



**APLIKASI NANOPARTIKEL PATI JAGUNG HASIL  
FOTOOKSIDASI OLEH SINAR UV-C SEBAGAI  
PENSTABIL *PICKERING EMULSION***

**SKRIPSI**

Oleh

**SOFIN MURDIANA AGUSTIN**

**141710101111**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**APLIKASI NANOPARTIKEL PATI JAGUNG HASIL  
FOTOOKSIDASI OLEH SINAR UV-C SEBAGAI  
PENSTABIL *PICKERING EMULSION***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Hasil  
Pertanian (S1) dan meraih gelar Sarjana Teknologi Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Oleh

**SOFIN MURDIANA AGUSTIN**

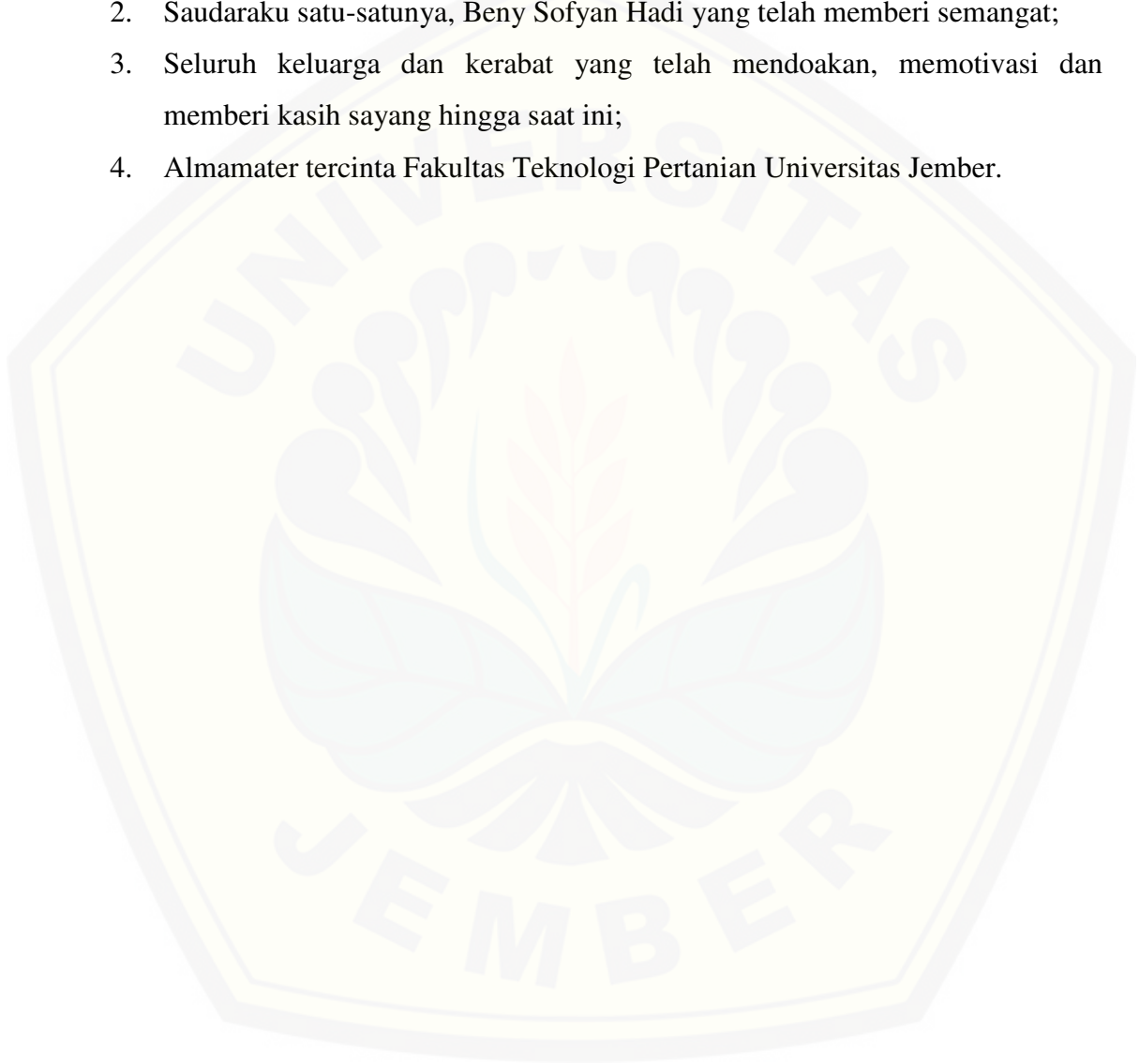
**141710101111**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih kepada :

1. Ayahanda Ahmad Agus Saeri dan Ibunda Hamidah yang sangat aku cintai, terima kasih atas doa dan dukungan yang selalu diberikan;
2. Saudaraku satu-satunya, Beny Sofyan Hadi yang telah memberi semangat;
3. Seluruh keluarga dan kerabat yang telah mendoakan, memotivasi dan memberi kasih sayang hingga saat ini;
4. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



**MOTTO**

“Bersabarlah kamu, kuatkanlah kesabaranmu, tetaplah bersiap siaga dan bertaqwa kepada Allah supaya kamu beruntung”

(Ali Imran: 200)

*“Dalam meraih kesuksesan, kemauanmu untuk sukses harus lebih besar dari ketakutanmu akan kegagalan”*

**(Bill Cosby)**



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Sofin Murdiana Agustin

NIM : 141710101111

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "**Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi oleh Sinar UV-C sebagai Penstabil Pickering Emulsion**" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Agustus 2018  
Yang menyatakan



Sofin Murdiana Agustin  
NIM 141710101111

**PENGESAHAN**


Skripsi berjudul “Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi oleh Sinar UV-C sebagai Penstabil *Pickering Emulsion*” karya Sofin Murdiana Agustin, NIM 141710101111 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :


hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama


Dosen Pembimbing Anggota

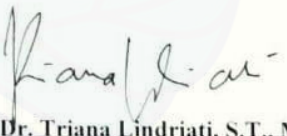
  
**Dr. Ir. Javus**  
NIP. 196805161992031004

  
**Dr. Maria Belgis, S.TP., M.P**  
NIDN. 0027127806


Penguji Utama

Penguji Anggota

  
**Ir. Givarto M.Sc**  
NIP. 196607181993031013

  
**Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P**  
NIP. 196808141998032001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

  
**Dr. Siswono Sockarno, S.TP., M.Eng**  
NIP. 196809231994031009



## RINGKASAN

**Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi oleh Sinar UV-C sebagai Penstabil *Pickering Emulsion***; Sofin Murdiana Agustin, 141710101111; 2018: 66 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Nanopartikel pati jagung memiliki peranan sebagai *pickering emulsion* dalam bidang industri pangan, tetapi teknologi pembuatan nanopartikel pati yang sudah ada masih menghasilkan ukuran partikel yang cenderung beragregasi membentuk senyawa berukuran mikrometer. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan penggunaan metode atau teknik fotooksidasi berupa irradiasi sinar UV-C dan penambahan oksidator  $H_2O_2$  dalam pembuatan nanopartikel pati jagung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu fotooksidasi terhadap karakteristik fisik dan fungsional pati jagung sehingga dapat diaplikasikan sebagai penstabil *pickering emulsion* dalam industri pangan.

Pembuatan nanopartikel pati jagung dilakukan dengan fotooksidasi sinar UV-C dan penambahan oksidator  $H_2O_2$ . Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu lama waktu fotooksidasi yang terdiri atas 5 taraf (0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 jam). Masing-masing taraf diulang sebanyak tiga kali dengan parameter analisis meliputi uji distribusi ukuran, nilai WHC dan OHC. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan ditampilkan dalam bentuk diagram. Hasil analisis data yang menunjukkan beda nyata dilakukan uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan New Multiple Range Test*) pada taraf signifikansi 5%. Sifat pati jagung hasil fotooksidasi dibandingkan dengan pati jagung komersial sebagai kontrol. Sampel pati jagung selanjutnya diuji pada sistem emulsi *oil in water* (o/w) yang meliputi *Creaming Index* (CI) dan *Emulsifying Activity* (EA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu fotooksidasi berpengaruh nyata terhadap ukuran partikel, WHC dan OHC pati jagung. Peningkatan lama waktu fotooksidasi menghasilkan ukuran partikel lebih kecil, tetapi nilai WHC dan OHC lebih besar. Fotooksidasi dengan sinar UV-C dalam waktu lebih lama dapat menghasilkan intensitas radikal bebas lebih banyak yang mampu mengoksidasi dan mendegradasi pati hingga berukuran lebih kecil dan luas permukaan lebih besar. Akibatnya partikel pati jagung memiliki kemampuan dalam menahan minyak dan air.

Fotooksidasi selama 2 jam pada pati jagung menghasilkan partikel berukuran kecil (143,10 nm) yang memiliki nilai WHC (1,55 g/g) dan OHC (1,12 g/g) yang lebih tinggi dibandingkan partikel hasil fotooksidasi dengan waktu yang lebih singkat. Walaupun demikian, perlakuan fotooksidasi dengan waktu lebih dari 2 jam menghasilkan partikel yang lebih besar dengan penurunan nilai WHC dan OHC. Aplikasi pati jagung hasil fotooksidasi selama 2 jam pada sistem *pickering* emulsi menunjukkan nilai *Creaming Index* (CI) terendah (5,62%) teramati pada emulsi dengan konsentrasi minyak 45%. Demikian pula, nilai *Emulsifying Activity* (EA)nya tertinggi (90%) dihasilkan pada emulsi dengan konsentrasi minyak 45%.



