

# **STUDI AWAL SINTESIS DAN KARAKTERISASI PATI ASETAT FOSFAT DENGAN REAGEN ASETAT ANHIDRIDA DAN SODIUM TRIMETAFOFAT (STMP)**

## **Laporan Penelitian**

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

oleh :

**Elisabeth Priscilla Ayuningtyas Indrajanu**

(6141801095)

Pembimbing :

**Dr. Ir. Asaf Kleopas Sugih**

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



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

**2023**



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

## **LEMBAR PENGESAHAN**

Nama : Elisabeth Priscilla Ayuningtyas Indrajanu

NPM : 6141801095

Judul : Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Pati Asetat Fosfat dengan Reagen Asetat Anhidrida dan Sodium Trimetafosfat (STMP)

### **CATATAN :**

---

---

---

---

---

---

---

Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, 25 Januari 2023

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**

## **LEMBAR REVISI**

Nama : Elisabeth Priscilla Ayuningtyas Indrajanu

NPM : 6141801095

Judul : Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Pati Asetat Fosfat dengan Reagen Asetat Anhidrida dan Sodium Trimetafosfat (STMP)

### **CATATAN :**

---

---

---

---

---

---

---

Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, 25 Januari 2023

Penguji 1

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

Penguji 2

**Ariestya Arlene Arbita, S.T., M.T., Ph.D.**



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Elisabeth Priscilla Ayuningtyas Indrajana

NPM : 6141801095

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Pati Asetat Fosfat dengan Reagen Asetat Anhidrida dan Sodium Trimetafosfat (STMP)**

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, 25 Januari 2023



Elisabeth Priscilla Ayuningtyas Indrajana  
(6141801095)

## INTISARI

Pati tapioka merupakan pati yang berasal dari tanaman singkong dan merupakan pati yang paling banyak tumbuh di negara tropis khususnya di Indonesia. Pati dapat digunakan dalam berbagai macam industri pangan maupun non-pangan. Di dalam industri pangan, pati banyak digunakan sebagai salah satu bahan dasar *food thickener*. Namun, pati alami masih memiliki keterbatasan jika diaplikasikan di dalam industri pangan karena sifat-sifatnya yang belum memenuhi kriteria standar untuk bahan pangan. Modifikasi pada pati dapat meningkatkan sifat-sifat pada pati agar pati tersebut dapat digunakan lebih luas dalam industri pangan. Nilai ekonomi pada pati juga akan lebih tinggi jika sifat-sifatnya dimodifikasi melalui perlakuan fisik, kimia, atau kombinasi keduanya. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi kimia secara ganda, yaitu modifikasi asetilasi dan fosforilasi. Modifikasi ganda dapat meningkatkan sifat kimia dan fungsional pada pati alami, dan dapat menutupi kekurangan pada pati yang hanya dimodifikasi secara tunggal. Penggabungan modifikasi asetilasi dan fosforilasi akan menghasilkan pati dengan granula yang kuat agar tahan terhadap asam dan panas, serta meningkatkan stabilitas, viskositas, dan kemampuan mengembang pada pati.

Di dalam penelitian ini digunakan reagen asetat anhidrida untuk asetilasi dan sodium trimetafosfat (STMP) untuk fosforilasi. Penelitian ini akan dilakukan melalui dua prosedur percobaan, yaitu prosedur pendahuluan dan prosedur utama. Prosedur pendahuluan dilakukan dengan memvariasikan urutan tahap modifikasi asetilasi-fosforilasi dan fosforilasi-asetilasi secara duplo. Prosedur pendahuluan dilakukan sebanyak 4 tempuhan dengan menggunakan rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati sebesar 4% b/b pati dan pH reaksi fosforilasi sebesar 9. Prosedur utama dilakukan dengan memvariasikan rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati dan pH reaksi fosforilasi secara duplo. Prosedur utama dilakukan sebanyak 18 tempuhan dengan menggunakan rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati sebesar 2% , 4% , dan 6% b/b pati dan pH reaksi fosforilasi sebesar 8, 9, dan 10. Total tempuhan pada percobaan ini yaitu sebanyak 22 tempuhan.

