

SINTESIS KATALIS ASAM HETEROGEN DARI PATI SINGKONG SECARA *DIRECT SULFONATION* DALAM PENGGUNAANNYA PADA REAKSI ESTERIFIKASI

CHE 184650–04 Penelitian

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

oleh :

Christophel Ienawi

(2017620072)

Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Judy R. B. Witono, M.App.Sc.

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



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

2022

SYNTHESIS OF HETEROGENEOUS ACID CATALYSTS FROM CASSAVA STARCH BY DIRECT SULFONATION IN ITS USE IN ESTERIFICATION REACTIONS

CHE 184650–04 Research

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

by :

Christophel Ienawi

(2017620072)

Advisor :

Prof. Dr. Ir. Judy R. B. Witono, M.App.Sc.

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



**CHEMICAL ENGINEERING UNDERGRADUATE STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : SINTESIS KATALIS ASAM HETEROGEN DARI PATI SINGKONG
SECARA *DIRECT SULFONATION* DALAM PENGGUNAANNYA
PADA REAKSI ESTERIFIKASI**

CATATAN :

[Empty box for notes]

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 01 September 2022

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Herry Sanosa, S.T., M.T.M., Ph.D.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Christophel Ienawi

NPM : 2017620072

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**SINTESIS KATALIS ASAM HETEROGEN DARI PATI SINGKONG SECARA
DIRECT SULFONATION DALAM PENGGUNAANNYA PADA REAKSI
ESTERIFIKASI**

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

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

Bandung, 01 September 2022

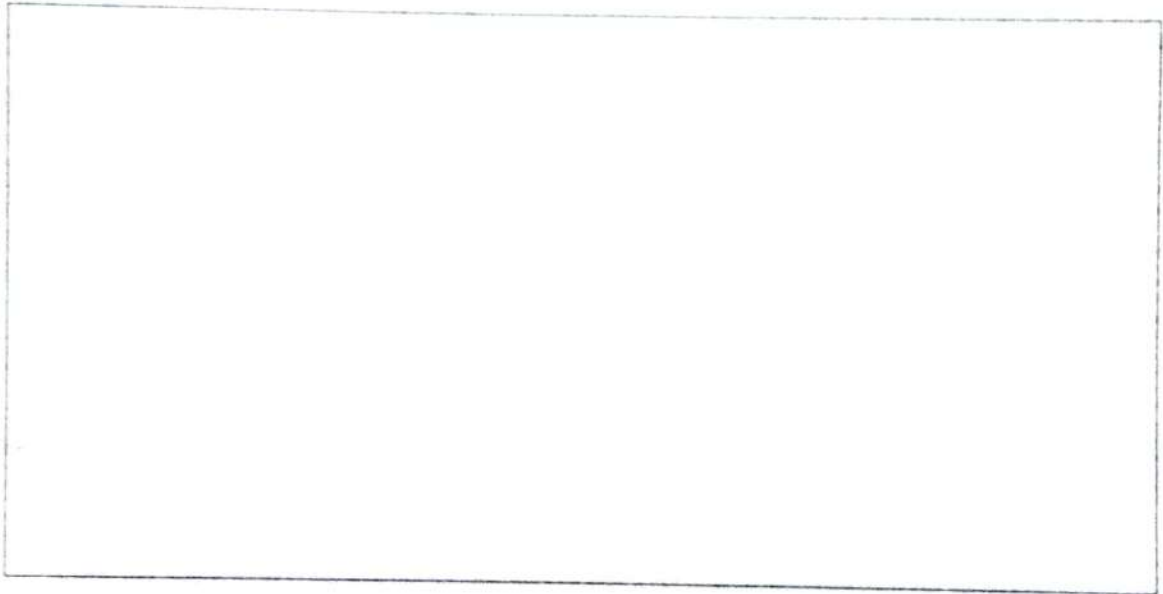


Christophel Ienawi
(2017620072)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : SINTESIS KATALIS ASAM HETEROGEN DARI PATI SINGKONG
SECARA *DIRECT SULFONATION* DALAM PENGGUNAANNYA
PADA REAKSI ESTERIFIKASI**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 01 September 2022

Penguji 1



**Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno,
M.Eng.**

Penguji 2



Anastasia Prima Kristijarti, S.Si., M.T.