## SUMMARY

**Application of Corn Starch Nanoparticles Photo-oxidized by UV-C Rays as a Stabilizer for Pickering Emulsion;** Sofin Murdiana Agustin, 141710101111; 2018: 66 pages; Department of Agricultural Product Technology Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Corn starch nanoparticles is one of the agricultural commodities that have a role as pickering emulsion in the food industry, but the existing starch nanoparticles manufacturing technology still produces particle sizes that tend to aggregate to form micrometer sizes. The effort that can be done to resolve the problem is using photo-oxidation methods or technique with UV-C rays and addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidizer in the manufacture of corn starch nanoparticles. The purpose of this study was to determine the effect of photo-oxidation time on the physical and functional characteristics of corn starch so it can be applied as a stabilizer for pickering emulsion in the food industry.

The manufacture of corn starch nanoparticles was performed by photo-oxidation with UV-C rays and the addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidizer. This research used Completely Randomized Design (CRD) with single factor was photo-oxidation time, consisted of 5 levels (0.5; 1; 1.5; 2; and 2.5 hours). Each level was repeated three times with the analysis parameters included test of size distribution, WHC and OHC values. The results of the research data were analyzed using ANOVA (Analysis of Variant) and was shown by diagram. The resulted data which showed un-significance value were tested using DMRT (Duncan New Multiple Range Test) at 5% significance level. The properties of corn starch as a result of photo-oxidation were compared with commercial corn starch as a control. Corn starch sample was tested on oil in water (O/W) emulsion system which included Creaming Index (CI) and Emulsifying Activity (EA).

The results of the research showed that photo-oxidation time had significant effect on particle size, WHC and OHC value of corn starch. The increased of

photo-oxidation time, generated a smaller particle size but WHC and OHC value were greater. Photo-oxidation by UV-C rays in longer time can produced more free radical intensity which capable of oxidized and degraded starch particles to a smaller size with large surface area. As a result, corn starch particles had the ability to held oil and water.

Two hour photo-oxidations in corn starch produced small particles (143.10 nm), higher WHC (1.55 g / g) and OHC (1.12 g / g) values compared with the shorter time photo-oxidation. However, the used of more than 2 hours photo-oxidation time can reduced WHC and OHC values and increased particle size. The application of corn starch in the emulsion system showed that emulsion with 45% oil concentration had the lowest value (5.62%) of Creaming Index (CI). Similarly, the highest Emulsifying Activity (EA) value (90%) was produced in emulsions with 45% oil concentrations.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi oleh Sinar UV-C sebagai Penstabil *Pickering Emulsion*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Jayus selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan sebagai Dosen Pembimbing Utama (DPU) saya yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan selalu memberi motivasi;
3. Dr. Maria Belgis S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) serta Ibu Niken Widya Palupi S.TP., M.Sc yang telah memberikan bimbingan, perhatian serta arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini;
4. Ir. Giyarto M.Sc dan Dr. Triana Lindriati S.T., M.P selaku tim penguji, atas saran dan evaluasi demi perbaikan penulisan skripsi;
5. Orang tua dan keluarga besar yang telah memberi doa serta dukungan tiada henti;
6. Seluruh staff dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran dan motivasi selama perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi;
7. Jajaran staf Laboratorium RPPHP Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada dan staf laboratorium CDAST Universitas Jember yang telah berbaik hati membantu selama pelaksanaan penelitian;

8. Rekan satu tim penelitian, Vindy Julian Try Kurniawan dan Izzatul Qani'ah, terimakasih atas keberadaan kalian sebagai penyemangat selama pelaksanaan penelitian ini, saya sangat menyayangi kalian;
9. THP-C dan PSM *Symphony Choir*, keluargaku tersayang dimana menjadi tempatku mendapatkan banyak pengalaman yang sangat berharga;
10. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa dan persahabatan
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga penulisan ini selanjutnya menjadi lebih baik. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi berbagai pihak.

Jember, 31 Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

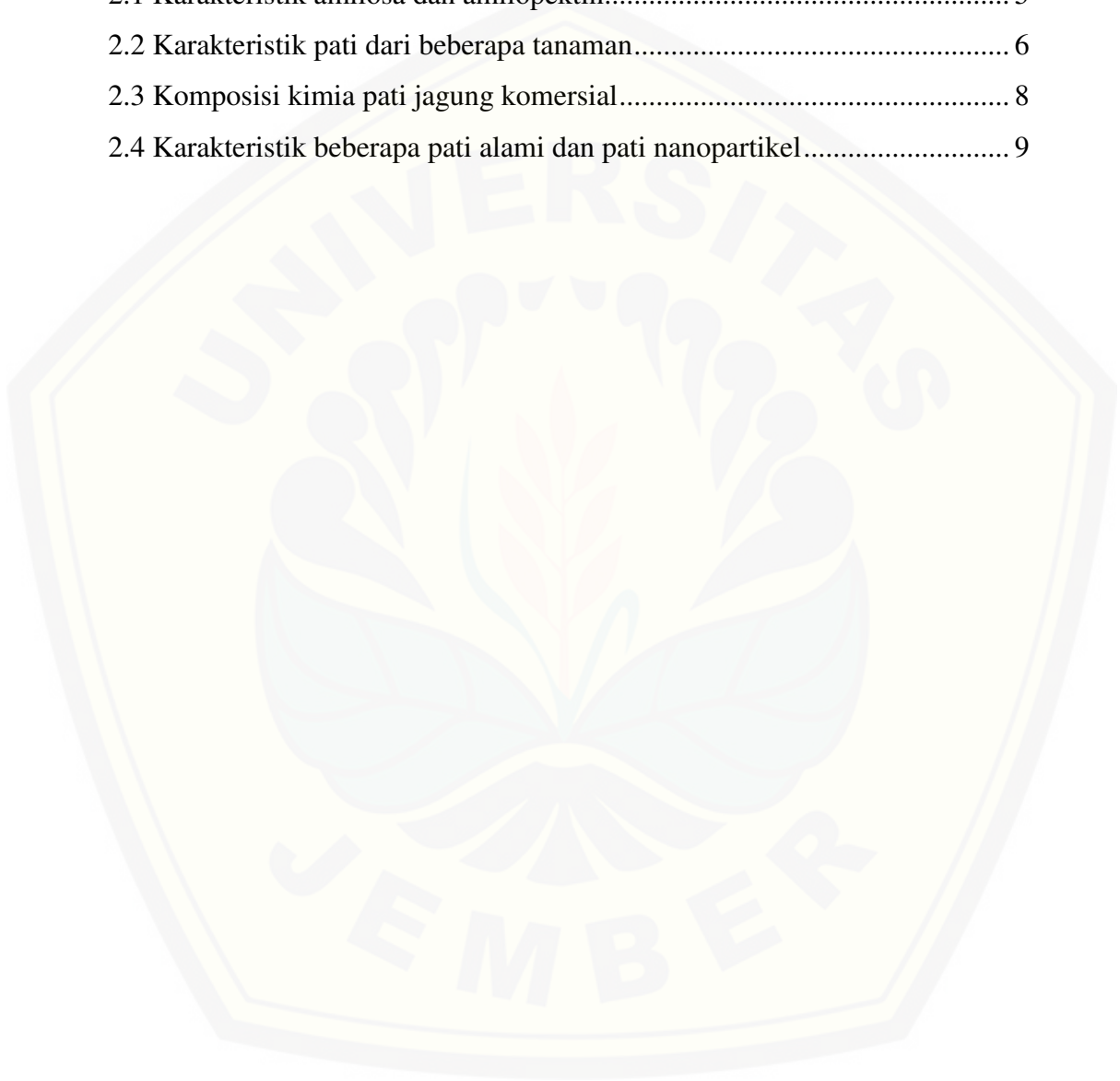
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Komponen Penyusun Pati .....	4
2.2. Karakteristik Pati Jagung .....	7
2.3 Teknologi Pembuatan Nanopartikel Pati .....	8
2.4 Oksidasi Pati Menggunakan Sinar Ultraviolet.....	11
2.5 Oksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	12
2.6 Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung dalam Sistem Emulsi.....	17
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20

3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	20
3.2.1 Alat Penelitian .....	20
3.2.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Metode Penelitian .....	20
3.3.1 Rancangan Penelitian .....	20
3.3.2 Pembuatan Nanopartikel Pati Jagung.....	22
3.3.3 Pengujian Nanopartikel Pati Jagung pada Sistem Emulsi.....	23
3.4 Parameter Penelitian .....	24
3.5 Prosedur Analisis .....	25
3.5.1 Distribusi Ukuran .....	25
3.5.2 <i>Water Holding Capacity</i> (WHC).....	25
3.5.3 <i>Oil Holding Capacity</i> (OHC) .....	26
3.5.4 Pengukuran pada Sistem Emulsi (O/W).....	26
3.6 Analisis Data.....	27
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1 Distribusi Ukuran Nanopartikel Pati Jagung .....	28
4.2 <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) Nanopartikel Pati Jagung.....	29
4.3 <i>Oil Holding Capacity</i> (OHC) Nanopartikel Pati Jagung .....	31
4.4 <i>Creaming Index</i> (CI) Nanopartikel Pati Jagung.....	33
4.5 <i>Emulsifying Activity</i> (EA) Nanopartikel Pati Jagung.....	34
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>46</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Karakteristik amilosa dan amilopektin.....	5
2.2 Karakteristik pati dari beberapa tanaman.....	6
2.3 Komposisi kimia pati jagung komersial.....	8
2.4 Karakteristik beberapa pati alami dan pati nanopartikel.....	9