Urutan modifikasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu secara asetilasi-fosforilasi. Modifikasi ini dipilih karena menghasilkan DS tertinggi dibandingkan dengan modifikasi secara fosforilasi-asetilasi. Hasil penelitian pada percobaan utama menunjukkan bahwa semakin besar rasion reagen sodium trimetafosfat (STMP) dan pH fosforilasi, maka nilai DS juga akan semakin besar. Kondisi terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu saat modifikasi dilakukan pada variasi rasio reagen STMP : berat pati sebesar 6% dan pH fosforilasi 10. Nilai DS yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki rentang dari 0,0348-0,0643, dimana rentang nilai DS yang dihasilkan sudah sesuai dengan syarat aman untuk digunakan sebagai bahan tambahan pangan. Selain itu sifat fungsional pati tapioka asetat fosfat seperti kelarutan, kemampuan mengembang, daya serap air, daya serap minyak, serta kejernihan yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan pati tapioka *native*, sehingga pati tapioka asetat fosfat dapat digunakan sebagai *food thickener*.

kata kunci : pati tapioka, asetilasi, fosforilasi, asetat anhidrida, STMP, pH fosforilasi

## ABSTRACT

Tapioca starch is starch derived from cassava plants and is the most widely grown starch in tropical countries, especially in Indonesia. Starch can be used in a variety of food and non-food industries. In the food industry, starch is widely used as a basic ingredient in food thickeners. However, natural starch still has limitations when applied in the food industry because its properties do not meet the standard criteria for food ingredients. Modification of starch can improve the properties of starch so that the starch can be used more widely in the food industry. The economic value of starch will also be higher if its properties are modified through physical, chemical or a combination of both. Therefore, in this study two chemical modifications will be carried out, namely acetylation and phosphorylation modifications. Double modification can improve the chemical and functional properties of natural starch, and can cover the deficiencies in starch which is only modified singly. The combination of acetylation and phosphorylation modifications will produce starch with strong granules to be resistant to acids and heat, as well as increase the stability, viscosity, and swelling ability of starch.

In this study, acetic anhydride reagent was used for acetylation and sodium trimetaphosphate (STMP) for phosphorylation. This study will be carried out through two experimental procedures, namely the preliminary procedure and the main procedure. The preliminary procedure was carried out by varying the sequence of acetylation-phosphorylation and phosphorylation-acetylation modification. The preliminary procedure was carried out for 4 times using the ratio of sodium trimetaphosphate reagent (STMP) : starch weight of 4% (w/w starch) and the pH of the phosphorylation reaction was 9. The main procedure was carried out for 18 passes using the ratio of sodium trimetaphosphate reagent (STMP) : starch weight of 2%, 4%, and 6% (w/w starch) and the pH of the phosphorylation reaction was 8, 9 and 10. The total runs in this experiment were 22 times.

The sequence of modifications used in this study is by acetylation-phosphorylation. This modification was chosen because it produced the highest DS compared to the phosphorylation-acetylation modification. The results of the research in the main experiment showed that the greater the ratio of sodium trimetaphosphate (STMP) reagent and the pH of phosphorylation, the greater the DS value. The best conditions produced in this study were when modifications were made to variations in the STMP reagent ratio: starch weight of 6% and phosphorylation pH of 10. The DS values generated in this study ranged from 0.0348 to 0.0643, where the range of DS values produced according to safe requirements for use as a food additive. In addition, the functional properties of tapioca acetate phosphate starch such as solubility, swelling ability, water absorption, oil absorption, and clarity produced are higher than native tapioca starch, so tapioca acetate phosphate starch can be used as a food thickener.

keywords : tapioca starch, acetylation, phosphorylation, acetic anhydride, STMP, pH phosphorylation

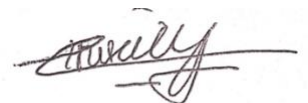
## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya penulis dapat Menyusun dan menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Pati Asetat Fosfat dengan Reagen Asetat Anhidrida dan Sodium Trimetafosfat (STMP)”. Proposal penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan proposal penelitian ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Asaf Kleopas Sugih, Ir. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan baik.
2. Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan baik.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan proposal penelitian.
4. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan proposal penelitian.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan proposal penelitian.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan karena adanya keterbatasan waktu dan kemampuan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga penulis dapat memperbaiki proposal penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap proposal penelitian ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, 25 Januari 2023



Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
INTISARI.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Premis .....	4
1.4 Hipotesis .....	7
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Bahan Tambahan Pangan .....	9
2.1.1 Bahan Pemanis .....	9
2.1.2 Bahan Pengawet .....	10
2.1.3 Bahan Perisa.....	10
2.1.4 Bahan Pewarna.....	10



