 10-20 (c) PVA-SSA 146.000 g/mol 20-10 (d) PVA murni 205.000 g/mol (e) PVA-SSA 205.000 g/mol 10-20 (f) PVA-SSA 205.000 g/mol 20-10 .....	67
<b>Gambar 4.7.</b> Perbandingan Hasil XRD dari PVA murni dan tiap variasi PVA-SSA dengan berat molekul (a) 146.000 (b) 205.000 .....	68
<b>Gambar 4.8.</b> Hasil analisis TGA dan DTG pada PVA murni berberat molekul (a) 146.000 (b) 205.000.....	71
<b>Gambar 4.9.</b> Hasil analisis TGA dan DTG pada sampel PVA-SSA 10-20 berberat molekul (a) 146.000 (b) 205.000 .....	71
<b>Gambar 4.10.</b> Hasil analisis TGA dan DTG pada sampel PVA-SSA 20-10 berberat molekul (a) 146.000 (b) 205.000 .....	71
<b>Gambar 4.11.</b> Sampel katalis PVA-SSA yang tertahan pada kertas saring .....	75
<b>Gambar C.1.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kedua .....	112
<b>Gambar C.2.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah ketiga .....	112
<b>Gambar C.3.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah keempat .....	113
<b>Gambar C.4.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kelima.....	113
<b>Gambar C.5.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah keenam .....	114
<b>Gambar C.6.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kedelapan .....	114

<b>Gambar C.7.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kesembilan .....	115
<b>Gambar C.8.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kesepuluh .....	115
<b>Gambar C. 9.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah kesebelas .....	116
<b>Gambar C.10.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah ke-13 .....	116
<b>Gambar C.11.</b> Tangkapan layar perangkat lunak Origin untuk langkah ke-14 .....	116

## DAFTAR TABEL

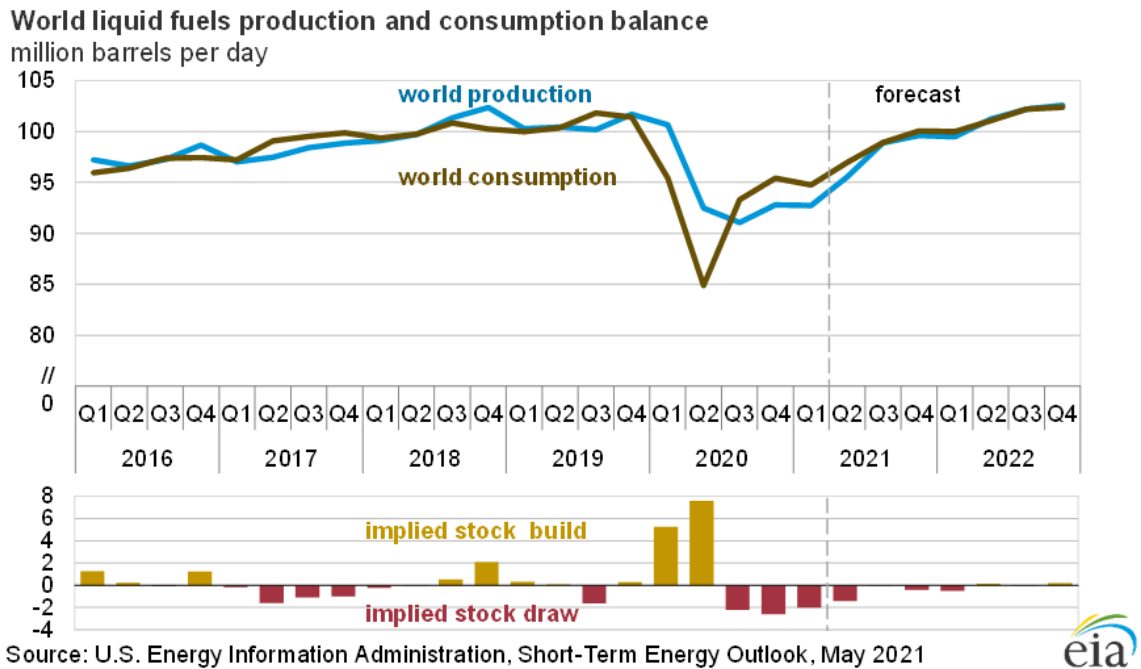
<b>Tabel 1.1.</b> Tabel premis pembuatan katalis PVA-SO <sub>3</sub> H.....	5
<b>Tabel 1.2.</b> Tabel premis sintesis FAME .....	8