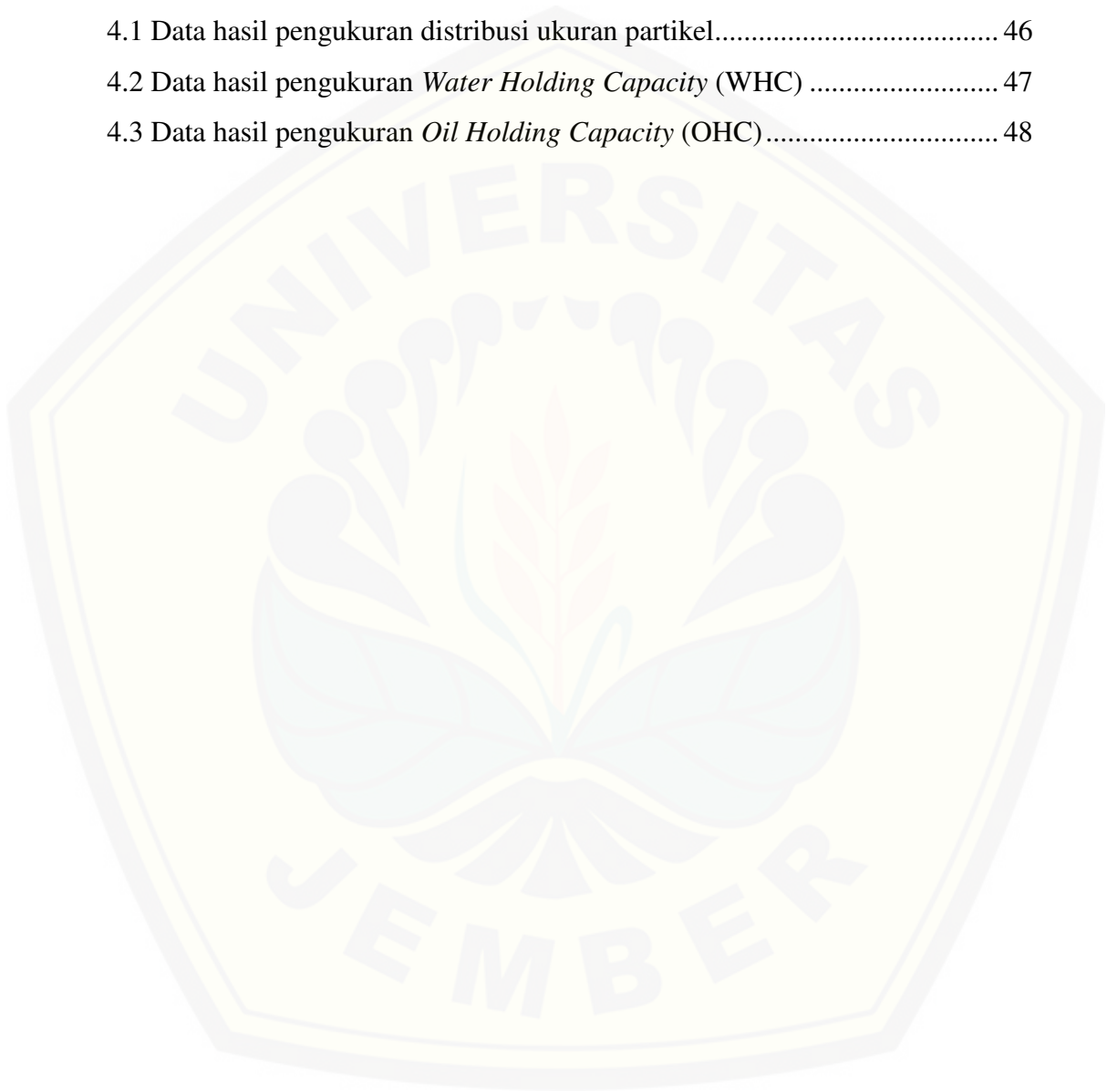


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur rantai amilosa dan amilopektin .....	5
2.2 Struktur granula pati.....	6
2.3 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida.....	14
2.4 Kenampakan pati jagung alami dan pati jagung hasil oksidasi .....	15
2.5 Pengaruh irradiasi terhadap degradasi dan <i>crosslinking</i> pada pati.....	16
2.6 Kenampakan emulsi dengan variasi konsentrasi minyak.....	19
3.1 Diagram alir rancangan penelitian .....	21
3.2 Diagram alir proses pembuatan nanopartikel pati jagung.....	23
3.3 Diagram alir pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi .....	24
4.1 Diagram batang nilai ukuran nanopartikel pati jagung .....	28
4.2 Diagram batang nilai WHC nanopartikel pati jagung.....	30
4.3 Diagram batang nilai OHC nanopartikel pati jagung.....	32
4.4 Diagram batang nilai <i>Creaming Index</i> (CI) .....	33
4.5 Grafik nilai <i>Emulsifying Activity</i> (EA).....	35
4.6 Kenampakan emulsi selama penyimpanan .....	36

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
4.1 Data hasil pengukuran distribusi ukuran partikel.....	46
4.2 Data hasil pengukuran <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) .....	47
4.3 Data hasil pengukuran <i>Oil Holding Capacity</i> (OHC).....	48



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Pickering emulsion* merupakan emulsi yang distabilkan oleh partikel padat yang menyerap antarmuka fase minyak dan air (Chevalier and Bolzinger, 2013; Xiao *et al.*, 2016). Partikel padat sebagai penstabil emulsi telah banyak digunakan dalam produk pangan karena memiliki stabilitas antarmuka yang kuat, tidak beracun, ramah lingkungan dan biaya rendah (Yu *et al.*, 2013). Beberapa partikel padat yang digunakan sebagai penstabil emulsi ialah mikropartikel selulosa (Kalashnikova *et al.*, 2011), nanokristal chitin (Tzoumakin *et al.*, 2011) dan nanopartikel pati (Dufresne, 2014).

Pati merupakan bahan alami yang dapat diperbaharui, murah dan ketersediaannya berlimpah (BeMiller and Whistler, 2009). Jagung termasuk dalam salah satu komoditi pangan yang dapat diolah menjadi produk pati. Berdasarkan data pada Badan Pusat Statistik (2016) produksi jagung di Indonesia pada tahun 2013 sebesar 18,51 juta ton dan semakin meningkat pada tahun 2015 sebesar 20,67 juta ton. Seiring dengan meningkatnya jumlah produksi jagung, komoditi ini mempunyai peluang untuk berkembang di industri pangan dalam bentuk pati dengan kadar sebesar 70% (Suarni *et al.*, 2008). Pati jagung dapat digunakan sebagai bahan nanopartikel karena memiliki kandungan amilopektin yang cukup tinggi (Dufresne, 2014). Daerah kristalin pada granula pati yang sebagian besar tersusun atas amilopektin memiliki bloklet nano yang dapat diekstrak atau diisolasi untuk menghasilkan nanopartikel pati.

Nanopartikel merupakan hasil yang diperoleh dari proses nanoteknologi yang mengubah partikel menjadi berskala nanometer dengan rentang ukuran 1-1000 nm (Jain, 2008). Partikel pati berukuran nano memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga daya pengikat minyak dan air semakin kuat (Winarti *et al.*, 2011; Chevalier *et al.*, 2013). Penelitian Roy *et al.* (2010) mengungkapkan bahwa ukuran partikel sebesar 173 nm memiliki daya ikat sebesar 80% sedangkan ukuran partikel 426 nm hanya memiliki daya ikat sebesar 59%. Sifat ini mendukung

penggunaan nanopartikel pati dalam mempertahankan kestabilan emulsi pada waktu yang cukup lama (Fujii *et al.*, 2005).

Secara umum, modifikasi pati menjadi nanopartikel dapat dilakukan melalui metode hidrolisis asam (Dufresne *et al.*, 1996), hidrolisis enzimatis (Kim *et al.*, 2008), homogenisasi tekanan tinggi (Liu *et al.*, 2009), iradiasi sinar gama (Lamanna *et al.*, 2013; Garcia *et al.*, 2012), ekstruksi reaktif (Song *et al.*, 2011) dan ultrasonikasi (Bel Haaj *et al.*, 2013). Beberapa metode tersebut memiliki kelemahan yaitu menghasilkan nanopartikel yang cenderung beragregasi membentuk partikel berukuran mikro.

Fotooksidasi merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan dalam menghasilkan nanopartikel pati. Fotooksidasi ialah teknik oksidasi dengan penambahan oksidator yang dikatalis oleh sinar UV. Salah satu oksidator yang banyak digunakan ialah  $H_2O_2$  karena ketersediaannya berlimpah, daya larut yang tinggi dengan air dan dapat menghasilkan radikal hidroksil dalam jumlah besar sehingga mampu memutus ikatan glikosidik pada pati (Masschelein, 2002; Arts *et al.*, 1997). Sementara sinar UV berperan dalam menghasilkan radikal bebas yang mampu mendegradasi pati (Scoponi *et al.*, 1997). Jenis sinar UV-C dapat mendegradasi polimer pati lebih baik dibanding jenis sinar UV lain karena mampu menghasilkan radikal bebas lebih besar dalam waktu yang lebih singkat. Bertolini (2001) menyatakan bahwa terjadinya degradasi pati oleh sinar UV berdampak pada penurunan viskositas pati dimana perlakuan iradiasi sinar UV-B memiliki viskositas lebih tinggi sebesar 165 mL/g daripada dengan sinar UV-C sebesar 154 mL/g.