2.1.5 Bahan Pengental sebagai Bahan Tambahan Pangan .....	11
2.2 Pengental Makanan ( <i>Food Thickener</i> ) .....	11
2.2.1 Bahan Dasar <i>Food Thickener</i> .....	11
2.2.1.1 Pektin .....	12
2.2.1.2 Agar.....	12
2.2.1.3 Gelatin .....	13
2.2.1.4 Karagenan .....	13
2.2.1.5 Pati sebagai Bahan Dasar <i>Food Thickener</i> .....	14
2.3 Pati.....	14
2.3.1 Struktur Pati .....	15
2.3.1.1 Amilosa .....	15
2.3.1.2 Amilopektin .....	16
2.3.2 Sifat Fisikokimia dan Fungsional Pati .....	16
2.3.2.1 Granula Pati.....	17
2.3.2.2 Gelatinasi Pati dan Retrogradasi Pati.....	17
2.3.2.3 Reologi Pati.....	18
2.3.2.4 Pasta Pati .....	18
2.3.3 Jenis-jenis Pati.....	19
2.3.3.1 Pati Jagung.....	19
2.3.3.2 Pati Gandum.....	19
2.3.3.3 Pati Sagu .....	20
2.3.3.4 Pati Kentang.....	20
2.3.3.5 Pati Tapioka .....	20
2.4 Tapioka sebagai Sumber Pati .....	21
2.4.1 Karakteristik Pati Tapioka.....	21

2.4.2 Cara Pembuatan Pati Tapioka .....	22
2.5 Modifikasi Pati .....	23
2.5.1 Modifikasi Pati Secara Fisika.....	23
2.5.1.1 Pregelatinasi.....	23
2.5.1.2 <i>Heat-Moisture Treatment</i> .....	24
2.5.1.3 <i>Annealing</i> .....	24
2.5.1.4 Ekstrusi.....	24
2.5.2 Modifikasi Pati Secara Kimia .....	25
2.5.2.1 Oksidasi.....	25
2.5.2.2 Eterifikasi .....	25
2.5.2.3 Esterifikasi .....	26
2.6 Modifikasi Ganda .....	29
2.6.1 Asetilasi dengan Asetat Anhidrida.....	30
2.6.2 Fosforilasi dengan Sodium Trimetafosfat (STMP).....	31
2.6.3 Sintesis Pati Asetilasi-Fosforilasi.....	32
BAB III BAHAN DAN METODE.....	35
3.1 Bahan Penelitian .....	35
3.1.1 Bahan Utama.....	35
3.1.2 Bahan Analisis .....	35
3.2 Peralatan .....	36
3.2.1 Peralatan Utama .....	36
3.2.2 Peralatan Analisis .....	37
3.3 Prosedur Percobaan .....	38
3.3.1 Percobaan Pendahuluan .....	39
3.3.1.1 Prosedur Fosforilasi-Asetilasi .....	39

3.3.1.2	Prosedur Asetilasi-Fosforilasi .....	41
3.3.2	Percobaan Utama .....	43
3.3.2.1	Prosedur Fosforilasi-Asetilasi .....	43
3.3.2.2	Prosedur Asetilasi-Fosforilasi .....	45
3.4	Analisis Bahan Baku Pati Tapioka .....	47
3.4.1	Analisis Kadar Karbohidrat.....	47
3.4.2	Analisis Kadar Protein .....	47
3.4.3	Analisis Kadar Lemak.....	48
3.4.4	Analisis Kadar Air.....	48
3.4.5	Analisis Kadar Abu .....	48
3.5	Analisis Produk Pati .....	49
3.5.1	Analisis Sifat Kimia .....	49
3.5.2	Analisis Sifat Fungsional .....	50
3.5.2.1	Analisis Kemampuan Mengembang dan Kelarutan.....	50
3.5.2.2	Analisis Kejernihan Pasta .....	51
3.5.2.3	Analisis Daya Serap Air dan Minyak .....	51
3.6	Rancangan Percobaan Penelitian.....	51
3.7	Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian.....	52
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>54</b>
4.1	Karakterisasi Pati Tapioka .....	54
4.2	Percobaan Pendahuluan .....	55
4.3	Percobaan Utama .....	56
4.3.1	Analisis Sifat Kimia Pati Tapioka Asetat Fosfat.....	57
4.3.2	Analisis Sifat Fungsional Pati Tapioka Asetat Fosfat.....	59
4.3.2.1	Analisis Kelarutan dan Kemampuan Mengembang.....	59