<b>Tabel 2.1.</b> Perbandingan kandungan asam lemak pada PO dan PKO (Ekpa dkk., 1994 dan Pantzaris dkk., 2000).....	17
<b>Tabel 3.1.</b> Variasi kandungan PVA dan asam sulfosuksinat dalam katalis .....	49
<b>Tabel 3.2.</b> Jadwal kerja penelitian (periode September 2021 hingga Februari 2022).....	57
<b>Tabel 3.3.</b> Jadwal kerja penelitian (periode Maret 2022 hingga Agustus 2022).....	57
<b>Tabel 4.1.</b> Derajat kristalinitas dari berbagai variasi sampel katalis PVA-SSA .....	69
<b>Tabel 4.2.</b> Jumlah gugus hidroksil PVA murni awal dan pengurangan pada titik A.....	72
<b>Tabel 4.3.</b> Temperatur terjadinya pengurangan massa dari sampel PVA-SSA .....	73
<b>Tabel 4.4.</b> Banyaknya pengurangan massa dari sampel PVA-SSA .....	73
<b>Tabel 4.5.</b> Nilai konversi rata-rata uji esterifikasi FAME tiap variasi sampel katalis PVA-SSA dan DPT-3 .....	76
<b>Tabel B.1.</b> Analisis titrasi asam sebelum reaksi berulang (pertama) .....	101
<b>Tabel B.2.</b> Analisis titrasi asam sebelum reaksi berulang (kedua).....	101
<b>Tabel B.3.</b> Analisis titrasi asam setelah reaksi berulang (pertama) .....	102
<b>Tabel B.4.</b> Analisis titrasi asam setelah reaksi berulang (kedua).....	103
<b>Tabel B.5.</b> Analisis esterifikasi pengulangan pertama ( <i>cycle</i> pertama) .....	104
<b>Tabel B.6.</b> Analisis esterifikasi pengulangan pertama ( <i>cycle</i> kedua).....	104
<b>Tabel B.7.</b> Analisis esterifikasi pengulangan pertama ( <i>cycle</i> ketiga) .....	105
<b>Tabel B.8.</b> Analisis esterifikasi pengulangan kedua ( <i>cycle</i> pertama).....	105
<b>Tabel B.9.</b> Analisis esterifikasi pengulangan kedua ( <i>cycle</i> kedua) .....	106
<b>Tabel B.10.</b> Analisis esterifikasi pengulangan kedua ( <i>cycle</i> ketiga).....	106
<b>Tabel B.11.</b> Analisis <i>degree of crystallinity</i> .....	106



