

**STUDI AWAL SINTESIS PATI TAPIOKA FOSFAT
ASETAT DENGAN REAGEN *SODIUM*
TRIPOLYPHOSPHATE DAN ASETAT ANHIDRIDA**

Laporan Penelitian

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

oleh :

Maria Clarissa Gavrila (6141801041)

Pembimbing :

Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih

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



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

2022

**PRELIMINARY STUDY SYNTHESIS OF PHOSPHATE
ACETATE TAPIOCA STARCH WITH SODIUM
TRIPOLYPHOSPHATE AND ACETIC ANHYDRIDE
REAGENT**

Research Report

Made to fulfil the final project to acquire an
undergraduate degree in Chemical Engineering

by :

Maria Clarissa Gavrila (6141801041)

Supervisor :

Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih

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



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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : STUDI AWAL SINTESIS PATI TAPIOKA FOSFAT ASETAT DENGAN
REAGEN *SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE* DAN ASETAT ANHIDRIDA**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui
Bandung, 15 Agustus 2022

Pembimbing 1



Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih

Pembimbing 2



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



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maria Clarissa Gavrilu

NPM : 6141801041

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**Studi Awal Sintesis Pati Tapioka Fosfat Asetat dengan Reagen Sodium
Tripolyphosphate dan Asetat Anhidrida**

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, 15 Agustus 2022



Maria Clarissa Gavrilu
(6141801041)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : STUDI AWAL SINTESIS PATI TAPIOKA FOSFAT ASETAT DENGAN
REAGEN *SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE* DAN ASETAT ANHIDRIDA**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui
Bandung, 11 Agustus 2022

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



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

INTISARI

Dalam industri pangan, pati memiliki peranan penting dimana salah satunya pati dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengental makanan atau *food thickener*. Akan tetapi, pemanfaatan pati alami masih memiliki beberapa keterbatasan jika diaplikasikan sebagai *food thickener*, sehingga pati alami seperti pati tapioka masih perlu dimodifikasi agar dapat memenuhi standar yang ditetapkan dalam industri pangan. Dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi secara ganda, yaitu modifikasi dengan reaksi asetilasi dan reaksi fosforilasi. Modifikasi ganda dilakukan untuk memperbaiki dan mengoptimalkan sifat-sifat pati sehingga kekurangan dari hasil modifikasi pati secara tunggal dapat diminimalisir. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan asetat anhidrida sebagai reagen asetilasi dan STPP sebagai reagen fosforilasi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari lebih lanjut pengaruh tahapan urutan modifikasi serta pengaruh rasio reagen STPP/berat pati dan pH reaksi fosforilasi terhadap produk pati fosfat asetat yang dihasilkan.

Pada penelitian akan dilakukan dua tahap percobaan, yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan utama. Percobaan pendahuluan dilakukan dengan melakukan variasi terhadap urutan tahap modifikasi terlebih dahulu secara duplo. Percobaan pendahuluan dilakukan sebanyak 4 tempuhan dengan nilai rasio reagen STPP/berat pati yang digunakan yaitu 6% (b/b pati) dan pH reaksi fosforilasi yaitu 9. Percobaan utama dilakukan dengan melakukan variasi rasio reagen STPP : berat pati yaitu 2 %, 6 %, dan 10 % (b/b pati), serta variasi pH yaitu pH 8, 9, dan 10. Percobaan utama dilakukan secara duplo sehingga total seluruh tempuhan yang akan dilakukan pada penelitian berjumlah 22 tempuhan.

Metode modifikasi secara fosforilasi-asetilasi dipilih sebagai metode yang tepat karena menghasilkan nilai DS yang tinggi dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar rasio reagen STPP yang digunakan maka didapatkan nilai DS yang juga semakin besar, dan pH fosforilasi maksimum untuk menghasilkan nilai DS terbaik adalah pH 9. Kondisi terbaik yang diperoleh pada penelitian ini yaitu saat modifikasi dilakukan dengan variasi rasio reagen STPP/pati 10% dan pH fosforilasi 9. Rentang nilai DS yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 0,0383-0,0631, dimana nilai DS pati fosfat asetat yang dihasilkan telah sesuai dengan syarat aman bagi penggunaan bahan pangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pati fosfat asetat yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *food thickener*. Hasil modifikasi fosforilasi-asetilasi menghasilkan produk pati dengan kemampuan mengembang, kelarutan, daya serap air dan minyak serta kejernihan yang lebih tinggi dari pati *native*.