Jumlah radikal bebas yang dihasilkan sinar UV-C dalam mempercepat degradasi pati dipengaruhi oleh lama waktu pemaparan (Raffi and Agnel, 1983). Fiederowicz *et al.* (1999) menyatakan bahwa peningkatan lama waktu iradiasi sinar UV-C menyebabkan jumlah molekul pati terdegradasi lebih meningkat yang ditunjukkan dengan adanya penurunan berat molekul pati. Berat molekul pati jagung dengan iradiasi UV 5 jam ( $M_w = 67 \times 10^6$ ) lebih tinggi daripada perlakuan iradiasi UV 8 jam ( $M_w = 47 \times 10^6$ ). Berdasarkan kelemahan pada penggunaan metode sebelumnya, diharapkan metode fotooksidasi dengan perlakuan variasi

lama waktu proses dapat menghasilkan nanopartikel pati yang dapat diaplikasikan sebagai penstabil *pickering emulsion*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Teknologi pembuatan nanopartikel pati masih menghasilkan ukuran partikel nano yang cenderung beragregasi membentuk partikel berukuran mikro. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam mengurangi kelemahan tersebut yaitu melalui penggunaan metode fotooksidasi dengan prinsip berupa oksidasi menggunakan  $H_2O_2$  yang dikatalis oleh sinar UV-C.  $H_2O_2$  yang digunakan sebagai oksidator mampu menghasilkan radikal hidroksil dalam jumlah besar untuk memaksimalkan proses oksidasi pati (Masschelein, 2002). Sementara sinar UV-C berperan menghasilkan radikal bebas yang mampu mendegradasi pati (Scoponi *et al.*, 1997). Lama waktu fotooksidasi sangat berpengaruh terhadap intensitas oksidasi dan degradasi pati yang terjadi. Berdasarkan hal tersebut, penggunaan teknologi fotooksidasi dengan variasi lama waktu proses diharapkan mampu menghasilkan nanopartikel pati jagung yang dapat diaplikasikan sebagai penstabil *pickering emulsion* dalam bidang pangan.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

- a. mengetahui pengaruh variasi lama waktu fotooksidasi terhadap karakteristik nanopartikel pati jagung; dan
- b. mengetahui kegunaan nanopartikel pati jagung sebagai penstabil *pickering emulsion* dalam bidang pangan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi *stabilizer* alternatif yang alami dan lebih murah dalam aplikasinya di bidang pangan.

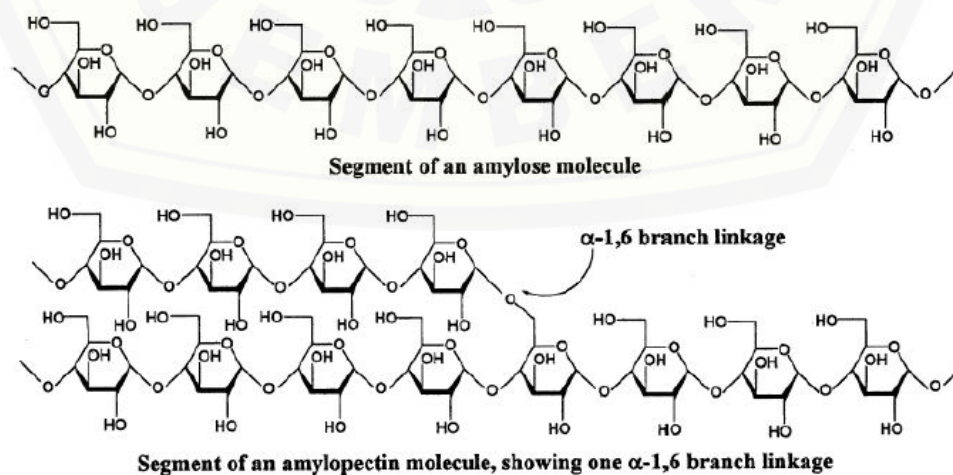


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Komponen Penyusun Pati

Pati merupakan bahan alami yang dapat diperbaharui, murah dan ketersediaannya berlimpah (BeMiller and Whistler, 2009). Sebagian besar pati terdapat di dalam biji-bijian atau umbi-umbian seperti jagung, beras, gandum dll. Pati dan turunannya banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman dengan persentase sebesar 60%, industri kertas dan tekstil sebesar 25%, industri farmasi dan bahan kimia sebesar 10%, industri non pangan sebesar 4% dan untuk industri makanan ternak sebesar 1% (Copeland, 2009).

Pati terdiri atas dua fraksi yaitu fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Winarno, 2004). Keberadaan amilosa dan amilopektin memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik fisiko kimia pati yang dihasilkan (Belitz and Grosch, 1999; Mc Williams, 2001). Amilosa merupakan polimer yang memiliki struktur lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik dan sedikit percabangan yang mempunyai ikatan  $\alpha$ -(1,6)-glikosidik (Moorthy, 2004). Amilopektin merupakan polimer berantai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik dan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-glikosidik di setiap percabangannya (Moorthy, 2004). Struktur rantai amilosa dan amilopektin ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur rantai amilosa dan amilopektin (Robyt, 2008)

Selain perbedaan struktur, panjang rantai polimer dan jenis ikatannya, kedua komponen tersebut memiliki beberapa perbedaan karakteristik yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik amilosa dan amilopektin

Karakteristik	Amilosa	Amilopektin
Bentuk	relatif lurus	Bercabang
Ikatan	$\alpha$ -(1- $\rightarrow$ 4); [beberapa $\alpha$ -(1- $\rightarrow$ 6)]	$\alpha$ -(1- $\rightarrow$ 4) dan $\alpha$ -(1- $\rightarrow$ 6)]
Berat Molekul	< 0,5 juta g/mol	50-500 juta g/mol
Film	Kuat	Lemah
Struktur gel	Kuat	Lembek
Warna dengan iodin	Biru	coklat kemerahan

Sumber : Herawati (2012)

Pati pada umumnya memiliki kandungan amilopektin sebesar 72-82% dan amilosa sebesar 18-28% (Dufresne, 2014). Setiap jenis pati memiliki komposisi yang berbeda-beda atas keberadaan amilosa dan amilopektin tergantung pada sumbernya (Mali *et al.*, 2004). Karakteristik pati dari berbagai komoditi tanaman ditunjukkan pada Tabel 2.2.

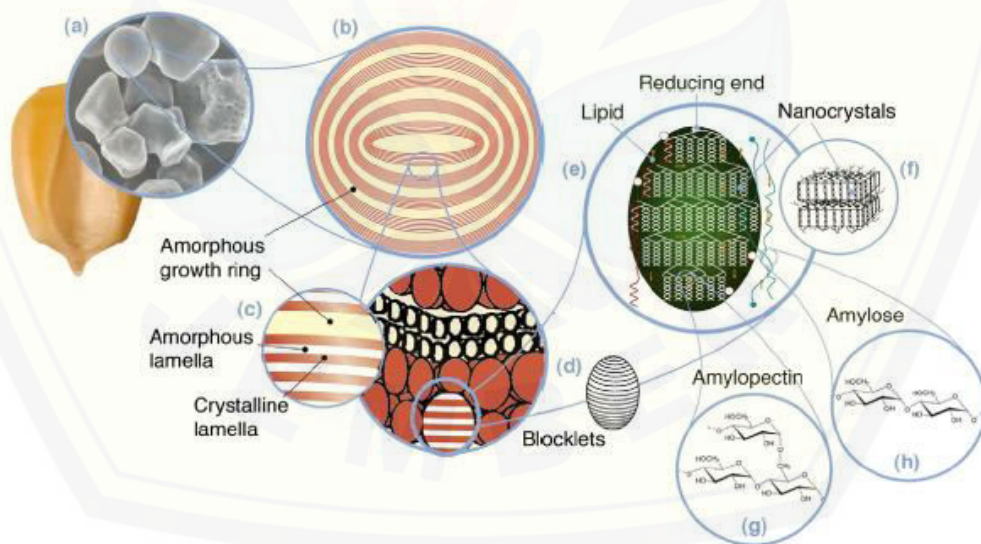
Tabel 2.2 Karakteristik pati dari beberapa tanaman

Jenis pati	Ukuran granula ( $\mu$ m)	Kadar amilosa (%)	Kristalinitas (%)
Beras	3-9	20-25	38-51
Gandum	2-38	25-29	36

Jagung	21-96	25-28	39
Jagung tinggi amilosa	5-25	60-73	19
Kentang	40-100	20-25	25
Singkong	3-30	28	Tidak dilaporkan
Umbi	3-27	19-22	Tidak dilaporkan

Sumber : Fennema (1985), Beynum dan Roels (1985)

Pati berbentuk butiran-butiran kecil yang disebut granula. Granula pati memiliki struktur yang tersusun atas beberapa komponen dengan ukuran yang beragam. Pati memiliki ukuran granula (1-100  $\mu\text{m}$ ) yang tersusun atas cincin-cincin pertumbuhan dengan ukuran 120-500 nm. Cincin pertumbuhan tersebut terdiri dari bloklet berukuran 20-50 nm dan tersusun atas lamela amorfus dan kristalin (9 nm) yang mengandung amilosa dan amilopektin dengan ukuran 0,1-1 nm (Dufresne, 2014). Struktur granula pati ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur pati : (a) Granula pati dari jagung normal (b) Cincin pertumbuhan amorfus dan semi kristalin, (c) lamella amorfus dan kristalin, (d) bloklet, (e) double heliks amilopektin yang membentuk lamella kristalin dari bloklet, (f) nanopartikel, (g) amilopektin, (h) amilosa (Dufresne, 2014)

## 2.2 Karakteristik Pati Jagung

Tanaman jagung merupakan komoditas yang cukup potensial untuk dikembangkan karena merupakan sumber utama karbohidrat selain beras (Alam *et al.*, 2008). Produktivitas tanaman jagung cukup tinggi di Indonesia, sesuai data pada Badan Pusat Statistik (2016) produksi jagung di Indonesia pada tahun 2013 sebesar 18,51 juta ton dan semakin meningkat pada tahun 2015 sebesar 20,67 juta ton. Tanaman jagung terutama pada bagian biji memiliki komponen karbohidrat paling besar berupa pati (Koswara, 2009). Jagung mengandung pati sebesar  $\pm 70\%$  (Suarni *et al.*, 2008). Selain pati, jagung memiliki karbohidrat berupa gula, pentosa dan serat kasar. Sebagian besar jenis jagung diolah menjadi pati jagung dengan kegunaan sebagai bahan baku produksi sirup jagung, sohun, makanan ringan, bahan pengental dan lain sebagainya dalam bidang pangan (Alam *et al.*, 2008).