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Sejak tahun 1973, bahan bakar fosil seperti bensin, gas alam, dan batu bara telah menjadi bahan baku utama dalam sumber energi di dunia. Penggunaan energi yang diklasifikasikan sebagai bahan bakar fosil pada tahun 1973 sebanyak 75,8% yang mana 48,1% merupakan petroleum (Bimanatya dan Widodo, 2018). Meskipun sudah terdapat upaya untuk beralih dari energi fosil menuju energi alternatif, angka penggunaan energi fosil masih tinggi hingga sekarang. Hal ini dapat dilihat dari **Gambar 1.1** berikut yang menunjukkan tren penggunaan serta produksi bahan bakar fosil:



**Gambar 1.1.** Produksi dan konsumsi bahan bakar cair (U.S. Energy Information Administration, 2021)

Hal ini membuktikan bahwa manusia memiliki ketergantungan kepada sumber energi tersebut dan hal tersebut tidak baik karena sumber energi dari bahan bakar yang telah disebutkan merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui yang artinya suatu saat akan habis. Keadaan ini diperburuk dengan peningkatan penggunaan dari bahan bakar akibat

meningkatnya angka kelahiran dan pengembangan ekonomi yang juga terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi yang dapat diperbarui.

Bahan bakar yang dapat diperbarui ini diharapkan memiliki sifat yang ramah lingkungan dan dari sisi ekonomi terjangkau. Pengembangan teknologi terkini menghasilkan opsi baru akan kebutuhan dari sumber energi, yaitu biodiesel yang didapatkan dari minyak nabati dan juga asam lemak (Gui dkk., 2008). Jika biodiesel yang ada di hidrogenasi maka akan didapatkan produk baru berupa *fatty acid alcohol* yang mempunyai banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari seperti pelumas, bahan perekat, dan produk-produk *personal care* (Chaiyen dkk., 2020). Biodiesel atau *fatty acid methyl ester* (FAME) dapat diproduksi melalui dua metode, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi merupakan reaksi sintesis ester dari asam karboksilat dengan alkohol sementara transesterifikasi merupakan reaksi sintesis ester dari ester lainnya dengan alkohol (Solomons dkk., 2013). Kedua metode menggunakan bahan baku yang berbeda, yaitu asam lemak dan minyak nabati (Caetano dkk., 2009). Pada dasarnya, bahan baku biodiesel berasal dari tumbuhan dan hewani seperti bunga matahari, *rapeseed*, lemak sapi, lemak bebek, dan kedelai. Namun, bahan baku biodiesel yang lebih diminati adalah kelapa sawit karena memberikan perolehan minyak yang akan digunakan sebagai bahan baku lebih besar dari bahan lainnya (Karmarkar dkk. 2010).

Dalam proses sintesis FAME, sering digunakan katalis yang bertujuan untuk menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan sehingga reaksi dapat berjalan lebih cepat. Katalis yang digunakan dapat berupa katalis homogen (katalis dan reaktan memiliki fasa yang sama) maupun heterogen (katalis dan reaktan memiliki fasa yang berbeda). Bila dibandingkan dengan katalis homogen, katalis heterogen memiliki keuntungan-keuntungan seperti lebih ramah lingkungan dibandingkan, lebih mudah untuk dipisahkan, dan dapat digunakan kembali. Salah satu jenis katalis yang dapat digunakan dalam sintesis FAME adalah katalis polimer. Katalis polimer merupakan katalis yang dengan polimer dengan bagian aktif katalitik, memiliki kelebihan tidak larut, tidak volatil, dan pada beberapa kasus dapat lebih aktif daripada katalis konvensional. Umumnya, digunakan katalis polimer *poly(styrene-co-divinylbenzene)* (disingkat PS-DVB) dalam proses esterifikasi asam lemak bebas (FFA) tetapi ada contoh lainnya seperti katalis zirkonia dan SBA-15. Konversi esterifikasi menggunakan katalis berbasis PS-DVB berada pada rentang 16,6% hingga 97,4% tergantung dari pelarut yang digunakan (dalam skala lab) (Talukder dkk., 2009).

Studi yang telah dilakukan oleh mahasiswa Universitas Katolik Parahyangan, yaitu Leonardo dan Diana Tanujaya pada tahun 2021 serta Reihan Krisnawan dan Ruben Halim pada tahun 2021, mengenai PVA-SO<sub>3</sub>H sebagai katalis reaksi esterifikasi hingga saat ini adalah pengamatan pengaruh variasi persen berat PVA dan SSA yang digunakan oleh peneliti. Hasil yang diperoleh dari kedua penelitian tersebut adalah peningkatan jumlah SSA yang digunakan akan meningkatkan jumlah kapasitas asam, struktur katalis menjadi lebih amorf, peningkatan pembentukan gugus sulfonat dan ester dalam katalis, serta penurunan ketahanan termal katalis. Peningkatan jumlah PVA akan menyebabkan peningkatan jumlah struktur kristalin. Dilakukan pula perbandingan dari hasil konversi reaksi esterifikasi menggunakan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan konversi reaksi esterifikasi menggunakan katalis berbasis PS-DVB (digunakan katalis DPT-3). Dari pengujian tersebut, diperoleh hasil bahwa PVA-SO<sub>3</sub>H menghasilkan konversi yang relatif lebih tinggi dari katalis berbasis PVA-SO<sub>3</sub>H. Namun, kedua peneliti belum melakukan analisis mengenai *degree of cross-linking* dari katalis dan ketahanan mekanik katalis. Berdasarkan apa yang telah dilakukan sebelumnya, maka penelitian yang akan kami lakukan adalah melakukan peningkatan produk katalis PVA-SO<sub>3</sub>H serta melakukan analisis mengenai *degree of cross-linking* dan ketahanan mekanik dari katalis PVA-SO<sub>3</sub>H.

## 1.2. Tema Sentral Masalah

Penelitian yang telah dilakukan di UNPAR masih menggunakan asam lemak bebas berantai pendek (panjang rantai karbon C<sub>8</sub> hingga C<sub>12</sub>) dan berat molekul PVA yang relatif kecil. Oleh karena itu, penelitian yang akan dilakukan kali ini menggunakan berat molekul PVA yang lebih besar dan panjang rantai karbon asam lemak bebas yang lebih besar. Penelitian yang akan dilakukan kali ini diharapkan dapat meningkatkan hasil konversi yang lebih baik dari katalis DPT-3 (seperti hasil penelitian sebelumnya). Pengamatan baru yang akan dilakukan adalah pengamatan ketahanan mekanik dan kimiawi dari katalis PVA-SO<sub>3</sub>H yang diharapkan bernilai tinggi.