INTISARI

Katalis memiliki peran penting dalam dunia perindustrian karena berfungsi mempercepat laju reaksi. Katalis asam heterogen berbasis karbon lebih banyak digunakan karena sifatnya yang mudah dipisahkan, tidak korosif dan mudah didaur ulang. Katalis asam heterogen komersial seperti Zirkonia Sulfat dan Nafion yang memiliki harga relatif mahal, proses yang lama dan luas permukaan kecil. Maka dari itu, dikembangkanlah katalis asam heterogen yang disintesis dari biomassa berupa pati. Katalis yang dihasilkan merupakan katalis yang ramah lingkungan dan memiliki aktivitas katalis yang baik meski telah digunakan berulang kali.

Terdapat beberapa metode sintesis katalis karbon yang telah ada yaitu pirolisis-sulfonasi, impregnasi, hidrotermal dan *direct-sulfonation*. Pembuatan katalis karbon tersulfonasi menggunakan proses sulfonasi langsung menggunakan agen sulfonasi seperti TsOH dan *Methanesulfonic acid* disertai penambahan agen pendispersi seperti CHCl_3 dan dikloroetana. Proses sulfonasi langsung dilakukan dengan mencampurkan pati sebagai bahan baku dengan agen sulfonasi serta agen pendispersi. Aktivitas katalis terbaik diuji dengan reaksi esterifikasi metanol dengan asam oleat.

Berdasarkan hasil penelitian sintesis katalis asam heterogen dari pati singkong, katalis yang terbentuk secara *direct-sulfonation* menggunakan agen sulfonasi *methanesulfonic acid* dengan pendispersi dikloroetana memiliki kinerja yang lebih baik pada reaksi esterifikasi dalam suhu yang berbeda. Konversi esterifikasi pada katalis dengan agen sulfonasi TsOH berada pada rentang 38-52% sedangkan dengan agen sulfonasi *methanesulfonic acid* berada pada rentang 50-67,5%. Dengan tingkat keasaman untuk sampel dengan agen sulfonasi TsOH berada pada rentang 0,8-0,83 sedangkan agen sulfonasi *methanesulfonic acid* berada pada rentang 0,75-0,78. Berdasarkan hasil analisis DSC tidak terjadi perubahan fasa pada suhu esterifikasi.

Kata kunci : katalis asam heterogen, sulfonasi langsung, agen sulfonasi, agen pendispersi, esterifikasi.

ABSTRACT

Catalysts have an important role in the industrial world because they function to accelerate the rate of chemical reaction. Heterogeneous acid catalysts based on carbon are more widely used because they are easy to separate, non-corrosive and easy to recycle so as to reduce waste. The commercial heterogeneous acid catalysts such as Zirconia Sulfate and Nafion are relatively expensive, long processing time and small surface area. Therefore, a heterogeneous acid catalyst was developed which was synthesized from biomass in the form of starch. The resulting catalyst is an environmentally friendly catalyst and has good catalytic activity even though it has been used repeatedly.

There are some methods in synthesis catalysts based on carbon pyrolysis-sulphonation, impregnation, hydrothermal and direct-sulfonation. The manufacture of sulfonated carbon catalysts uses a direct sulfonation process using sulfonating agents such as TsOH and Methanesulfonic acid with the addition of dispersing agents such as CHCl_3 and dichloroethane. The direct sulfonation process is carried out by mixing starch as raw material with sulfonating agents and dispersing agents. The best catalyst activity was tested by the esterification reaction of methanol with oleic acid.

Based on the research synthesis of heterogeneous acid catalysts from cassava starch, the catalyst formed by direct sulfonation using a sulfonating agent methanesulfonic acid with dichloroethane as dispersion has better performance in the esterification reaction at different temperatures. The conversion of esterification on the catalyst with the sulfonating agent TsOH is in the range of 38-52% while with the sulfonating agent methanesulfonic acid is in the range of 50-67.5%. The acidity level for the sample with the sulfonating agent TsOH is in the range of 0.8-0.83 while the sulfonating agent for methanesulfuric acid is in the range of 0.75-0.78. According to the analysis DSC there is no phase change in the esterification temperature.