4.3.2.2 Analisis Daya Serap Air dan Minyak .....	62
4.3.2.3 Analisis Kejernihan Pasta .....	64
4.4 Kondisi Terbaik Penelitian .....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS.....	73
A.1 Prosedur Analisis Bahan Baku Pati .....	73
A.1.1 Analisis Kadar Karbohidrat .....	73
A.1.1.1 Prosedur Pembuatan Eluen .....	73
A.1.1.2 Prosedur Pembuatan Kurva Standar .....	73
A.1.1.3 Prosedur Analisis Karbohidrat.....	74
A.1.2 Analisis Kadar Protein.....	75
A.1.2.1 Tahap Destruksi .....	75
A.1.2.2 Tahap Distilasi .....	76
A.1.2.3 Standarisasi Larutan HCl 0,02 N .....	77
A.1.2.4 Titrasi Distilat dengan HCl 0,02 N Standar.....	77
A.1.2.5 Titrasi Blanko .....	78
A.1.3 Analisis Kadar Lemak .....	79
A.1.4 Analisis Kadar Air .....	79
A.1.5 Analisis Kadar Abu.....	80
A.2 Prosedur Analisis Produk Pati.....	81
A.2.1 Analisis Derajat Substitusi.....	81
A.2.1.1 Derajat Substitusi Asetat.....	81

A.2.1.2	Derajat Substitusi Fosfat .....	82
A.2.2	Analisis Kemampuan Mengembang dan Kelarutan .....	83
A.2.3	Analisis Kejernihan Pasta pati .....	84
LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEETS .....		85
B.1	Sodium Trimetafosfat (STMP) ( $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ).....	85
B.2	Asetat Anhidrida ( $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ).....	86
B.3	Natrium Hidroksida (NaOH).....	87
B.4	Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) .....	88
B.5	Asam klorida (HCl) .....	89
B.6	Kalium Sulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) .....	90
B.7	Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	91
B.8	Merkuri II Oksida ( $\text{HgO}$ ).....	92
B.9	Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).....	93
B.10	Asam Borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) .....	94
B.11	Indikator Metilen Blue .....	95
B.12	Indikator Metilen Red.....	96
B.13	Indikator Phenolphthalein (PP) .....	97
B.14	Heksana .....	98
B.15	Indikator Vanadate-molybdate .....	99
LAMPIRAN C DATA ANTARA.....		101
C.1	Hasil Analisis Bahan Baku Pati Tapioka .....	101
C.2	Hasil Analisis Gugus Asetil dan Nilai DS Asetilasi .....	101
C.3	Hasil Analisis Gugus Fosfat dan Nilai DS Fosforilasi .....	102
C.4	Hasil Analisis Gugus Asetil dan Nilai DS Gabungan .....	102
C.5	Hasil Analisis Kelarutan.....	103