## 1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tema sentral masalah yang telah disebutkan, dibuat identifikasi masalah yang akan diteliti lebih lanjut, yaitu:

1. Apakah berat molekul PVA pada katalis PVA-SO<sub>3</sub>H mempengaruhi kestabilan

- termal, kapasitas asam, struktur katalis dan kristalinitas dari katalis?
2. Apakah jumlah PVA yang digunakan dalam reaksi *cross-linking* katalis PVA-SO<sub>3</sub>H mempengaruhi kestabilan termal, struktur katalis dan kristalinitas dari katalis?
  3. Apakah jumlah SSA yang digunakan dalam reaksi *cross-linking* katalis PVA-SO<sub>3</sub>H mempengaruhi kestabilan termal, kapasitas asam, struktur katalis, dan kristalinitas dari katalis?
  4. Bagaimana konversi reaksi esterifikasi *fatty acid* (FFAs) menggunakan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H bila dibandingkan dengan katalis DPT-3?
  5. Bagaimana konversi reaksi esterifikasi FFA menggunakan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H bila dibandingkan antar rasio berat PVA dan SSA

#### 1.4. Premis

Sebelum dilakukannya penelitian, metode yang telah digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya (baik di dalam UNPAR maupun di luar UNPAR) akan dikaji. Tujuan pengkajian tersebut adalah untuk memperoleh metode pembuatan serta pengujian yang terbaik dan efisien waktu. Pengkajian dilakukan untuk dua hal, yaitu pembuatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dan sintesis FAME.

##### 1.4.1. Pembuatan Katalis PVA-SO<sub>3</sub>H

Pengkajian pada bagian ini diperoleh dari enam buah sumber. Literatur yang menggunakan PVA-SO<sub>3</sub>H sebagai katalis berjumlah sedikit sehingga beberapa literatur yang digunakan merupakan pendekatan dari PVA-SO<sub>3</sub>H yang digunakan untuk keperluan penukar ion (berbentuk membran). Premis-premis tersebut disajikan pada **Tabel 1.1**.

##### 1.4.2. Sintesis *Fatty Acid Methyl Ester*

Pengkajian pada bagian ini diperoleh dari lima buah sumber. Beberapa literatur yang digunakan tidak berkorelasi dengan literatur yang digunakan pada **Subbab 1.4.1** karena beberapa digunakan sebagai penukar ion. Maka dari itu, beberapa literatur yang digunakan merupakan pendekatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dari segi sumber gugus sulfonatnya dan kemiripan dengan katalis lainnya (contohnya PS-DVB). Premis-premis tersebut disajikan pada **Tabel 1.2**.

Tabel 1.1. Tabel premis pembuatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H

Penulis	Berat Molekul PVA	Degree of Hydrolysis (%)	Bahan Baku	Temperatur dan Waktu Pemanasan	Prosedur
Rhim dkk., 2004	50.000	-	<i>Sulfosuccinic acid</i> (SSA)	150°C dan 1 jam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PVA dilarutkan ke dalam air murni pada 90°C selama 6 jam</li> <li>2. Larutan PVA dicampurkan dengan bahan baku dan diaduk kuat pada temperatur ruang selama 24 jam sampai homogen</li> <li>3. Campuran homogen dituangkan pada plat plexiglas lalu dikeringkan sampai temperatur ruang</li> <li>4. Membran dipanaskan pada 150°C selama 1 jam</li> </ol>
Castanheiro dkk., 2006	72.000	98	<i>Sulfosuccinic acid</i> (SSA) dan larutan fluka 70%-b	120°C dan 2 jam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PVA dilarutkan ke dalam air pada 90°C selama 6 jam</li> <li>2. Larutan PVA dicampurkan dengan bahan baku dan diaduk kuat pada temperatur ruang selama 24 jam</li> <li>3. Campuran homogen dituangkan pada cetakan teflon lalu dikeringkan pada 60°C selama 24 jam</li> <li>4. Membran dipanaskan pada 120°C dan kondisi vakum selama 2 jam supaya reaksi esterifikasi di membran</li> </ol>

Tabel 1.1. Tabel premis pembuatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H (lanjutan)