kata kunci: pati tapioka, asetilasi, fosforilasi, STPP, pH fosforilasi

ABSTRACT

In the food industry, starch has an important role which one of them is that it can be used as a food thickener. However the use of native starch still has some limitations when it applied as a food thickener. Native starches such as tapioca starch still must need to meet the standards set in the food industry. In this research two modifications will be carried out, modification with acetylation reaction and modification with phosphorylation reaction. Multiple modifications are carried out to improve and optimize the properties of starch so that the shortcomings of the results of single modification of starch can be minimized. This research was conducted using acetic anhydride as acetylation reagent and STPP as phosphorylation reagent. The purpose of this study was to further study the effect of the modification sequence steps and the effect of STPP reagent ratio/starch weight and pH of the phosphorylation reaction on the resulting phosphate acetate tapioca starch product.

In this study, two experimental stages will be carried out, the initial experiment and the main experiment. Initial experiments were carried out by varying the sequence of the modification stages in duplicate. The preliminary experiment was carried out for 4 times with the STPP reagent ratio value was 6% (w/w starch) and the pH of the phosphorylation reaction was 9. The main experiment was carried out by varying the STPP reagent ratio/starch weight, 2%, 6%, and 10 % (w/w starch), as well as variations in pH, 8, 9, and 10. The main experiment was carried out in duplicate so that the total number of the experiment carried out is 22 times.

The modified phosphorylation-acetylation method was chosen as the best method because it produced a high DS value and complied with the established standards. The results showed that the greater the STPP reagent ratio used, the greater the DS value, and the maximum phosphorylation pH to produce the best DS value was pH 9. The best conditions obtained in this study were when the STPP reagent was varied with ratio 10% and phosphorylated at pH 9. The range of DS values obtained in this study was 0.0383-0.0631, where the DS of starch phosphate acetate produced was in accordance with the requirements for safe use of food ingredients. The results of this study indicate that the starch phosphate acetate produced can be used as a food thickener. The results of the phosphorylation-acetylation modification resulted in starch products with higher swelling power, solubility, water and oil absorption and clarity than native starch.

keywords: tapioca starch, acetylation, phosphorylation, STPP, pH phosphorylation

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur yang sebesar-besarnya penulis panjatkan kepada Allah Bapa Yang Mahabaik, atas kasih karunia dan berkat-Nya yang begitu besar sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Studi Awal Sintesis Pati Tapioka Fosfat Asetat dengan Reagen *Sodium Tripolyphosphate* dan Asetat Anhidrida”. Proses penyusunan laporan penelitian tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, khususnya kepada :

1. Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membantu, mengarahkan, meluangkan waktu serta memberikan nasihat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan baik.
2. Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang juga telah dengan sabar membantu, mengarahkan, meluangkan waktu serta memberikan nasihat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan baik.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu.
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat bagi penulis selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
5. Teman-teman seperjuangan serta pihak-pihak lain yang telah turut membantu memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan baik.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan laporan penelitian ini dengan sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan dukungan berupa kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki laporan penelitian ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih dan berharap agar penelitian ini dapat berguna dan memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bandung,

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	4
1.4 Premis	5
1.5 Hipotesis	8
1.6 Tujuan Penelitian	8
1.7 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Pati	10
2.1.1. Struktur Polimer Pati.....	10
2.1.1.1. Amilosa.....	11
2.1.1.2. Amilopektin	12
2.1.2. Sifat Fisikokimia dan Fungsional Pati	13
2.1.2.1. Granula Pati	13
2.1.2.2. Gelatinisasi Pati	14