Pati jagung rata-rata memiliki ukuran granula pati yang cukup besar dan beragam dengan kisaran 1-7  $\mu\text{m}$  (ukuran granula kecil) dan 15-20  $\mu\text{m}$  (ukuran granula besar) (Singh *et al.*, 2005). Pati dengan ukuran granula yang besar memiliki kemampuan tahan terhadap panas lebih tinggi dibandingkan dengan pati yang memiliki ukuran granula kecil. Jagung memiliki berbagai macam jenis pati dengan kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda-beda. Menurut Singh *et al.* (2005), terdapat empat jenis pati pada jagung berdasarkan sifatnya. Pertama, jenis jagung normal yang memiliki kandungan amilopektin sebesar 74-76% dan amilosa sebesar 24-26%. Jagung jenis *waxy* memiliki amilopektin 99% dan hampir tidak memiliki amilosa. Jagung jenis *amilomaize* memiliki kandungan amilopektin sebesar 20% dan amilosa 42,6-67,8%. Jenis jagung manis mengandung amilosa sebanyak 22,8% dengan sejumlah sukrosa disamping pati.

### 2.3 Teknologi Pembuatan Nanopartikel Pati

Pati merupakan biopolimer alami yang memiliki kegunaan dalam bidang industri meliputi makanan, minuman, pakan ternak, kertas, farmasi, bahan kimia, detergent, tekstil, kemasan dan sebagainya (Copeland, 2009). Saat ini, modifikasi pati mulai berkembang dan dilakukan untuk meningkatkan kegunaannya dalam segala bidang, terutama industri pangan yaitu dengan pembuatan nanopartikel



pati. Nanopartikel merupakan hasil yang didapatkan dari proses perlakuan nanoteknologi yang merupakan teknik memanipulasi partikel menjadi berskala nanometer dengan rentang ukuran 1-1000 nm (Jain *et al.*, 2008). Nanopartikel memiliki sifat fisik, kimia dan fungsional yang lebih baik sehingga meningkatkan aplikasinya dalam bidang pangan. Aplikasi nanoteknologi pada industri pangan antara lain sebagai bahan tambahan pangan, pembawa/*carrier* obat, pengemas pangan (*nanocomposite*), pengemas bahan aktif ke dalam produk pangan (Chellaram *et al.*, 2014) dan *pickering emulsion* (Ho *et al.*, 2016).

Nanopartikel memiliki luas permukaan yang sangat besar sehingga lebih aktif dan potensial digunakan sebagai pembawa bahan aktif pangan. Sementara ukuran partikel nano yang lebih kecil dapat memperbesar efektivitas pengikatan terhadap bahan aktif karena sisi aktif yang dimiliki lebih banyak. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Roy *et al.* (2010) menyatakan bahwa ukuran partikel sebesar 173 nm memiliki daya ikat sebesar 80% sedangkan ukuran partikel 426 nm hanya memiliki daya ikat sebesar 59%. Selain digunakan sebagai pembawa bahan aktif pangan, nanopartikel juga dapat digunakan sebagai *pickering emulsion* yaitu partikel padat yang dapat menjadi penstabil emulsi pada pangan tanpa adanya penambahan surfaktan sehingga lebih aman dikonsumsi (Ho *et al.*, 2016). Hal ini dikarenakan partikel dalam bentuk nano memiliki sifat hidrofilik (mengikat air) dan hidrofobik (lebih kepada mengikat minyak) sehingga mampu mempertahankan stabilitas emulsi dalam waktu yang lebih lama (Fujii *et al.*, 2005). Karakteristik beberapa pati alami dan pati nanopartikel ditunjukkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Karakteristik beberapa pati alami dan pati nanopartikel yang dihasilkan

Sumber pati	Ukuran granula ( $\mu\text{m}$ )	Diameter pati nanopartikel		Ketebalan pati nanopartikel	
		Ukuran (nm)	Jumlah	Ukuran (nm)	Jumlah
Jagung kaya amilosa	5-20	$118 \pm 53$	190	$5 \pm 1,6$	76

Jagung normal	5-20	$58 \pm 36$	576	$8,3 \pm 3,1$	112
Jagung kaya amilopektin	5-20	$47 \pm 42$	71	$6,1 \pm 1,9$	112
Gandum	2-30	$100 \pm 50$	71	$3,7 \pm 0,6$	30
Kentang	5-80	$52 \pm 4$	951	$7,6 \pm 1,6$	31

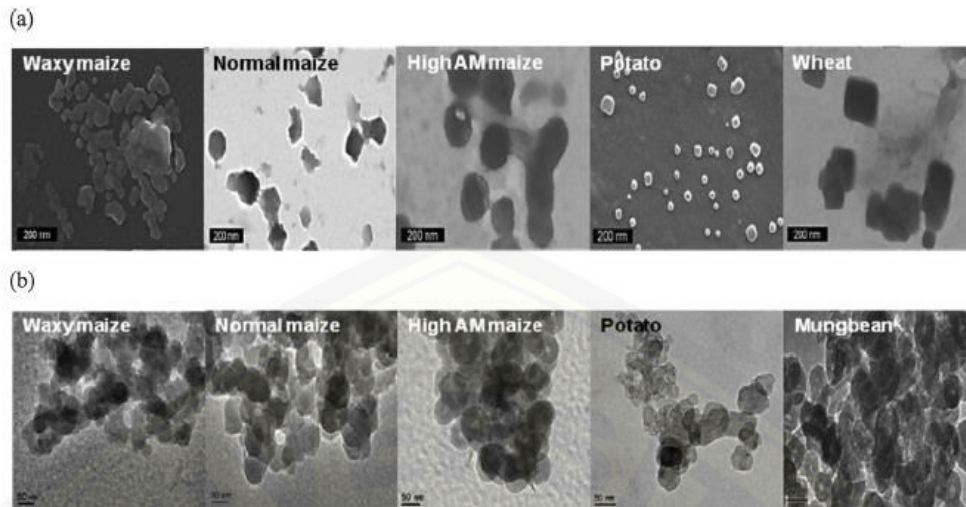
---

Sumber : Winarti *et al* (2011)

Karakteristik morfologi nanaopartikel pati dipengaruhi oleh proses pembuatan dan asal botaninya. LeCorre *et al* (2011) dalam penelitiannya menggunakan lima jenis pati yang berbeda asal botaninya yaitu jagung normal, jagung tinggi amilosa, jagung lilin, kentang dan gandum. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa morfologi nanopartikel pati dipengaruhi oleh adanya struktur kristalin pada pati. Nanopartikel pati dari jenis tipe-A seperti jagung lilin, jagung normal dan gandum berbentuk persegi sementara yang berasal dari pati tipe-B seperti jagung tinggi amilosa dan kentang menghasilkan partikel berbentuk bulat. Nanopartikel pati dihasilkan sesuai bloklet dalam granula pati, yaitu bloklet tipe-A dan tipe-B memiliki morfologi yang berbeda.

Kim *et al.* (2012) mencirikan nanopartikel pati tipe-B (69,7 nm untuk jagung amilosa tinggi) dan pati tipe-C (53,7 nm untuk kacang hijau) memiliki ukuran lebih besar daripada pati yang berasal dari tipe-A (41,4 nm untuk jagung lilin dan 41,0 nm untuk jagung normal). Ukuran nanopartikel pati dipengaruhi oleh kandungan amilosanya dimana semakin besar kandungan amilosa pada pati maka akan dihasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih besar. Morfologi nanopartikel pati dengan asal botani yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3 Morfologi nanopartikel pati dengan jenis pati yang berbeda. (a) mikrograf SEM setelah hidrolisis asam menggunakan asam sulfat 3,16 M selama 5 hari (Lecorre *et al.*, 2011), (b) mikrograf TEM setelah hidrolisis asam menggunakan asam sulfat 3,16 M selama 5 hari (Kim *et al.* 2012)

Pembuatan nanopartikel dapat dilakukan dengan beberapa cara yang terdiri atas proses *top-down* dan *bottom-up*. Proses *top-down* dimaksudkan sebagai proses pemecahan partikel menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga menghasilkan nanopartikel. Sementara proses *bottom-up* dilakukan dengan cara merangkai atau menggabungkan molekul secara termodinamis pada kondisi terkontrol. Proses pembuatan nanopartikel lebih sering menggunakan proses *top-down* karena pada proses *bottom-up* cenderung menghasilkan ukuran partikel yang besar yaitu di atas 100 nm dan hal tersebut tidak diharapkan dalam pembuatan nanopartikel. Teknologi pembuatan nanopartikel yang bersifat *bottom-up* berupa nanopresipitasi (Ma *et al.*, 2008; Tan *et al.*, 2009) dan emulsi ikatan silang (Fang *et al.*, 2008).

Sementara proses pembuatan nanopartikel yang bersifat *top-down* terdiri dari hidrolisis asam yang dilakukan oleh Dufresne *et al.*, (1996) yaitu menggunakan HCl selama 15 hari. Proses hidrolisis asam berlangsung dengan cepat pada daerah amorfus di dalam granula pati. Metode ini memiliki kelemahan yaitu memerlukan waktu yang cukup lama dalam proses pembuatannya, bentuk partikel yang dihasilkan tidak seragam dan mudah beragregasi membentuk partikel yang berukuran mikro. Kelemahan metode hidrolisis asam kemudian

diperbaiki dengan menerapkan metode hidrolisis enzimatis. Kim *et al.* (2008) melakukan penerapan metode hidrolisis enzimatis menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase pada pati beras kaya amilopektin selama 24 jam. Namun metode ini juga memiliki kelemahan yaitu menyebabkan kerusakan granula pati secara selektif pada jam ke-3 menghasilkan pati dengan ukuran nano, namun pada jam selanjutnya terjadi peningkatan ukuran partikel.

Teknologi pembuatan nanopartikel bersifat *top-down* dapat juga dilakukan dengan perlakuan mekanis meliputi homogenisasi tekanan tinggi (Liu *et al.*, 2009), iradiasi sinar gama (Lamanna *et al.*, 2013; Garcia *et al.*, 2012), ekstruksi reaktif (Song *et al.*, 2011) dan ultrasonikasi (Bel Haaj *et al.*, 2013). Teknologi pembuatan nanopartikel dengan perlakuan mekanis masih memiliki kekurangan yaitu merusak struktur kristalin pada pati akibat perlakuan fisik menggunakan energi yang tinggi sehingga nanopartikel yang dihasilkan memiliki struktur kristalin yang lemah (Liu *et al.*, 2009; Song *et al.*, 2011).