C.6 Hasil Analisis Kemampuan Mengembang .....	103
C.6 Hasil Analisis Daya Serap Air .....	104
C.7 Hasil Analisis Daya Serap Minyak .....	104
C.8 Hasil Analisis Kejernihan Pasta Pati .....	105
LAMPIRAN D GAMBAR.....	106
D.1 Kurva Derajat Substitusi Gabungan.....	106
D.2 Grafik Pengaruh Nilai Derajat Substitusi terhadap Kelarutan .....	106
D.3 Grafik Pengaruh Nilai Derajat Substitusi terhadap Kemampuan Mengembang .....	107
D.4 Grafik Pengaruh Nilai Derajat Substitusi terhadap Daya Serap Air .....	107
D.5 Grafik Pengaruh Nilai Derajat Substitusi terhadap Daya Serap Minyak.....	108
D.6 Grafik Pengaruh Nilai Derajat Substitusi terhadap Kejernihan Pasta.....	108
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN .....	109
E.1 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Lemak .....	109
E.2 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Protein.....	109
E.3 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Abu .....	109
E.4 Contoh Perhitungan Analisis Kadar Karbohidrat.....	110
E.5 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Asetat .....	110
E.6 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Fosfat .....	111
E.7 Contoh Perhitungan Analisis Derajat Substitusi Gabungan .....	111
E.8 Contoh Perhitungan Analisis Kelarutan .....	111
E.9 Contoh Perhitungan Analisis Kemampuan Mengembang .....	112
E.10 Contoh Perhitungan Analisis Daya Serap Air .....	112
E.11 Contoh Perhitungan Analisis Daya Serap Minyak.....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produksi Pati Komersial di Dunia pada Tahun 2003.....	2
Tabel 1.2 Rata-Rata Perkembangan Produksi Singkong tahun 1980-2016.....	2
Tabel 2.1 Aplikasi Pati di dalam Industri .....	14
Tabel 2.2 Ukuran dan Bentuk Granula Pati .....	17
Tabel 2.3 Perbandingan Komposisi Pati Tapioka dengan Jenis Pati yang Lain .....	21
Tabel 2.4 Suhu gelatinasi, kemampuan mengembang, dan kelarutan beberapa jenis pati .....	22
Tabel 2.5 Spesifikasi Alami Pati Tapioka.....	23
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Awal .....	52
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Utama .....	52
Tabel 3.3 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian .....	53
Tabel 4.1 Hasil Analisis Bahan Baku Pati Tapioka .....	54
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Pendahuluan .....	55
Tabel 4.3 Hasil Derajat Substitusi Asetat Fosfat .....	57
Tabel 4.4 Hasil Analisis Kelarutan Pati Tapioka Asetat Fosfat.....	60
Tabel 4.5 Hasil Analisis Kemampuan Mengembang Pati Tapioka Asetat Fosfat .....	60
Tabel 4.6 Hasil Analisis Daya Serap Air Pati Tapioka Asetat Fosfat .....	62
Tabel 4.7 Hasil Analisis Daya Serap Minyak Pati Tapioka Asetat Fosfat .....	62
Tabel 4.8 Hasil Analisis Kejernihan Pasta Pati Tapioka Asetat Fosfat .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Pektin .....	12
Gambar 2.2 Struktur Agar.....	12
Gambar 2.3 Struktur $\kappa$ - karagenan, $\iota$ - karagenan, dan $\lambda$ - karagenan.....	13
Gambar 2.4 Struktur Amilosa.....	15
Gambar 2.5 Struktur Amilopektin .....	16
Gambar 2.6 Reaksi Pati Suksinat.....	27
Gambar 2.7 Reaksi Pati Fosfat.....	27
Gambar 2.8 Reaksi Pati Asetat .....	28
Gambar 2.9 Mekanisme Reaksi Asetilasi .....	32
Gambar 2.10 Reaksi Fosforilasi dengan reagen Natrium Trimetafosfat (STMP) .....	34
Gambar 3.1 Percobaan Pendahuluan Prosedur Fosforilasi-Asetilasi; (a) Prosedur Fosforilasi....	39
Gambar 3.2 Percobaan Pendahuluan Prosedur Fosforilasi-Asetilasi; (b) Prosedur Asetilasi.....	40
Gambar 3.3 Percobaan Pendahuluan Prosedur Asetilasi-Fosforilasi; (a) Prosedur Asetilasi.....	41
Gambar 3.4 Percobaan Pendahuluan Prosedur Asetilasi-Fosforilasi; (b) Prosedur Fosforilasi....	42
Gambar 3.5 Percobaan Utama Prosedur Fosforilasi-Asetilasi; (a) Prosedur Fosforilasi.....	43
Gambar 3.6 Percobaan Utama Prosedur Fosforilasi-Asetilasi; (b) Prosedur Asetilasi.....	44
Gambar 3.7 Percobaan Utama Prosedur Asetilasi-Fosforilasi; (a) Prosedur Asetilasi.....	45
Gambar 3.8 Percobaan Utama Prosedur Asetilasi-Fosforilasi; (b) Prosedur Fosforilasi.....	46
Gambar 4.1 Pengaruh Rasio Reagen STMP dan pH Fosforilasi terhadap Nilai Derajat Substitusi Gabungan .....	58