2.1.2.3. Retrogradasi Pati.....	16
2.1.2.4. Freeze-Thaw Stability.....	16
2.2. Jenis Pati	17
2.3. Pati Tapioka	18
2.3.1. Pembuatan Pati Tapioka	19
2.4. Modifikasi Pati.....	20
2.4.1. Modifikasi Fisika	21
2.4.1.1. Pre-Gelatinisasi.....	21
2.4.1.2. Heat-Moisture Treatment.....	21
2.4.1.3. Annealing.....	22
2.4.2. Modifikasi Kimia	22
2.4.2.1. Oksidasi.....	23
2.4.2.2. Eterifikasi.....	23
2.4.2.3. Crosslinking.....	24
2.4.2.4. Esterifikasi	26
2.5. Modifikasi Ganda.....	29
2.5.1. Aplikasi Pati Modifikasi Ganda Sebagai Pengental Makanan (Food Thickener)	30
2.5.2. Reaksi Asetilasi dengan Asetat Anhidrida.....	31
2.5.3. Reaksi Fosforilasi dengan Sodium Tripolyphosphate (STPP).....	32
2.5.4. Pati Modifikasi Ganda Asetilasi-Fosforilasi.....	33
BAB III BAHAN DAN METODE	36
3.1 Alat.....	36
3.1.1 Peralatan Utama.....	36
3.1.2 Peralatan Analisis.....	37
3.2 Bahan	38
3.2.1 Bahan Utama.....	38
3.2.2 Bahan Pendukung	38
3.2.3 Bahan Analisis	38
3.3 Prosedur Percobaan.....	39

3.3.1 Analisis Bahan Baku Pati Tapioka	39
3.3.1.1 Analisis Kadar Karbohidrat	39
3.3.1.2. Analisis Kadar Lemak.....	40
3.3.1.3 Analisis Kadar Protein	40
3.3.1.4 Analisis Kadar Air	41
3.3.1.5 Analisis Kadar Abu.....	41
3.3.2 Prosedur Percobaan Pendahuluan	41
3.3.2.1 Prosedur Percobaan Pendahuluan Asetilasi-Fosforilasi.....	42
3.3.2.1 Prosedur Percobaan Pendahuluan Fosforilasi-Asetilasi.....	44
3.3.3 Prosedur Percobaan Utama	46
3.3.3.1 Prosedur Percobaan Utama Asetilasi-Fosforilasi.....	46
3.3.3.2 Prosedur Percobaan Utama Fosforilasi-Asetilasi.....	48
3.3.4 Analisis Produk Pati Fosfat Asetat	50
3.3.4.1 Analisis Sifat Kimia.....	50
3.3.4.2 Analisis Daya Mengembang dan Kelarutan	52
3.3.4.3 Analisis Daya Serap Air dan Minyak	52
3.3.4.4 Analisis Kejernihan Pasta Pati	53
3.4 Rancangan Percobaan Penelitian	53
3.5 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian	54
BAB IV PEMBAHASAN	55
4.1 Karakterisasi Pati Tapioka	55
4.2 Percobaan Pendahuluan	56
4.3 Percobaan Utama	58
4.3.1 Analisis Sifat Kimia Pati Tapioka Fosfat Asetat	60
4.3.2 Analisis Sifat Fungsional.....	62
4.4 Kondisi Terbaik Hasil Penelitian.....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70

5.2	Saran	70
	DAFTAR PUSTAKA	71
	LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS.....	74
A.1	Prosedur Analisis Bahan Baku Pati	74
A.1.1	Analisis Kadar Karbohidrat	74
A.1.1.1	Pembuatan Eluen.....	74
A.1.1.2	Pembuatan Kurva Standar.....	74
A.1.1.3	Analisis Karbohidrat	75
A.1.2	Analisis Kadar Lemak.....	76
A.1.3	Analisis Kadar Protein	77
A.1.3.1	Tahap Destruksi	77
A.1.3.2	Tahap Distilasi	78
A.1.3.3	Standarisasi Larutan HCl 0,02 N	79
A.1.3.4	Tahap Titrasi dengan HCl.....	79
A.1.3.5	Tahap Titrasi Blanko.....	80
A.1.4	Analisis Kadar Air	80
A.1.5	Analisis Kadar Abu.....	81
A.2	Prosedur Analisis Produk Pati Asetat Fosfat	82
A.2.1	Analisis Derajat Substitusi (DS)	82
A.2.1.1	Analisis DS dan Kadar Asetil	82
A.2.1.2	Analisis Kadar Fosfat (Derajat Crosslinking).....	83
A.2.2	Analisis Kelarutan dan Daya Mengembang Pati	85
A.2.3	Analisis Daya Serap Air dan Minyak	86
A.2.4	Analisis Kejernihan Pasta Pati	87
	LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEETS	88
B.1	Asetat Anhidrida (CH ₃ CO) ₂	88
B.2	Sodium Tripolyphosphate (STPP)	89
B.3	Natrium Hidroksida (NaOH).....	90