Keywords: heterogeneous acid catalyst, direct sulfonation, sulfonating agent, dispersing agent, esterification.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya yang luar biasa, penulis dapat menyelesaikan laporan proposal penelitian dengan judul “SINTESIS KATALIS ASAM HETEROGEN DARI PATI SINGKONG SECARA *DIRECT SULFONATION* DALAM PENGGUNAANNYA PADA REAKSI ESTERIFIKASI” tepat pada waktunya. Penulisan proposal penelitian ini dilakukan guna memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184650-04 dengan nama “Penelitian” untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Dalam proses penyusunan proposal penelitian ini, penulis mendapatkan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Judy R. B. Witono, M.App.Sc. dan Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membantu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan laporan proposal penelitian;
2. Orang tua dan keluarga yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan laporan proposal penelitian;
3. Teman-teman penulis di Program Studi Teknik Kimia UNPAR angkatan 2017 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis; serta
4. Semua pihak yang ikut membantu penulis dalam proses penyusunan laporan proposal penelitian.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan proposal penelitian ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih dan berharap melalui laporan proposal penelitian ini dapat membantu memperluas pengetahuan para pembaca.

Bandung, 01 September 2022



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah	3
1.4 Premis.....	3
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
2.1 Katalis Dalam Industri	5
2.2 Katalis Berdasarkan Gugus Fungsi	6
2.3 Katalis Berdasarkan Fasanya	6
2.3.1 Katalis Homogen.....	7
2.3.2 Katalis Heterogen.....	7
2.4 Biodiesel.....	8
2.5 Pati.....	9
2.6 Pembuatan Katalis Karbon.....	11
2.6.1 Metode Pirolisis-Sulfonasi	11
2.6.2 Metode Impregnasi-Pirolisis-Sulfonasi	12
2.6.3 Metode Hidrotermal-Sulfonasi (Dua Tahap)	14
2.6.4 Metode Hidrotermal Satu Tahap	15
2.6.5 Metode Sulfonasi Langsung.....	15

BAB III.....	20
3.1 Alat dan Bahan.....	20
3.2 Langkah Percobaan	22
3.3 Prosedur Percobaan.....	22
3.3.1 Sulfonasi Langsung.....	22
3.4 Uji Analisis.....	23
3.4.1 Karakterisasi Katalis	23
3.4.2 Test Esterifikasi.....	23
3.5 Rancangan Percobaan	23
3.6 Lokasi dan Jadwal Kerja	24
BAB IV	26
4.1 Sintesis Katalis Pati dengan <i>Direct-Sulfonation</i>	26
4.2 Nilai Keasaman Katalis.....	27
4.3 Uji Kinerja Katalis dengan Reaksi Esterifikasi	29
BAB V.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN A.....	39
A.1 Penentuan Konversi.....	39
LAMPIRAN B	40
B.1 P-Toluenesulfonic Acid (TsOH)	40
B.1.1 Identifikasi Bahan.....	40
B.1.2 Sifat Fisika dan Kimia	40
B.1.3 Identifikasi Bahaya.....	40
B.1.4 Pertolongan Pertama.....	40
B.1.5 Tindakan Atasi Kecelakaan.....	41
B.1.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	41
B.2 Methanesulfonic Acid.....	41
B.2.1 Identifikasi Bahan.....	41
B.2.2 Sifat Fisika dan Kimia	42
B.2.3 Identifikasi Bahaya.....	42
B.2.4 Pertolongan Pertama.....	42