Penulis	Berat Molekul PVA	Degree of Hydrolysis (%)	Bahan Baku	Temperatur dan Waktu Pemanasan	Prosedur
Chanthad dan Wootthikanokkhan, 2006	72.000	99,5	<i>Sulfophthalic acid</i> (sPTA)	120°C dan 2 jam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PVA dilarutkan ke dalam air pada 90°C selama 6 jam</li> <li>2. Larutan PVA dicampurkan dengan bahan baku dan diaduk pada temperatur ruang selama 24 jam</li> <li>3. Campuran homogen dituangkan pada lembaran akrilik lalu dikeringkan pada 60°C selama 12 jam</li> <li>4. Membran dipanaskan pada 120°C dan kondisi vakum selama 2 jam supaya reaksi esterifikasi di membran</li> </ol>
Caetano dkk., 2009	72.000	-	<i>Sulfosuccinic acid</i> (SSA)	120°C dan 2 jam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PVA dilarutkan ke dalam air murni pada 90°C selama 6 jam</li> <li>2. Larutan PVA dicampurkan dengan bahan baku dan diaduk kuat pada temperatur ruang selama 24 jam sampai homogen</li> <li>3. Campuran homogen dituangkan pada plat teflon lalu dikeringkan pada temperatur 60°C selama 24 jam</li> <li>4. Membran dipanaskan pada temperatur 120°C selama 2 jam</li> </ol>

Tabel 1.1. Tabel premis pembuatan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H (lanjutan)

Penulis	Berat Molekul PVA	Degree of Hydrolysis (%)	Bahan Baku	Temperatur dan Waktu Pemanasan	Prosedur
Tsai dkk., 2010	124.000 hingga 186.000	99	<i>Sulfosuccinic acid (SSA)</i>	-	<ol style="list-style-type: none"> <li>5 gram PVA dilarutkan ke dalam 80 mL air dan dipanaskan pada 70°C sambil diaduk hingga diperoleh larutan bening</li> <li>Larutan PVA dicampurkan dengan bahan baku dan diaduk kuat pada temperatur 70°C selama minimal 6 jam sampai homogen</li> <li>Campuran homogen dituangkan pada piring plastik lalu dikeringkan pada temperatur 38°C hingga terlihat kering</li> </ol>
Zhang dkk., 2016	Polymerization degree 1750±50		<i>Citric acid</i>	323K, 373K, 423K selama 1 jam	<ol style="list-style-type: none"> <li>PVA dilarutkan ke dalam air pada 363K selama 6 jam sambil diaduk</li> <li>Larutan PVA dicampurkan dengan 8 hingga 16 gram bahan baku dan diaduk pada temperatur 323K hingga diperoleh campuran homogen</li> <li>Campuran homogen dituangkan pada plat gelas lalu direndam pada <i>ethanol/water coagulation bath</i></li> <li>Komposit yang basah dikeringkan pada 323K selama 24 jam</li> <li>Komposit yang telah kering dilakukan <i>annealed</i> di keadaan atmosfer N<sub>2</sub> selama 1 jam pada 323K, 373K, dan 423K</li> </ol>

Tabel 1.2. Tabel premis sintesis FAME

Penulis	Bahan Baku	Preparasi Katalis	Katalis	Banyaknya Katalis	Temperatur	Waktu	Hasil
Caetano dkk., 2009	<i>Palmitic, oleic, stearic acid</i> dan metanol	Katalis dilarutkan dalam air dan dikeringkan	PVA-SO <sub>3</sub> H	0,2 gram	60°C dan 80°C	24 jam	<p>a) Katalis yang paling aktif merupakan katalis PVA_SSA40</p> <p>b) Temperatur berbanding lurus dengan konversi</p> <p>c) Rasio molar asam palmitat terhadap alkohol berbanding lurus terhadap konversi ekuilibrium</p>
Talukder dkk., 2009	<i>Palm fatty acid distillate</i> (PFAD) dan metanol	-	<i>Amberlyst-15</i>	10-60 wt% PFAD	50°C hingga 60°C	7 jam	Perolehan biodiesel pada pelarut isooktana sebesar 97% hingga 97,4%



Tabel 1.2. Tabel Premis sintesis FAME (lanjutan)