Gambar 4.2 Perbandingan Nilai DS Pati Tapioka Asetat Hasil Analisis dan Hasil Penjumlahan	58
Gambar 4.3 Pengaruh Nilai DS terhadap Kelarutan .....	60
Gambar 4.4 Pengaruh Nilai DS terhadap Kemampuan Mengembang .....	61
Gambar 4.5 Pengaruh Nilai DS terhadap Daya Serap Air .....	63
Gambar 4.6 Pengaruh Nilai DS terhadap Daya Serap Minyak.....	63
Gambar 4.7 Pengaruh Nilai DS terhadap Kejernihan Pasta Pati .....	65
Gambar A.1 Prosedur Pembuatan Eluen .....	73
Gambar A.2 Prosedur Pembuatan Kurva Standar.....	73
Gambar A.3 Prosedur Analisis Kadar Karbohidrat .....	74
Gambar A.4 Tahap Destruksi Protein .....	75
Gambar A.5 Tahap Distilasi Protein.....	76
Gambar A.6 Prosedur Standarisasi Larutan HCl .....	77
Gambar A.7 Prosedur Titrasi Distilat dengan HCl .....	77
Gambar A.8 Prosedur Titrasi Distilat dengan Blanko .....	78
Gambar A.9 Prosedur Analisis Kadar Lemak.....	79
Gambar A.10 Prosedur Analisis Kadar Air .....	79
Gambar A.11 Prosedur Analisis Kadar Abu.....	80
Gambar A.12 Analisis Derajat Substitusi Asetilasi .....	81
Gambar A.13 Analisis Derajat Substitusi Fosforilasi .....	82
Gambar A.14 Prosedur Analisis Kekuatan Mengembang dan Kelarutan Pati .....	83
Gambar A.15 Prosedur Analisis Kejernihan Pasta Pati .....	84

Gambar A.16 Prosedur Analisis Daya Serap Air dan Minyak ..... 84

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pati merupakan salah satu cadangan sumber energi yang dapat ditemukan di dalam bagian-bagian tanaman seperti umbi (ubi kayu, ubi jalar), biji (gandum, jagung), batang (sagu), dan buah. Selain sebagai cadangan sumber energi, pati juga merupakan salah satu bahan dasar yang digunakan sebagai bahan tambahan pangan yaitu *food thickener*. Keuntungan pati sebagai bahan dasar *food thickener* yaitu harganya murah, jumlahnya sangat banyak, dan tidak memberikan perubahan rasa yang signifikan jika digunakan pada konsentrasi rendah (2-5%) (Saha & Bhattacharya, 2010).

Sebagai sumber karbohidrat, ubi kayu merupakan penghasil kalori terbesar yaitu 160 kkal per 100 g, dibandingkan dengan tanaman lain seperti jagung, beras, sorgum, gandum (Khairul Akbar & Febriani, 2019). Ubi kayu merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak ditemukan di daerah tropis khususnya Indonesia dan merupakan bahan pokok produksi pati tapioka (Krishnakumar, 2019). Pati tapioka menempati urutan ke-2 sebagai jenis pati yang paling banyak di produksi di seluruh dunia. Produksi berbagai jenis pati di seluruh dunia pada tahun 2003 dapat dilihat pada tabel 1.1 (BeMiller, 2010). Perkembangan produksi ubi kayu di Indonesia pada tahun 1980-2016 secara umum mengalami peningkatan. Rata-rata perkembangan produksi singkong di Jawa, luar Jawa, dan Indonesia pada tahun 1980-2016 dapat dilihat pada tabel 1.2 (Kementerian Pertanian, 2016). Peningkatan produksi singkong tersebut tentunya akan berdampak pada peningkatan produksi pati tapioka. Untuk memanfaatkan produksi pati tapioka yang meningkat, penelitian ini akan digunakan dengan menggunakan bahan dasar pati tapioka.

**Tabel 1.1** Produksi Pati Komersial di Dunia pada Tahun 2003  
(BeMiller, 2010)

Sumber	Kentang	Gandum	Tapioka	Jagung
Produksi ( $10^6$ ton/tahun)	2,49	4,9	7,5	45,8
Negara yang memproduksi	Belanda	Amerika	Prancis	Thailand
	Jerman	Jepang	Jerman	Indonesia
	Prancis	China	Amerika	Brazil
	China	Korea Selatan	China	China

**Tabel 1.2** Rata-Rata Perkembangan Produksi Singkong tahun 1980-2016  
(Kementrian Pertanian, 2016)

Wilayah	Tahun	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ton)	Produktivitas (Ku/Ha)
Jawa	1980-2016	672.555	9.735.125	152.25
	2011-2016	467.079	10.491.705	225.6
Luar Jawa	1980-2016	544.536	7.880.657	142.7
	2011-2016	536.190	12.327.779	230.43
Indonesia	1980-2016	1.217.091	17.615.781	147.9
	2011-2016	1.003.269	22.819.484	228.16