B.4 Asam Klorida (HCl).....	91
B.5 Natrium Sulfat (Na ₂ SO ₄).....	93
B.6 Kalium Sulfat (K ₂ SO ₄).....	94
B.7 Merkuri II Oksida (HgO).....	95
B.8 Asam Sulfat (H ₂ SO ₄).....	96
B.9 Asam Borat (H ₃ BO ₃).....	97
B.10 Natrium Tiosulfat (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O).....	98
B.11 Heksana.....	99
B.12 Etanol (C ₂ H ₅ OH).....	100
B.13 Kalium Hidroksida (KOH).....	101
B.14 Indikator Phenolphtalein (PP).....	103
B.15 Indikator Metilen Red.....	104
B.16 Indikator Metilen Blue.....	105
LAMPIRAN C DATA ANTARA.....	107
C.1 Hasil Analisis Bahan Baku.....	107
C.2 Hasil Analisis Kandungan Gugus Asetil dan dan Nilai DS Asetat.....	107
C.3 Hasil Analisis Kandungan Gugus Fosfat dan dan Nilai DS Fosfat.....	108
C.4 Hasil Analisis Kandungan Gugus Asetat dan dan Nilai DS Gabungan.....	109
C.5 Hasil Analisis Kelarutan.....	110
C.6 Hasil Analisis Kekuatan Mengembang.....	111
C.7 Hasil Analisis Daya Serap Air.....	112
C.8 Hasil Analisis Daya Serap Minyak.....	113
C.9 Hasil Analisis Kejernihan Pasta Pati.....	114
LAMPIRAN D GAMBAR.....	115

D.1 Kurva Derajat Substitusi Gabungan.....	115
D.2 Kurva Pengaruh Rasio dan pH terhadap Kelarutan	115
D.3 Kurva Pengaruh Rasio dan pH terhadap Kekuatan Mengembang.....	116
D.4 Kurva Pengaruh Rasio dan pH terhadap Daya Serap Air	116
D.5 Kurva Pengaruh Rasio dan pH terhadap Daya Serap Minyak.....	117
D.6 Kurva Pengaruh Rasio dan pH terhadap Kejernihan Pasta Pati.....	117
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN	118
E.1 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Lemak.....	118
E.2 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Protein.....	118
E.3 Contoh Perhitungan Kadar Abu	118
E.4 Contoh Perhitungan Kadar Karbohidrat.....	119
E.5 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Asetat	119
E.6 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Fosfat	119
E.7 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Gabungan.....	120
E.8 Contoh Perhitungan Analisis Kelarutan dan Kekuatan Mengembang.....	120
E.9 Contoh Perhitungan Analisis Daya Serap Air dan Minyak	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Amilosa Pati (Cui, 2005)	12
Gambar 2. 2 Struktur Amilopektin Pati (Cui, 2005).....	13
Gambar 2. 3 Reaksi Crosslinking Pati dengan Phosphorus Dichloride (Cui, 2005)	25
Gambar 2. 4 Reaksi Crosslinking antara Pati dengan Sodium Trimetaphosphate (Cui, 2005)	25
Gambar 2. 5 Reaksi Crosslinking antara Pati dengan Adipate (Cui, 2005).....	26
Gambar 2. 6 Reaksi pada Pati Suksinat (Cui, 2005).....	27
Gambar 2. 7 Reaksi pada Pati Fosfat (Cui, 2005).....	28
Gambar 2. 8 Reaksi pada Pati Asetat (Cui, 2005)	29
Gambar 2. 9 Reaksi Asetilasi.....	32
Gambar 2. 10 Reaksi Fosforilasi dengan Reagen <i>Sodium Tripolyphosphate</i>	33
Gambar 4. 1 Produk Pati Tapioka Fosfat Asetat.....	59
Gambar 4. 2 Pengaruh Rasio Reagen dan pH reaksi terhadap Derajat Substitusi Gabungan	62
Gambar 4. 3 Pengaruh Rasio Reagen dan pH Reaksi terhadap Kelarutan	63
Gambar 4. 4 Pengaruh Rasio Reagen dan pH Reaksi terhadap Kemampuan Mengembang.....	64
Gambar 4. 5 Pengaruh Rasio Reagen dan pH reaksi terhadap Daya Serap Air.....	64
Gambar 4. 6 Pengaruh Rasio Reagen dan pH reaksi terhadap Daya Serap Minyak	65
Gambar 4. 7 Pengaruh Rasio Reagen dan pH reaksi terhadap Kejernihan Pasta Pati	65
Gambar A. 1 Pembuatan Eluen.....	74
Gambar A. 2 Pembuatan Kurva Standar.....	74
Gambar A. 3 Analisis Kadar Karbohidrat.....	75
Gambar A. 4 Analisis Kadar Lemak.....	76
Gambar A. 5 Tahap Destruksi	77
Gambar A. 6 Tahap Distilasi	78
Gambar A. 7 Standarisasi Larutan HCl	79
Gambar A. 8 Tahap Titrasi dengan HCl	79
Gambar A. 9 Tahap Titrasi Blanko.....	80
Gambar A. 10 Analisis Kadar Air.....	80