B.2.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	42
B.2.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	43
B.3 Kloroform	43
B.3.1 Identifikasi Bahan.....	43
B.3.2 Sifat Fisika dan Kimia	43
B.3.3 Identifikasi Bahaya	43
B.3.4 Pertolongan Pertama.....	43
B.3.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	44
B.3.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	44
B.4 Dikloroetana	44
B.4.1 Identifikasi Bahan.....	44
B.4.2 Sifat Fisika dan Kimia	45
B.4.3 Identifikasi Bahaya.....	45
B.4.4 Pertolongan Pertama.....	45
B.4.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	46
B.4.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	46
B.5 Asam Oleat	46
B.5.1 Identifikasi Bahan.....	46
B.5.2 Sifat Fisika dan Kimia	46
B.5.3 Identifikasi Bahaya.....	47
B.5.4 Pertolongan Pertama.....	47
B.5.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	47
B.5.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	48
B.6 Metanol.....	48
B.6.1 Identifikasi Bahan.....	48
B.6.2 Sifat Fisika dan Kimia	48
B.6.3 Identifikasi Bahaya.....	48
B.6.4 Pertolongan Pertama.....	48
B.6.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	49
B.6.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	49
B.7 Kalium Hidroksida	49
B.7.1 Identifikasi Bahan.....	49
B.7.2 Sifat Fisika dan Kimia	49

B.7.3 Identifikasi Bahaya	50
B.7.4 Pertolongan Pertama.....	50
B.7.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	51
B.7.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	51
B.8 Isopropil Alkohol.....	51
B.8.1 Identifikasi Bahan.....	51
B.8.2 Sifat Fisika dan Kimia	51
B.8.3 Identifikasi Bahaya.....	52
B.8.4 Pertolongan Pertama.....	52
B.8.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	52
B.8.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	52
B.9 Heksana	53
B.9.1 Identifikasi Bahan.....	53
B.9.2 Sifat Fisika dan Kimia	53
B.9.3 Identifikasi Bahaya.....	53
B.9.4 Pertolongan Pertama.....	53
B.9.5 Tindakan Atasi Kecelakaan	54
B.9.6 Perlakuan dan Penyimpanan Bahan.....	54
LAMPIRAN C	55
C.1 Sintesis Katalis	55
C.2 Penentuan Konversi Reaksi Esterifikasi.....	56
C.3 Grafik Konversi	57
C.4 Penentuan Keasaman Katalis.....	58
C.5 Grafik Keasaman Sebelum Esterifikasi	59
C.6 Grafik Keasaman Sesudah Esterifikasi.....	60
LAMPIRAN D.....	61
D.1 Perhitungan Penentuan Konversi	61
D.2 Perhitungan Penentuan Keasaman	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Singkong di Indonesia	2
Gambar 2.1 Diagram energi potensial reaksi katalis heterogen	5
Gambar 2.2 Proses sintesis biodiesel.....	8
Gambar 2.3 Struktur amilopektin dan amilosa.....	9
Gambar 2.4 Proses pirolisis-sulfonasi	11
Gambar 2.5 Sintesis katalis karbon tersulfonasi.....	13
Gambar 2.6 Sintesis <i>quinoline</i>	16
Gambar 2.7 Sulfonasi selulosa/pati	16
Gambar 2.8 Sintesis katalis karbon dengan TsOH	17
Gambar 2.9 Sintesis karbon silika	18
Gambar 3.1 Proses Sulfonasi Langsung	23
Gambar 3.2 Reaksi Esterifikasi sampai Konversi	25
Gambar 4.1 Sintesis Katalis.....	26
Gambar 4.2 Titrasi Keasaman	27
Gambar 4.3 Grafik Nilai Keasaman	28
Gambar 4.4 Reaksi Esterifikasi	29
Gambar 4.5 <i>Separator Flask</i>	30
Gambar 4.6 Grafik Konversi Esterifikasi	30
Gambar 4.7 Grafik Konversi vs Keasaman	31
Gambar 4.8 Grafik DSC	32
Gambar A.1 Diagram alir penentuan konversi	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Asam klorosulfonat sebagai agen sulfonasi	3
Tabel 2.1 Perbandingan katalis homogen dan heterogen	7
Tabel 2.2 Katalis metode pirolisis-sulfonasi	12
Tabel 2.3 Perbandingan katalis padat asam dari beberapa campuran	12
Tabel 3.1 Variasi rancangan percobaan.....	25
Tabel 3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	26
Tabel 4.1 Sintesis Katalis Pati	27
Tabel 4.2 Konversi Reaksi Esterifikasi	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menipisnya bahan bakar fosil; melonjaknya harga bahan bakar; gas emisi hasil rumah kaca; dan geopolitik minyak, biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat digunakan langsung di mesin diesel, sistem pemanas dan listrik generator. Karena biodiesel bebas sulfur menjadikannya bahan bakar yang lebih bersih dibandingkan solar, merupakan bahan terbaharukan dan biodegradable.