Teknologi pembuatan nanopartikel kemudian disempurnakan lagi dengan perlakuan kombinasi dari perlakuan kimia atau enzimatis dengan perlakuan mekanis. Perlakuan kombinasi yang dilakukan meliputi hidrolisis asam dengan ultrasonikasi (Kim *et al.*, 2013), hidrolisis enzimatis dengan ultrasonikasi (Kim *et al.*, 2008) dan oksidasi yang dikombinasi dengan ultrasonikasi (Sun *et al.*, 2014). Pada perlakuan hidrolisis enzimatis yang dikombinasi dengan ultrasonikasi menghasilkan diameter partikel hidrolisat pati yang semakin meningkat. Semakin tinggi derajat hidrolisis enzimatis menyebabkan semakin meningkatnya ukuran partikel akibat proses ultrasonikasi yang dilakukan (Kim *et al.*, 2008). Pada teknik kombinasi oksidasi dan ultrasonikasi yang dilakukan oleh Sun *et al.* (2014) yang menggunakan oksidator NaOCl dan ultrasonikasi probe didapatkan hasil karakteristik nanopartikel dengan ukuran 20-60 nm. Hal ini disebabkan karena proses oksidasi menyebabkan terjadinya erosi yang mengakibatkan permukaan granula pati berlubang (Kuakpetoon and Wang, 2008). Sementara perlakuan ultrasonikasi yang diberikan setelah proses oksidasi pati menyebabkan terjadinya degradasi molekul pati menjadi nanopartikel (Sun *et al.*, 2014).

Harmon *et al* (1971 and 1972) melakukan modifikasi pati dengan perlakuan teknik kombinasi oksidasi menggunakan oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan iradiasi sinar UV. Pada penelitian tersebut menunjukkan terjadi peningkatan reaksi oksidasi yang lebih cepat oleh adanya sinar UV dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> daripada NaOCl. Hal ini disebabkan karena selain adanya radikal bebas RO<sub>2</sub> yang diproduksi oleh sinar UV, terdapat pula radikal OH yang dihasilkan oleh H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama reaksi fotolisis (Masschelein, 2002).

#### 2.4 Oksidasi Pati Menggunakan Sinar Ultraviolet

Radiasi elektromagnetik terdiri atas 3 jenis yaitu Infra Merah (IR), cahaya tampak dan sinar ultraviolet (UV). Sinar UV merupakan elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 100 sampai 400 nanometer yang dipancar oleh matahari. Sinar UV matahari dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan panjang gelombangnya, yaitu UV-A dengan panjang gelombang 400-315 nm, UV-B dengan panjang gelombang 315-280 nm dan UV-C dengan panjang gelombang 280-200 nm (Masschelein, 2002).

Sinar UV memiliki karakteristik dasar yaitu foton pada panjang gelombang tertentu memiliki energi yang cukup untuk menaikkan atom atau molekul pada kedudukan tereksitasi dengan sifat yang tidak stabil. Hasil dari proses transfer energi ialah kembalinya atom pada tingkat dasarnya atau terjadinya reaksi kimia (Masschelein, 2002). Aspek-aspek yang berhubungan dengan aplikasi teknologi irradiasi sinar UV meliputi reaksi fotolitik langsung pada komponen-komponen kimia, reaksi fotokimia yang dapat memproduksi oksidan (terutama radikal bebas hidroksil), reaksi fotokimia sebagai proses katalitik (Masschelein, 2002). Sinar UV dapat diabsorpsi oleh beberapa komponen kimia pada panjang gelombang tertentu. Selain itu, sinar UV juga dapat menghasilkan radikal bebas OH dan (RO<sub>2</sub>) (Scoconi and Ghiglione, 1997). Radikal bebas yang dihasilkan kemudian mampu bereaksi dan mendegradasi komponen kimia. Radikal tersebut dapat bereaksi dengan pati sehingga menyebabkan terjadinya degradasi dan merusak struktur pati.

Radikal bebas yang dihasilkan oleh irradiasi sinar UV memiliki kemiripan karakteristik dengan radikal bebas yang dihasilkan oleh perlakuan panas (Tomasik and Zaranyika, 1995). Sriburi *et al.* (1999) menyatakan bahwa radikal bebas yang dihasilkan oleh irradiasi UV identik dengan radikal bebas yang dihasilkan dengan penambahan bahan aditif seperti sulfit atau asam askorbat. Selain itu sesuai penelitian dari Bertolini *et al.* (2001) menyatakan bahwa radikal bebas yang dihasilkan sinar UV memiliki kesamaan karakteristik dengan radikal bebas dari hasil selama irradiasi sinar gamma. Intensitas radikal bebas terbentuk karena beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain dosis iradiasi, suhu, lama penyimpanan dan kadar air (Raffi and Agnel, 1983).

Irradiasi ultraviolet dapat menyebabkan terjadinya depolimerisasi oksidatif pada pati. Proses tersebut tergantung pada panjang gelombang dan intensitas irradiasi dalam menghasilkan dekstrin, air dan karbondioksida (Wheelan and Peat, 1950). Irradiasi UV pada pati singkong menyebabkan terjadinya depolimerisasi yang lebih efektif pada panjang gelombang 254 nm dibandingkan 360 nm. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Bertolini *et al.* (2001) bahwa pemaparan sinar UV dengan panjang gelombang 250 nm pada pati singkong menghasilkan viskositas yang lebih rendah daripada perlakuan pemaparan sinar UV dengan panjang gelombang 360 nm.

Radiasi ultraviolet dapat menyebabkan terjadinya fotooksidasi pati yang diawali dengan kerusakan ikatan C2-C3 glukopiranososa, menghasilkan pati dialdehid yang dilanjutkan pembentukan formaldehid, asam format dan karbondioksida ((Merlin *et al.*, 1981; Peat *et al.*, 1948).

## **2.5 Oksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

Oksidasi merupakan salah satu langkah modifikasi pati yang mampu mengubah pati sehingga memiliki viskositas yang lebih rendah, stabilitas tinggi, memiliki sifat pengikat yang baik sehingga lebih luas aplikasinya dalam bidang pangan (Rivera *et al.*, 2005; Kuakpetoon and Wang, 2006). Pati oksidasi dihasilkan dari mereaksikan pati dengan sejumlah oksidator di bawah suhu dan pH yang terkontrol. Wang and Wang (2003) menjelaskan bahwa pembuatan pati

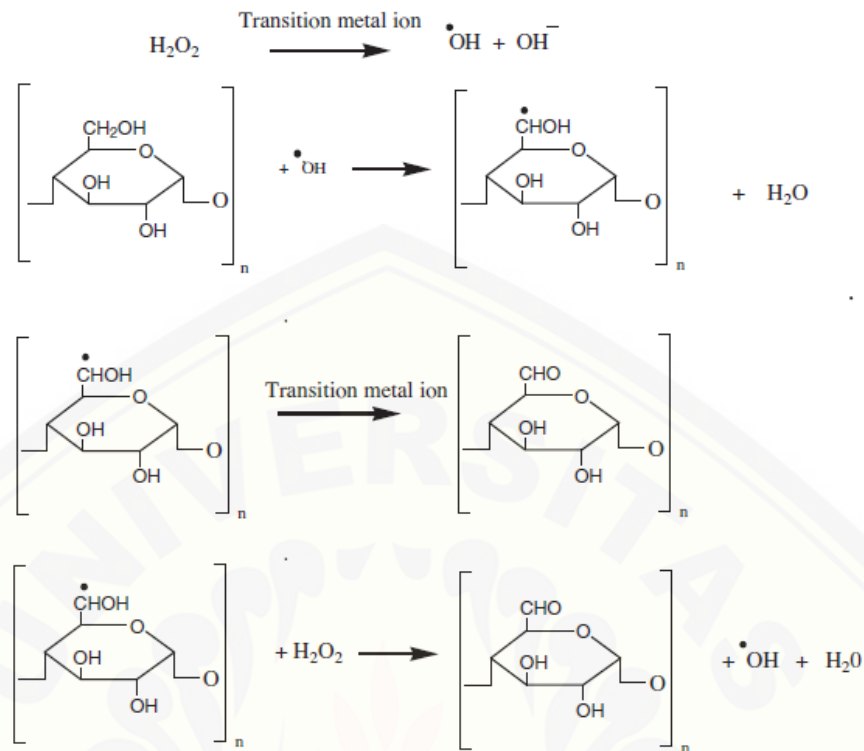


teroksidasi dapat dilakukan dengan penambahan oksidator seperti Hidrogen peroksida, ozon, bromin, asam kromat, permanganat dan hipoklorit.

Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) merupakan cairan tidak berwarna yang terbentuk dari gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ). Senyawa ini merupakan bahan kimia anorganik yang sangat efektif digunakan sebagai oksidator (Jones, 1999). Hidrogen peroksida memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan oksidator lain yaitu ramah lingkungan karena dalam penggunaannya dapat terurai menjadi oksigen dan air, tersedia luas dipasaran, daya larut yang tinggi terhadap air, penggunaan dan penyimpanan yang sederhana, mampu menghasilkan radikal hidroksil dalam jumlah besar (dua radikal hidroksil per molekul), berpotensi menyebabkan terjadinya reaksi pemecahan dan pembentukan radikal hidroperoksil :  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH} = \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2$  (Masschelein, 2002). Penggunaan konsentrasi Hidrogen peroksida yang dibatasi oleh *The European Commission of Normalization* (CEN) sebesar 1,7%.