Gambar A. 11 Analisis Kadar Abu	81
Gambar A. 12 Analisis DS dan Kadar Asetil	83
Gambar A. 13 Analisis Kadar Fosfat.....	84
Gambar A. 14 Analisis Kelarutan dan Daya Mengembang Pati	85
Gambar A. 15 Analisis Daya Serap Air dan Minyak.....	86
Gambar A. 16 Analisis Kejernihan Pasta Pati	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perkembangan Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Ubi Kayu di Indonesia (Departemen Pertanian, 2009)	2
Tabel 2. 1 Kadar Amilosa Berbagai Jenis Pati (BeMiller dan Whistler, 2009).....	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi Umum Pati Tapioka Alami (BeMiller dan Whistler, 2009).....	19
Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan Awal	53
Tabel 3. 2 Rancangan Percobaan Utama	54
Tabel 3. 3 Jadwal dan Rencana Kerja Penelitian.....	54
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Bahan Baku Pati Tapioka.....	55
Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Pendahuluan.....	57
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Derajat Substitusi Asetat Pati Tapioka Fosfat Asetat.....	60
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Derajat Substitusi Fosfat Pati Tapioka Fosfat Asetat.....	60
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Derajat Substitusi Gabungan Pati Tapioka Fosfat Asetat	60

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pati merupakan zat gizi penting dalam kehidupan sehari-hari, dimana pati berperan sebagai sumber karbohidrat yang dapat memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Sekitar 80% kebutuhan energi manusia di dunia dipenuhi oleh karbohidrat. Karbohidrat ini dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti biji-bijian, umbi-umbian, akar, dan buah sebagai tempat penyimpanan pati yang merupakan cadangan makanan bagi tanaman. Selain sebagai sumber karbohidrat paling penting, pati juga dapat diaplikasikan sebagai bahan tambahan pangan, yaitu untuk bahan dasar *food thickener* atau yang disebut juga dengan *food hydrocolloids*. Pati memiliki beberapa keuntungan jika digunakan sebagai bahan dasar *food thickener*, diantaranya yaitu karena harganya yang relatif murah, jumlahnya yang sangat banyak, mudah ditemukan dan melimpah, serta tidak memberikan perubahan rasa jika diaplikasikan pada konsentrasi yang rendah (Saha, 2010).