Katalis memiliki peranan yang penting didalam industri kimia karena hampir semua produk menggunakan katalis, baik dalam salah satu ataupun beberapa proses. Katalis berperan dalam menurunkan energi aktivasi dan mempercepat laju reaksi. Secara umum, katalis dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen, dimana homogen memiliki persamaan fasa antar katalis dan reaktan biasanya berupa cair dan gas. Katalis heterogen memiliki keunggulan lebih ramah lingkungan, mudah untuk dipisahkan, dan dapat di dipakai berulang-ulang kali. (Chokendorff, 2003)

Katalis basa dikurangi penggunaannya untuk proses biodiesel karena mengandung FFA yang mengakibatkan terjadinya sabun sehingga katalis sulit dipisahkan dan *yield* yang dihasilkan lebih rendah (Chen, 2011). Katalis asam merupakan salah satu jenis yang banyak digunakan dalam reaksi biodiesel, katalis asam homogen H_2SO_4 telah banyak digunakan tetapi sulit untuk dipisahkan dan memerlukan biaya lagi. Lebih dari 15 juta ton asam sulfat yang digunakan sebagai katalis yang tidak dapat didaur ulang. (Zhang, 2010) Penetralan H_2SO_4 menghasilkan limbah sulfat dimana asam cair tidak memenuhi persyaratan umum katalis sebagai bahan yang dapat digunakan kembali dalam proses kimia. Penggunaan katalis heterogen asam kuat yang dapat didaur ulang sebagai pengganti katalis asam homogen tersebut. (Safari, 2017) Tetapi, kendala utamanya adalah kurangnya produksi asam padat yang aktif, stabil dan murah seperti asam sulfat. Katalis heterogen komersial seperti Amberlyst-15 dan Nafion-H memiliki kelemahan harga yang cukup mahal, dan katalis SO_4^{2-}/ZrO_2 memiliki kelemahan mudah terdeaktivasi karena gugus sulfat yang mudah lepas. Sekarang, katalis heterogen asam berbasis karbon lebih diminati karena bahan baku karbon ini berupa pati yang mudah didapatkan dan murah dan katalis asam heterogen sendiri mudah untuk dipisahkan. (Liang, 2009).

Bahan baku untuk membuat katalis heterogen berbasis karbon ini menggunakan biomassa berupa pati. Pati merupakan biomassa yang mudah didapatkan dan murah, mudah dimodifikasi seperti strukturnya, kelarutannya dan kandungannya. Bahan baku penghasil pati yang akan digunakan yaitu berasal dari singkong. Singkong merupakan makanan pokok bagi lebih dari 800 juta orang di daerah tropis. Diantara tumbuhan yang penghasil pati, singkong merupakan penghasil karbohidrat tertinggi per hektar dan dapat ditanam dengan biaya yang jauh lebih rendah serta kesediaannya yang sangat banyak, mengandung pati yang banyak. (Chisenga, 2019)

Saat ini Indonesia merupakan negara penghasil singkong terbanyak keempat dunia. Berturut-turut adalah Nigeria sebanyak 57 juta ton, Thailand 30 juta ton, Brazil 23 juta ton dan Indonesia 19-20 juta ton (Kominfo Jatim). Melalui data dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia, produksi singkong di Indonesia selama tahun 2014-2017 mengalami penurunan lalu meningkat pada tahun 2018 seperti ditunjukkan dalam **Gambar 1.1**. Melalui data Ditjen Tanaman Pangan, luas areal penanaman singkong pada tahun 2019 seluas 628.305 ha dengan hasil produksi singkong 16,35 juta ton, dimana luas areal dan jumlah produksi turun dari tahun 2018 (792.952 ha dan 19,34 juta ton). Tapi pada tahun 2020, luas areal penanaman singkong di perluas 11.175 ha, sehingga ada peningkatan hasil produksi singkong pada tahun 2020



Gambar 1.1 Produksi Singkong di Indonesia (Badan Pusat Statistik)