Mekanisme oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) sangat kompleks dengan adanya reaksi berantai pembentukan radikal bebas.  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan cepat mengalami dekomposisi menghasilkan radikal hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ). Radikal ini memiliki sifat reaktif dan dengan cepat dapat bereaksi dengan karbohidrat (Fry, 1998). Radikal ini mampu memisahkan hidrogen dari gugus C-H pada cincin gula menghasilkan radikal  $\text{R}\cdot\text{CHOH}$  yang dapat memutus ikatan glikosidik sehingga menghasilkan gugus karbonil (Arts *et al.*, 1997). Berikut mekanisme oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida ditunjukkan pada Gambar 2.4.



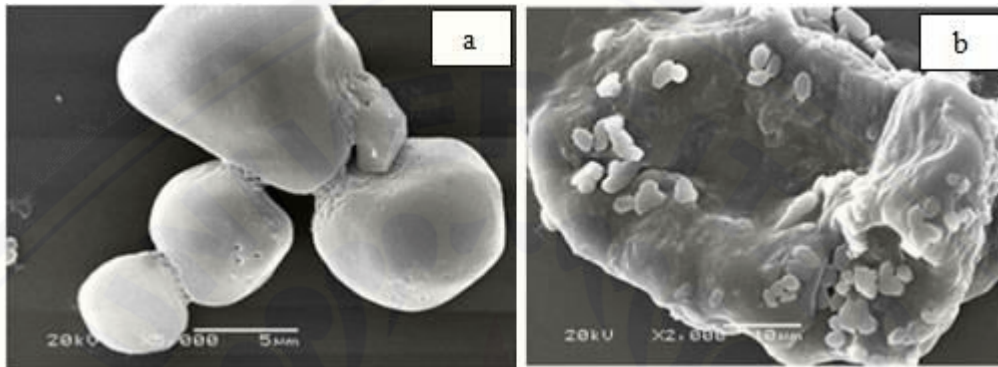


Gambar 2.4 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida (Vanier *et al.*, 2017)

Selama oksidasi, pati mengalami depolimerisasi dan gugus hidroksil pada cincin karbon teroksidasi menjadi aldehid dan gugus karboksil yang mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik, kimia dan fungsional pati (Zang *et al.*, 2009). Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida dapat meningkatkan sifat hidrofobisitas pati karena gugus hidroksil dalam cincin glukosa pati yang teroksidasi membentuk kelompok aldehida (Zang *et al.*, 2009). Ketika kelompok aldehida teroksidasi lebih lanjut menjadi kelompok karboksilat, maka hidrofilitas meningkat secara signifikan (Hernandez *et al.*, 2008).

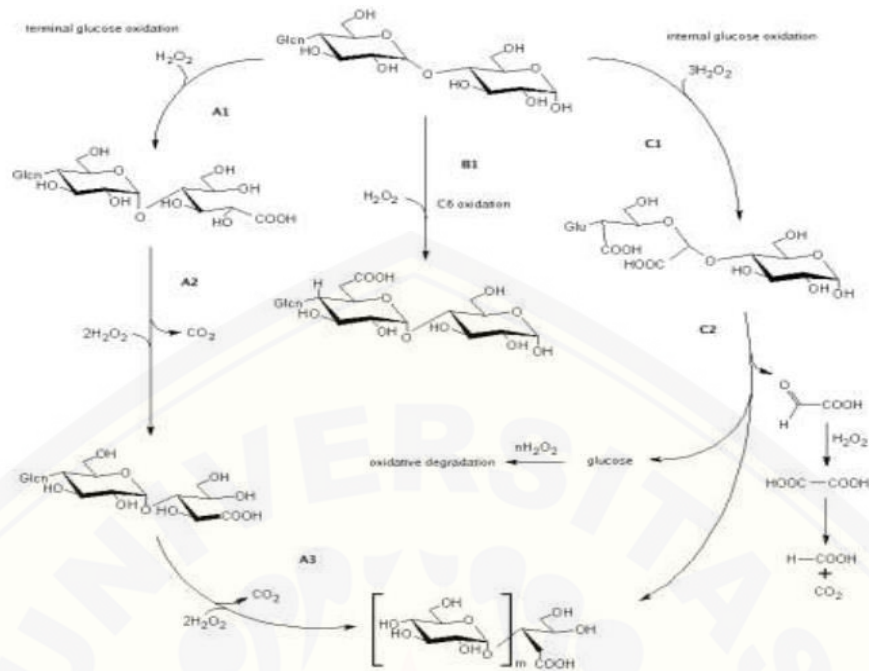
Hasil penelitian Zang *et al.* (2009) menunjukkan berat molekul pati setelah mengalami oksidasi menggunakan hidrogen peroksida mengalami penurunan yang disebabkan oleh rusaknya ikatan glikosidik serta terdegradasinya pati selama oksidasi. Degradasi pati menyebabkan struktur pati hasil oksidasi berbeda dengan pati alami. Partikel pati jagung alami memiliki struktur yang kompak dengan permukaan yang halus sedangkan pati teroksidasi memiliki permukaan yang tidak beraturan dengan luas permukaan yang meningkat (Vasanthan, 2003). Permukaan

butiran pati oksidasi menjadi tidak kompak akibat adanya pengikisan yang disebabkan oleh bekerjanya oksidator selama proses oksidasi yang mampu mendegradasi pati (Mathew *et al.*, 2007; Hernandez *et al.*, 2008). Berikut perbandingan kenampakan pati jagung alami dan pati yang telah mengalami oksidasi ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Perbandingan kenampakan hasil pengujian SEM pati jagung alami (a) dan pati oksidasi (b) (Zang *et al.*, 2009)

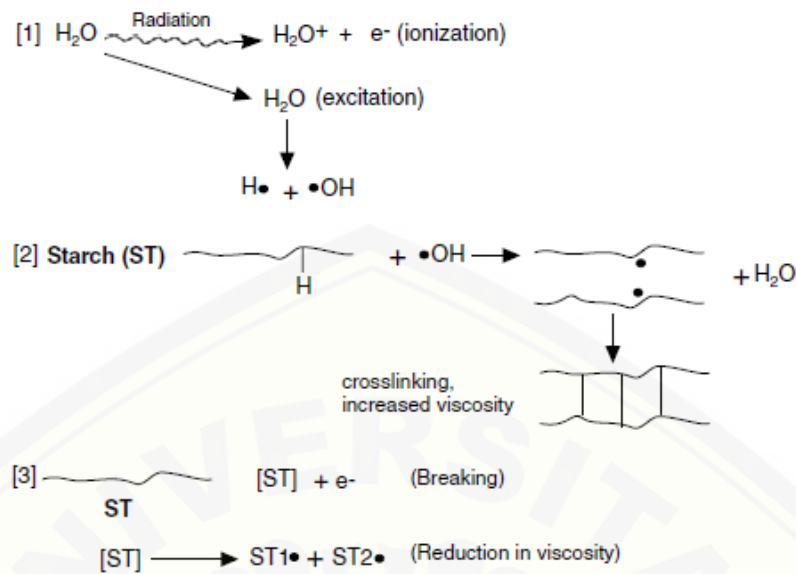
Mekanisme oksidasi pati oleh hidrogen peroksida ditempuh melalui tiga jalur: Jalur A:  $H_2O_2$  mengoksidasi gugus hidroksil pada C2 yang terdapat di ujung rantai pati (A1). Oksidasi lebih lanjut menghasilkan  $CO_2$  dan molekul pati yang terbuka salah satu struktur kursinya (A2-A3). Jalur B:  $H_2O_2$  mengoksidasi gugus hidroksil utama yaitu gugus hidroksil pada C6. Jalur C:  $H_2O_2$  dengan konsentrasi tinggi mampu mengoksidasi gugus hidroksil pada 2 atom C sekaligus yaitu C2 dan C3 yang terdapat pada internal molekul glukosa (C1). Oksidasi lebih lanjut menghasilkan molekul karboksilat dengan berat molekul rendah,  $CO_2$  dan molekul pati yang terbuka salah satu struktur kursinya (C2) (Lukasiewicz *et al.*, 2007). Berikut mekanisme oksidasi pati oleh hidrogen peroksida ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mekanisme oksidasi pati oleh hidrogen peroksida (Lukasiewicz *et al.*, 2007)

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mengalami dekomposisi dikarenakan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi, antara lain peningkatan suhu (2,2 faktor meningkat setiap 10<sup>0</sup>C), peningkatan pH (khususnya pada pH>6-8), peningkatan kontaminasi (logam transisi seperti tembaga, besi, mangan) sebagai katalisator, keberadaan stabilisator dan pemaparan dengan sinar ultraviolet (Harmon *et al.*, 1971).

Proses oksidasi menggunakan hidrogen peroksida dapat menghasilkan kandungan karbonil yang tinggi. Hasil penelitian El-Sheikh *et al.* (2010) menunjukkan kandungan karbonil meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hingga 0,3% kemudian menurun. Peningkatan kandungan karbonil ini disebabkan karena tingkat oksidasi yang tinggi. Sementara penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi diatas 0,3% memiliki kandungan karbonil yang semakin menurun yang disebabkan oleh jumlah radikal bebas dan oksigen yang dihasilkan sangat banyak kemudian saling terhubung dan bergabung kembali (*cross-linking*). Berikut Pengaruh irradiasi pada polimer pati menyebabkan degradasi dan *cross-linking* ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pengaruh irradiasi pada polimer pati menyebabkan degradasi dan *cross-linking* (Bath and Karim, 2009)

Struktur pati yang mengalami *cross-linking* juga mempengaruhi tingkat kelarutan pati. Kelarutan pati akan meningkat jika mengalami oksidasi karena terjadinya depolimerisasi molekul pati dan lemahnya struktur granula yang menyebabkan terlarutnya fraksi amilosa ke medium (Adebowale *et al.*, 2002). Penelitian dari Tethool (2012) menunjukkan terjadinya penurunan kelarutan dengan penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$  4% dan 5%. Hal ini kemungkinan disebabkan akibat terjadinya *photo-crosslinking* selama oksidasi. Adanya ikatan silang antar molekul pati menyebabkan terhambatnya depolimerisasi pati (Kuakpetoon and Wang, 2006; Wang and Wang, 2003).