Singkong atau ubi kayu merupakan makanan pokok bagi sebagian penduduk di dunia, terutama yang tinggal di wilayah tropis seperti Asia, Amerika Serikat, dan Afrika. Di negara tropis khususnya di Indonesia, pati tapioka yang bersumber dari singkong merupakan salah satu pati yang paling banyak diproduksi. Menurut BeMiller dan Whistler (2009), pada tahun 2003 jumlah produksi pati tapioka di dunia mencapai $7,5 \times 10^6$ ton per tahun. Produksi singkong di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya dimana pada tahun 2000 sampai 2009 terdapat peningkatan dari produksi 16,09 juta ton menjadi 22,04 juta ton. Data perkembangan luas panen, produksi, dan produktivitas ubi kayu di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 1.1** sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Perkembangan Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Ubi Kayu di Indonesia (Departemen Pertanian, 2009)

Tahun	Luas Area (Ha)	Produksi (Ton)	Produktivitas (Ku/Ha)
2000	1.284.040	16.089.020	125.30
2001	1.318.417	17.054.648	129.36
2002	1.271.261	16.913.104	133.04
2003	1.244.543	18.523/810	148.84
2004	1.255.805	19.424.707	154.68
2005	1.213.460	19.321.183	159.22
2006	1.227.459	19.986.640	162.83
2007	1.191.481	19.988.058	167.76
2008	1.209.052	21.756.991	179.95
2009	1.175.666	22.039.145	188.12

Selain itu, data Kementerian Pertanian menunjukkan jumlah produksi singkong di Indonesia mencapai 25.000.000 ton pada tahun 2016 (Kementerian Pertanian, 2016). Angka jumlah produksi ini cenderung mengalami peningkatan dibandingkan data pada tahun 2009. Berdasarkan aspek ketersediaan bahan baku, Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar sebagai penyedia bahan baku singkong atau ubi kayu. Peningkatan produksi singkong akan meningkatkan juga produksi pati tapioka di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan bahan dasar pati tapioka untuk memanfaatkan produksi pati tapioka yang mengalami peningkatan setiap tahunnya.

Meskipun Indonesia memproduksi tapioka dalam jumlah yang cukup besar, pemanfaatannya masih cukup terbatas sebagai sumber karbohidrat. Keterbatasan pemanfaatan pati tapioka alami ini disebabkan karena sifat fisika dan kimia dari tapioka yang kurang stabil untuk digunakan secara universal terutama jika digunakan sebagai bahan baku dalam industri pangan maupun non-pangan (Herawati, 2012). Pati alami memiliki kekurangan seperti sifatnya yang tidak larut dalam air dingin, pasta yang terbentuk tidak jernih, serta kehilangan kemampuan pembentukan gel dan pengental setelah dimasak. Kendala-kendala tersebut menyebabkan pemanfaatan pati alami dalam skala besar menjadi terbatas pengaplikasiannya dalam bidang industri. Oleh karena itu dilakukan modifikasi pada pati tapioka alami untuk mengatasi kekurangan yang ada agar pati dapat dimanfaatkan secara luas.

Modifikasi sifat pati dilakukan agar pati termodifikasi memiliki sifat yang diinginkan dan dapat dimanfaatkan sebagai *food thickener*. Sifat-sifat penting yang harus dimiliki oleh pati termodifikasi sebagai bahan baku *food thickener* diantaranya yaitu, memiliki viskositas yang tinggi, stabilitas yang baik terhadap emulsi untuk mencegah terjadinya pemisahan saat terjadi pengentalan air, serta kemampuan pembentukan gel yang baik (Imeson, 2009).

Modifikasi pada pati alami dilakukan dengan merubah struktur molekul pada pati agar menghasilkan sifat yang lebih baik, baik secara fisika maupun kimia. Dengan adanya modifikasi, nilai ekonomi pada pati tapioka juga dapat semakin meningkat (Herawati, 2012). Namun, berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan, pati termodifikasi hasil modifikasi tunggal belum sepenuhnya menghasilkan pati termodifikasi sesuai dengan karakteristik fisikokimia yang diharapkan. Oleh karena itu, dilakukan kombinasi modifikasi secara ganda dengan tujuan menghasilkan pati termodifikasi yang memiliki karakteristik fisikokimia yang diinginkan (Wongsagonsup, 2014). Proses modifikasi ganda ini dilakukan dengan cara pemberian perlakuan ganda. Perlakuan ganda ini diharapkan dapat melengkapi karakteristik fisikokimia pada pati dari masing-masing modifikasi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi ganda pada pati tapioka alami.