Beberapa metode telah digunakan untuk menghasilkan katalis heterogen berbasis pati ini seperti pirolisis-sulfonasi, pirolisis-impregnasi-sulfonasi, hidrotermal-sulfonasi dua tahap, dan hidrotermal satu tahap. Kekurangan dari metode-metode tersebut adalah proses dilakukan dalam suhu tinggi. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan metode sulfonasi langsung yang dapat dilakukan dalam suhu rendah (<70°C) dengan bantuan agen sulfonasi seperti TsOH dan *methanesulfonic acid*. Lalu menambahkan agen pendispersi seperti kloroform dan dikloroetana sebagai anti degradasi pada pati, karena pati terdegradasi oleh gugus sulfat dari agen sulfonasi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Katalis asam heterogen saat ini memiliki kekurangan berkurangnya keaktifan, tidak stabil dan harga yang relatif mahal, sehingga dikembangkan katalis asam heterogen dengan bahan baku pati dari singkong yang mudah didapatkan dengan harga yang murah. Sintesis katalis asam heterogen dilakukan menggunakan metode *direct sulfonation* karena proses dapat dilakukan dalam suhu lebih rendah.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi agen sulfonasi (TsOH dan methanesulfonic acid), agen pendispersi (CHCl₃ dan dikloroetana) dan suhu sulfonasi (0, 30, 50 dan 60 °C) terhadap karakteristik katalis (kadar sulfur dan keasaman)?
2. Bagaimana pengaruh variasi agen sulfonasi, agen pendispersi dan suhu sulfonasi terhadap kinerja katalis dalam reaksi esterifikasi berdasarkan konversi/*yield*?

1.4 Premis

Tabel 1.1 Asam klorosulfonat sebagai agen sulfonasi

Katalis	Sulfonasi				Sifat Katalis		Literatur
	Karbon	Pendispersi	Asam Kloro sulfonat	Kondisi	S (mmol/g)	H (meq/g)	
Pati Kentang	5 g	CHCl ₃ (20 mL)	1 g, 9 mmol	0°C, 2 jam	0,12	0,1	Shaabani, 2007
Pati Jagung	50 g	Dikloroetana	10 mL	0°C, 15 menit	5,25	-	Abd-El-Rehim, 2011
Nanopartikel Pati Kentang	500 g	CHCl ₃ (20 mL)	1 g, 9 mmol	0°C, 2 jam	1,45	1,5	Safari, 2017

1. *P-toluenesulfonic acid* (TsOH) ditemukan dalam penelitian lain tetapi menggunakan metode karbonisasi-sulfonasi dan hidrotermal. Karena merupakan asam dan memiliki gugus sulfonat, asam ini dapat dijadikan sebagai agen sulfonasi untuk penelitian ini.
2. *Methanesulfonic acid* belum ditemukan dalam penelitian sintesis katalis berbasis karbon. Tetapi, dikarenakan merupakan asam dan memiliki gugus sulfonat, asam ini dapat dijadikan sebagai agen sulfonasi untuk penelitian ini.
3. Asam sulfonat lain selain asam klorosulfonat akan dilakukan seperti perlakuan pada asam klorosulfonat, berdasarkan rasio yang akan digunakan untuk penelitian ini.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi agen sulfonasi, agen pendispersi dan suhu sulfonasi terhadap keasaman katalis
2. Mengetahui pengaruh variasi agen sulfonasi, agen pendispersi dan suhu sulfonasi terhadap kinerja katalis dalam reaksi esterifikasi berdasarkan konversi/*yield*

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai pembuatan katalis asam heterogen berbahan dasar pati memiliki manfaat untuk bidang akademi, industri dan lingkungan :

1. Bagi akademi. Memberikan informasi dan wawasan baru dalam pembuatan sintesis katalis asam heterogen dengan metode sulfonasi langsung. Mengetahui pengaruh jenis asam terhadap kinerja katalis.
2. Bagi industri. Menemukan metode baru untuk menghasilkan katalis asam heterogen yang lebih ramah lingkungan, lebih murah, dan memiliki kinerja yang baik.
3. Bagi lingkungan. Menciptakan proses yang ramah lingkungan dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan akibat limbah.