Tapioka merupakan pati yang berasal dari ubi kayu dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan atau bahan pembantu industri non-pangan. Namun, pemanfaatan tapioka asli ini masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimia tapioka yang kurang stabil untuk digunakan secara luas (Herawati dkk., 2012). Pati alami membutuhkan waktu yang lama serta energi yang tinggi dalam pemasakan. Selain itu, pasta pada pati alami yang terbentuk keras dan tidak bening. Sifat dari pati alami juga terlalu lengket dan tidak tahan dengan asam. Kendala-kendala tersebut menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul serta sifat-sifat dari pati agar dihasilkan pati yang diinginkan. Nilai ekonomi tapioka juga akan lebih tinggi jika sifat-sifatnya dimodifikasi melalui perlakuan fisik, kimia, atau kombinasi keduanya (Artiani dkk., 2009).Maka dari itu, dalam penelitian ini, pati tapioka alami akan dimodifikasi agar cakupan penggunaannya lebih luas.

Pada penelitian ini, modifikasi pati dilakukan secara kimia ganda, yaitu melalui reaksi asetilasi dan fosforilasi dengan menggunakan reagen asetat anhidrida dan sodium trimetafosfat. Digunakan reagen asetat anhidrida dan sodium trimetafosfat karena reagen ini aman jika diaplikasikan di dalam produk pangan. Penggunaan reagen ini dalam modifikasi dapat mengubah struktur pati menjadi lebih kuat, serta dapat memperbaiki sifat reologi dan menstabilkan viskositas pasta. Pati yang dimodifikasi secara ganda dengan asetilasi dan fosforilasi akan menghasilkan produk dengan kemampuan kelarutan, kestabilan, absorpsi air dan minyak lebih yang tinggi dibandingkan dengan pati modifikasi tunggal sehingga cocok untuk dijadikan sebagai agen pengental makanan (*food thickener*) (Rahim dkk., 2020).

### 1.1 Tema Sentral Masalah

Masih terbatasnya penelitian mengenai modifikasi ganda menggunakan reagen asetat anhidrida dan sodium trimetafosfat (STMP) pada pati tapioka. Serta masih terbatasnya penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi modifikasi ganda pati tapioka dengan reagen asetat anhidrida dan sodium trimetafosfat (STMP), seperti variasi rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati dan pH reaksi fosforilasi terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dari pati.

### 1.2 Identifikasi Masalah

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

- Bagaimana pengaruh urutan tahap modifikasi ganda baik secara asetilasi-fosforilasi dan fosforilasi-asetilasi terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dalam sintesis pati termodifikasi dari pati tapioka?
- Bagaimana pengaruh variasi rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dalam sintesis pati termodifikasi dari pati tapioka?
- Bagaimana pengaruh pH reaksi *cross-linking* terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dalam sintesis pati termodifikasi dari pati tapioka?

### 1.3 Premis

Sumber	Bahan Baku	Modifikasi	Perlakuan								Hasil
			Reagen		Temperatur		Waktu		pH		
			Fosforilasi	Asetilasi	Fosforilasi	Asetilasi	Fosforilasi	Asetilasi	Fosforilasi	Asetilasi	
Mbougueng, (2012)	Pati Tapioka dan Pati Kentang	Asetilasi	-	Asetat Anhidrida (6% b/b)	-	25°C	-	10 menit dan 20 menit	-	8,0-8,4	a. Nilai DS pada pati kentang lebih tinggi dibandingkan pada pati tapioka b. Nilai DS pada pati kentang berkisar antara 0,01-0,26, sedangkan pada pati tapioka berkisar antara 0,10-0,198
Babic, (2007)	Pati Tapioka	Asetilasi	-	Asetat Anhidrida (4%,6%, dan 8% b/b)	-	25°C	-	10 menit	-	8,0-8,4	a.Nilai DS meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi asetat anhidrida b.DS berkisar antara 0,041-0,076 c.Kekuatan mengembang dan kelarutan pati meningkat
Lim, (1993)	Pati Jagung dan Pati Gandum	Fosforilasi	STMP (6% b/b)	-	40°C	-	2 jam	-	8-10	-	Kejernihan pasta, stabilitas, dan kemampuan mengembang paling baik berada pada pH 9
Varavinit, (2003)	Pati Tapioka	Fosforilasi	STMP (5% b/b)	-	25°C	-	3 jam	-	6,5	-	a.Nilai DS yang dihasilkan sebesar 0,05 b. Memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi dibandingkan pati asli c. Kristalisasi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan pati asli
Koo dkk., (2010)	Pati Jagung	Fosforilasi	STMP dan STPP	-	45°C	-	3 jam	-	11,0	-	a. Nilai DS meningkat seiring meningkatnya konsentrasi reagen