Dalam penelitian ini, modifikasi ganda terhadap pati dilakukan dengan modifikasi kimia, yaitu melalui reaksi asetilasi dan fosforilasi. Modifikasi ganda dengan asetilasi dan fosforilasi dipilih pada penelitian ini karena cocok dan aman digunakan dalam produk makanan (Cui, 2005). Selain itu, pada penelitian juga digunakan reagen asetat anhidrida sebagai reagen asetilasi dan reagen *sodium tripolyphosphate* sebagai reagen fosforilasi, dimana keduanya merupakan reagen yang aman dan tidak berbahaya jika disintesis untuk produk makanan dan *food thickener*. Dengan melakukan penggabungan asetilasi dan fosforilasi, dapat dihasilkan pati termodifikasi dengan stabilitas, viskositas, kejernihan pati, serta stabilitas pada penyimpanan suhu rendah yang lebih baik dibandingkan dengan pati hasil modifikasi tunggal (Cui, 2005).

1.2 Tema Sentral Masalah

Masih terbatasnya penelitian yang dilakukan dengan modifikasi ganda pati tapioka menggunakan reagen asetat anhidrida dan *sodium tripolyphosphate* (STPP). Serta masih terbatasnya penelitian mengenai faktor yang mempengaruhi modifikasi ganda pati tapioka, seperti

variasi rasio reagen STPP : berat pati dan pH reagen STPP terhadap nilai derajat substitusi (DS) dan karakteristik fungsional pati fosfat asetat.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tema sentral masalah yang telah dipaparkan, terdapat beberapa identifikasi masalah yang akan dikaji lebih lanjut, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh urutan tahapan modifikasi ganda baik secara asetilasi-fosforilasi dan fosforilasi-asetilasi terhadap nilai derajat substitusi dan sifat fungsional dari pati tapioka termodifikasi?
2. Bagaimana pengaruh rasio reagen STPP : berat pati terhadap nilai derajat substitusi dan sifat fungsional dari pati tapioka termodifikasi?
3. Bagaimana pengaruh pH reagen STPP terhadap nilai derajat substitusi dan sifat fungsional dari pati tapioka termodifikasi?

1.4 Premis

No	Bahan Baku	Perlakuan							Hasil	Sumber
		Modifikasi	Reagen Asetilasi	Reagen Fosforilasi	pH (A)	pH (F)	Waktu Reaksi (A)	Waktu Reaksi (F)		
1	Pati Tapioka	Asetilasi	4%, 6%, dan 8% (b/b) asetat anhidrida	-	8,0-8,4	-	10 menit	-	Nilai DS pati tapioka meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asetat anhidrida (0,041-0,076), peningkatan kekuatan mengembang serta kelarutan	Babic, dkk., (2007)
2	Pati Tapioka dan Pati Kentang	Asetilasi	6 g asetat anhidrida	-	8,0-8,4	-	10 dan 20 menit	-	Nilai DS pati kentang lebih tinggi dari pati tapioka (20 menit), nilai DS pati kentang yaitu 0,10-0,26 dan nilai DS pati tapioka yaitu 0,10-0,18	Mbougueng, dkk., (2012)
3	Pati Gandum dan Pati Jagung	Fosforilasi	-	15 g STPP	-	6,0-11,0	-	3 jam	Nilai DS pati jagung lebih tinggi daripada pati gandum (0,015 dan 0,012), Pada 5% STPP pH harus dijaga pada pH 10-11, Reaksi STPP dapat berlangsung pada pH 9 dan diatas 9	Lim dan Seib, (1993)

4	Pati Sagu	Fosforilasi	-	5% (b/b) STPP	-	6,0-11,0	-	3 jam	Nilai DS tertinggi yaitu pada pH 9, kejernihan pasta pati tertinggi yaitu pada pH 6	Muhammad, dkk., (1999)
5	Pati Kentang	Asetilasi-Fosforilasi	8% (b/b) asetat anhidrida	2,5% dan 5% (b/b) STPP	8,0-8,4	6,0-11,0	10 menit	3 jam	Viskositas pasta pati meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi reagen STPP yang digunakan, suhu dan entalpi gelatinisasi pati modifikasi ganda lebih rendah dari pati asli, modifikasi ganda menurunkan entalpi retrogradasi pati kentang, modifikasi ganda dengan %STPP lebih tinggi menurunkan entalpi gelatinisasi sebesar 50% dari pati asli	Muhamedbegovic, dkk., (2012)
6	Pati Sorgum	Fosforilasi-Asetilasi	2%, 4%, dan 6% (b/b) asetat anhidrida	3% (b/b) STMP:STPP	8,0-8,5	pH awal 11 ; pH akhir 6,5	60 menit	3 jam	Peningkatan derajat asetilasi (0,03-0,05) seiring peningkatan konsentrasi anhidrida asetat (2-6%), DS dan % kandungan asetil dari pati modifikasi ganda berkurang menjadi setengahnya dibandingkan dengan pati modifikasi tunggal	Mehboob, dkk., (2020)