Penulis	Bahan Baku	Preparasi Katalis	Katalis	Banyaknya Katalis	Temperatur	Waktu	Hasil
Sharma dkk., 2014	<i>Nonanoic acid</i> dan 1-propanol	Sebelum reaksi, katalis di <i>pre-reduced</i> dengan hidrogen sampai 200°C dengan laju temperatur 5°C/menit hingga 3 jam	<i>Amberlyst-15</i>	4%-w/v dan 8%-w/v	50°C hingga 90°C	6 jam	<p>a) Kadar katalis optimum sebesar 8%-w/v.</p> <p>b) Temperatur berbanding lurus terhadap konversi reaktan.</p> <p>c) Pengaruh dari kecepatan pengadukan tidak signifikan.</p>
Tropecêlo dkk., 2016	WCO dan metanol	Katalis dilarutkan dalam air dan dikeringkan.	PVA-SO <sub>3</sub> H	0,2 gram	60°C dan 80°C	80 jam	<p>a) Kadar katalis berbanding lurus dengan konversi.</p> <p>b) Konversi WCO dengan metanol lebih besar dari etanol.</p> <p>c) Jumlah metanol, berbanding lurus dengan konversi.</p>

Tabel 1.2. Tabel Premis sintesis FAME (lanjutan)

Penulis	Bahan Baku	Preparasi Katalis	Katalis	Banyaknya Katalis	Temperatur	Waktu	Hasil
Pan dkk., 2017	<i>Oleic acid</i> dan metanol	Polimerisasi divinilbenzena, dicampurkan dengan <i>ethylenediamine</i> , dan disulfonasi dengan SO <sub>3</sub> H	PD-En-SO <sub>3</sub> H	0% hingga 6%- berat <i>oleic acid</i>	70°C-100°C	1 jam hingga 5 jam	<p>a) Katalis stabil pada temperatur di bawah 223°C.</p> <p>b) Pengaruh temperatur tidak signifikan terhadap perolehan.</p> <p>c) Rasio mol metanol terhadap <i>oleic acid</i> berbanding lurus dengan perolehan.</p>

## 1.5. Hipotesis

Berdasarkan premis, terdapat beberapa hipotesis untuk sintesis katalis dan FAME dalam penelitian. Untuk sintesis katalis PVA-SO<sub>3</sub>H, hipotesis yang dibuat adalah:

1. Katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan berat molekul yang lebih besar akan menghasilkan stabilitas termal dan kapasitas asam yang lebih tinggi dari katalis katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan berat molekul yang kecil
2. Katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan jumlah PVA yang lebih banyak akan menghasilkan nilai kapasitas asam yang lebih rendah stabilitas termal yang lebih tinggi dari katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan jumlah PVA yang sedikit
3. Katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan jumlah SSA yang lebih banyak akan menghasilkan nilai kapasitas asam lebih tinggi tetapi kestabilan termal yang lebih rendah dari katalis PVA-SO<sub>3</sub>H dengan jumlah SSA yang sedikit

Untuk sintesis FAME, hipotesis yang dibuat adalah:

1. Konversi FFAs menggunakan katalis PVA-SO<sub>3</sub>H lebih tinggi dibandingkan dengan katalis DPT-3
2. Semakin tinggi rasio berat PVA dalam katalis, penurunan konversi FFAs akan semakin rendah
3. Semakin tinggi rasio berat SSA dalam katalis, semakin banyak perolehan FAME

## 1.6. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah PVA dan jumlah SSA terhadap sifat katalis, yaitu kestabilan termal, *degree of cross-linking*, kapasitas asam, dan kristalinitas dari katalis serta pengaruh temperatur dan jumlah *cycle* yang dilakukan terhadap perolehan FAME.

## 1.7. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

- a) Industri Bahan Bakar dan *Fatty Acid Alcohol*

Penelitian ini bermanfaat bagi industri energi yang memanfaatkan FAME sebagai biodiesel yang mereka jual dan industri yang menggunakan FAME sebagai bahan baku untuk pembuatan *fatty acid alcohol* yaitu sebagai informasi mengenai

adanya katalis heterogen dengan perolehan FAME yang lebih baik sehingga keuntungan yang didapatkan diharapkan dapat menjadi lebih baik.

b) Mahasiswa

Penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa, yaitu sebagai informasi mengenai penelitian mendatang akan rasio kandungan dalam katalis yang terbaik dalam produksi FAME sehingga kedepannya dapat ditentukan rasio berat PVA dan SSA di dalam katalis untuk membantu produksi FAME.

c) Masyarakat

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat karena dengan adanya katalis yang lebih efektif untuk pembuatan FAME dan *fatty acid alcohol* maka produk bahan bakar terbarukan diharapkan dapat lebih cepat tersedia untuk masyarakat dan masyarakat pula dapat lebih mudah memakai produk-produk yang berbahan dasar *fatty acid alcohol*.