			99:1 (5%,10% , dan 12% b/b)								b. Kejernihan pasta menurun seiring meningkatnya konsentrasi reagen
Wongsagons up dkk., (2014)	Pati Tapioka	Fosforila si	STMP dan STPP 99:1 (0,25%,0 ,5%, 1%, 1,5%, 2%, 4%, dan 6% b/b)	-	45°C	-	3 jam	-	11,0	-	a. Nilai DS meningkat seiring meningkatnya konsentasi reagen cross-linking
Fan dkk., (2019)	Pati Tapioka	Fosforila si dan Asetilasi	STMP (6% b/b)	Asetat Anhidrida (5%, 10%, dan 25% b/b)	37°C	20°C	2,5; 3; dan 4 jam	10 menit	9,0-10,0	8,0-8,5	a.Dihasilkan pasting temperatur yang lebih rendah b.Stabilitas panas yang lebih tinggi c.Kapasitas pembentuk gel yang lebih tinggi
Rahim dkk., (2020)	Pati Aren	Asetilasi dan Fosforila si	STMP dan STPP 99:1 (2%,4%, 6%,8%,	Asetat Anhidrida (5% b/b)	25°C	25°C	30 menit	1 jam	10,5	8,0-8,5	a. DS tertinggi pada konsentrasi STMP dan STPP sebesar 6% b/b b. DS berkisar antara 0,03-0,57 c. Meningkatnya kemampuan mengembang d. Peningkatan amilosa yang menyebabkan stabilitas meningkat

			10% dan 12% b/b)									
Mehboob dkk., (2020)	Pati Sorgum	Fosforila si dan Asetilasi	STMP dan STPP 99:1 (3% b/b)	Asetat Anhidrida (2%,4%,6 % b/b)	45°C	25°C	3 jam	1 jam	11,0	8,0-8,5	a. DS meningkat b. DS asetilasi berkisar antara 0,03-0,05, sedangkan DS fosforilasi berkisar antara 0,26-0,48 b.Meningkatnya kemampuan mengembang	



## 1.4 Hipotesis

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

- a. Pati hasil modifikasi ganda memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan pati hasil modifikasi tunggal.
- b. Semakin tinggi rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati, nilai derajat substitusi juga akan semakin meningkat.
- c. Semakin tinggi pH reaksi fosforilasi, nilai derajat substitusi juga akan semakin meningkat.

## 1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui pengaruh rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dalam sintesis pati termodifikasi dari pati tapioka.
- b. Mengetahui pengaruh pH reaksi fosforilasi terhadap sifat kimia dan sifat fungsional dalam sintesis pati termodifikasi dari pati tapioka.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk:

- a. Industri Pangan

Penelitian ini bermanfaat bagi industri-industri pangan yaitu karena dengan dilakukannya modifikasi ganda secara asetilasi dan fosforilasi terhadap pati tapioka akan menghasilkan pati asetat fosfat yang mana bahan tersebut dapat digunakan sebagai *food thickener* atau bahan pengental yang biasanya digunakan dan ditambahkan ke dalam produk makanan.

- b. Pemerintah

Penelitian ini bermanfaat bagi pemerintah yaitu sebagai ide pemikiran bahwa Indonesia memiliki Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah, terutama pada tanaman singkong, sehingga pemerintah dapat memberikan bantuan untuk mengembangkan potensi alam tersebut agar memberikan keuntungan bagi negara.

c. Mahasiswa

Penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa yaitu sebagai referensi pada penelitian selanjutnya tentang modifikasi ganda pati tapioka dengan metode asetilasi dan *cross-linking* menjadi *food thickener*, serta faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses modifikasi tersebut, seperti rasio reagen sodium trimetafosfat (STMP) : berat pati dan pH reaksi fosforilasi.

d. Masyarakat

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat yaitu sebagai informasi tentang pentingnya pati tapioka sebagai bahan tambahan pangan yaitu *food thickener* dalam kehidupan sehari-hari, sehingga masyarakat dapat membantu dalam pengembangan tanaman singkong.