7	Pati Aren	Asetilasi-Fosforilasi	5% (b/b) asetat anhidrida	2%, 4%, 6%, 8% dan 10% (b/b) STMP : STPP	8,0-8,5	pH awal 10 ; pH akhir 4,5	60 menit	30 menit	Pada konsentrasi rasio STMP:STPP 2%, 4%, 6%, dan 8% terjadi kenaikan viskositas tetapi pada konsentrasi 10% dan 12% terjadi penurunan viskositas	Rahim, dkk., (2019)
8	Pati Aren	Asetilasi-Fosforilasi	5% (b/b) asetat anhidrida	2%, 4%, 6%, 8% dan 10% (b/b) STMP : STPP	8,0-8,5	pH awal 10 ; pH akhir 4,6	60 menit	30 menit	Konsentrasi rasio STMP/STPP yang optimal adalah 6% b/b dengan % asetil 10,52% dan DS 0,48.	Rahim, dkk., (2021)

Keterangan :

A = Asetilasi

F = Fosforilasi

1.5 Hipotesis

Berdasarkan premis yang telah dipaparkan, terdapat beberapa hipotesis dalam penelitian ini, yaitu:

1. Semakin tinggi rasio reagen STPP : berat pati, nilai derajat substitusi pada pati akan semakin meningkat.
2. Semakin tinggi rasio reagen asetat anhidrida : berat pati, nilai derajat asetilasi akan semakin meningkat.
3. Semakin tinggi pH fosforilasi maka reaksi fosforilasi akan terjadi dengan lebih baik.
4. Pati hasil modifikasi ganda memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan pati dengan modifikasi tunggal.

1.6 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi modifikasi ganda asetilasi dan fosforilasi terhadap derajat substitusi serta sifat kimia dan sifat fungsional pati fosfat asetat, mengetahui pengaruh nilai derajat substitusi terhadap karakteristik produk pati fosfat asetat. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio reagen STPP : berat pati dan pH fosforilasi terhadap derajat substitusi serta sifat kimia dan sifat fungsional pati termodifikasi.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak seperti:

a. Pemerintah

Penelitian ini bermanfaat bagi pemerintah yaitu sebagai sumbangan pemikiran untuk lebih mengenali potensi sumber daya alam di Indonesia dan dapat melakukan studi lebih lanjut dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku dalam berbagai bidang industri, baik industri pangan ataupun non-pangan, dan terutama pada tanaman singkong.

b. Industri

Penelitian ini bermanfaat bagi industri yaitu sebagai sumber informasi mengenai pembuatan produk *food thickener* dari pati tapioka yang termodifikasi secara ganda,

sehingga hasil penelitian yang didapatkan dapat dikaji serta dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitasnya sebagai bahan *food thickener* pada industri pangan.

c. Mahasiswa

Penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa yaitu sebagai sumber informasi ilmiah dan referensi mengenai metode serta proses yang digunakan dalam pembuatan *food thickener* dari bahan baku pati tapioka yang termodifikasi secara ganda dan variabel-variabel proses yang mempengaruhinya untuk diteliti lebih lanjut.

d. Masyarakat

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat yaitu sebagai sumber informasi mengenai nilai guna dari pati tapioka sebagai bahan tambahan pangan dalam kehidupan sehari-hari sehingga masyarakat dapat menggunakannya dalam kebutuhan sehari-hari, serta masyarakat dapat membantu dalam pengembangan tanaman singkong yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku produk-produk pangan.