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Budiyati *et al.* (2016) bahwa kelarutan pati sukun meningkat dengan peningkatan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  sampai 2% namun kemudian menurun. Penurunan kelarutan pati ini dikarenakan penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang lebih tinggi akan menghasilkan jumlah radikal hidroksil yang berlebih sehingga radikal-radikal tersebut memusnahkan diri dengan bergabung kembali menjadi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan tidak sempat bereaksi dengan pati (Wang and Wang, 2003).



## 2.6 Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung dalam Sistem Emulsi

Emulsi merupakan sistem tidak stabil yang terdiri atas dua atau lebih fase yang tidak saling bercampur (Bortnowska, 2012). Jenis emulsi berdasarkan fasenya terdiri atas emulsi minyak dalam air atau *oil in water* (O/W) dan emulsi air dalam minyak atau *water in oil* (W/O) (McClements, 2015). Sistem emulsi minyak dalam air atau *oil in water* (O/W) adalah sistem emulsi dimana minyak sebagai fase terdispersi dan air sebagai fase pendispersi. Beberapa produk pangan yang termasuk dalam sistem emulsi minyak dalam air adalah susu, krim, mayonnaise dan adonan roti. Sementara sistem emulsi air dalam minyak atau *water in oil* (W/O) adalah sistem emulsi dimana air sebagai fase terdispersi dan minyak sebagai fase pendispersi. Jenis emulsi ini dapat ditemukan dalam produk pangan seperti mentega dan margarin (Winarno, 1997).

Ketidakstabilan pada sistem emulsi dapat dikendalikan dengan penambahan surfaktan sebagai penstabil emulsi (Hunter *et al.*, 2008). Surfaktan adalah suatu zat yang memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan suatu medium dan menurunkan tegangan antarmuka pada dua fase dengan polaritas yang berbeda. Surfaktan merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan dalam bidang pangan sebagai emulsifier atau zat pengemulsi yang mampu menjaga kestabilan emulsi minyak dan air.

Emulsifier yang digunakan dalam bidang pangan dapat berupa emulsifier alami maupun sintetik. Contoh emulsifier alami yaitu protein berupa *bovine serum albumin* (BSA), kasein, albumin telur, *whey* protein, protein kedelai dan lisozim. Protein adalah molekul *food grade* yang dapat digunakan sebagai emulsifier. Sementara emulsifier sintetik dapat berupa span dan *Polyglycerol Polyricinoleate* (PGPR) yang digunakan dalam jenis emulsi air dalam minyak (W/O) serta *Tween* yang banyak digunakan untuk sistem emulsi minyak dalam air (O/W) (Benichou *et al.*, 2002).

*Span* (ester asam lemak sorbitan) merupakan turunan dari reaksi sorbitol dengan asam lemak (Bash, 2015). *Span* merupakan jenis emulsifier nonionik lipofilik dengan nilai HLB rendah yang memiliki berat molekul rendah dan permukaan aktif (Hasenhuettl, 1997). Batas maksimal konsumsi harian



(Acceptable Daily Intake/ADI) total ester sorbitan adalah sebesar 0-25 mg/kg berat badan. Span 80 merupakan jenis ester sorbitan yang umum digunakan dalam industri pangan.

*Tween* merupakan modifikasi dari ester sorbitan dengan etilen oksida. Emulsifier ini memiliki karakteristik fisik berwarna kuning hingga orange bening, cair dan berminyak. *Tween* bersifat hidrofilik karena panjangnya rantai polioksietilen (Norm, 2015). *Tween* 60, 65 dan 80 legal digunakan sebagai emulsifier kue, *whipped cream*, emulsi minyak dan lemak nabati (sebagai substitusi susu dan krim dalam minuman kopi), emulsifier untuk *icing* dan *filling* kue serta pelapis permen dan coklat. *Tween* 80 merupakan emulsifier *food grade* dengan ADI sebesar 0-25 mg/kg berat badan.

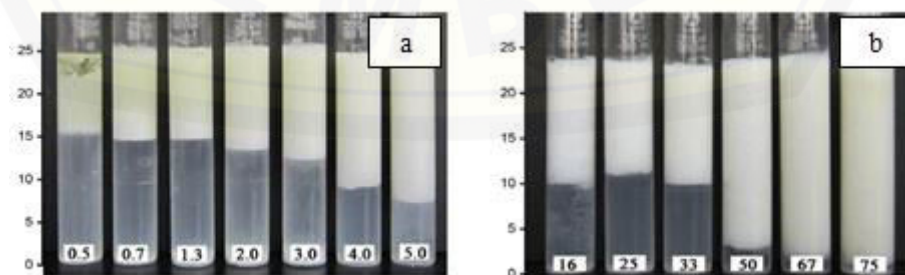
Penggunaan jenis emulsifier alami umumnya cukup mahal karena berasal dari sumber protein (Ho *et al.*, 2016). Sementara emulsifier sintesis yang digunakan dalam bahan pangan memiliki batas konsumsi harian karena dalam jumlah besar dapat membahayakan tubuh. Saat ini telah banyak digunakan penstabil emulsi pada makanan berupa *pickering emulsion*. *Pickering emulsion* merupakan emulsi yang distabilkan oleh partikel padat yang terabsorpsi ke antarmuka fase minyak dan air (Chevalier and Bolzinger, 2013; Xiao *et al.*, 2016). Partikel padat sebagai emulsifier telah banyak digunakan dalam produk pangan karena memiliki stabilitas antarmuka yang kuat, tidak beracun, ramah lingkungan dan biaya murah (Yu *et al.*, 2013). Beberapa partikel padat yang digunakan sebagai penstabil emulsi ialah mikropartikel selulosa (Kalashnikova *et al.*, 2011), nanokristal selulosa (Capron and Cathala, 2013), kristal lemak (Rousseau, 2013), nanokristal chitin (Tzoumakis *et al.*, 2011) dan nanopartikel pati (Dufresne, 2014). Selain itu, modifikasi pati secara hidrofobik dengan ukuran partikel kecil dapat digunakan sebagai *pickering emulsion* (Tan *et al.*, 2012; Yusoff and Murray, 2011).

Kestabilan emulsi dengan penggunaan *pickering emulsion* berupa nanopartikel pati dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu konsentrasi pati dan konsentrasi minyak yang ditambahkan. Konsentrasi partikel pati merupakan parameter penting yang mempengaruhi stabilitas emulsi. Song *et al.* (2015)

melakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi pati OSA (*Octenyl Succinic Anhydride*) terhadap volume krim yang dihasilkan dalam sistem emulsi selama penyimpanan. Penelitian tersebut menggunakan rentang konsentrasi pati 0,5-5% dengan konsentrasi minyak 33%. Hasil kenampakan emulsi dengan variasi penambahan konsentrasi pati setelah disimpan selama 35 hari dalam suhu ruang ditunjukkan pada Gambar 2.8a.

Penambahan konsentrasi pati 0,5-4% menghasilkan volume krim yang semakin meningkat dan tetap konstan ketika konsentrasi pati ditingkatkan menjadi 5%. Peningkatan konsentrasi pati dapat meningkatkan volume krim yang terbentuk pada emulsi yang disebabkan adanya peningkatan viskositas fase cair serta gaya antar partikel pati dan minyak semakin tinggi (Song *et al.*, 2015). Selain itu daya serap partikel dipermukaan tetesan emulsi meningkatkan kepadatan tetesan (Jia *et al.*, 2015). Hasil penelitian Li *et al.* (2013) juga menunjukkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi pati maka ukuran tetesan menurun dan stabilitas emulsi semakin meningkat selama penyimpanan.

Konsentrasi minyak yang ditambahkan juga memiliki pengaruh terhadap stabilitas emulsi. Penggunaan variasi konsentrasi minyak juga diteliti oleh Song *et al.* (2015) yaitu dengan penggunaan konsentrasi pati 4% (w/v) dan penambahan konsentrasi minyak 15-75% (v/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume krim pada sistem emulsi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi minyak. Kenampakan emulsi dengan variasi penambahan konsentrasi minyak setelah disimpan selama 35 hari dalam suhu ruang ditunjukkan pada Gambar 2.8b.



Gambar 2.8 Pengaruh konsentrasi pati OSA (a) dan konsentrasi minyak (b) terhadap kestabilan emulsi setelah penyimpanan 35 hari pada suhu ruang (Song *et al.*, 2015).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Hasil Pertanian (RPPHP) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada dan laboratorium Biomaterial dan Rekayasa Bioproses *Center for Development of Advance Science and Tecnology* (CDAST) Universitas Jember pada bulan April sampai Juni 2018.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas peralatan untuk pembuatan nanopartikel pati jagung dan peralatan untuk pengujian. Peralatan dalam pembuatan nanopartikel pati jagung meliputi satu set alat fotooksidasi dengan lampu UV-C menggunakan merek Alinco dan pompa merek interbat model DB-108 HATTEN, *drying cabinet* dan *blender*. Peralatan untuk pengujian nanopartikel pati jagung meliputi *sentrifuse* merek Hitachi CR21GIII, *homogenizer* merek Stuart SMH2, neraca analitik merek ohaus, vortex merek Thermolyne type 16700 mixer, *magnetic stirer* merek *SM stuart Scientific* SM24, *erlenmeyer*, *hot plate*, *beaker glass* dan gelas ukur.

#### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan untuk pembuatan nanopartikel pati jagung berupa pati jagung komersial merek *Kingmao Corn Starch*, Hidrogen Peroksida konsentrasi 30% merek KgaA dan aquades. Bahan untuk pengujian yaitu minyak *palm oil* merek Bimoli dan minyak jagung merek MamaSuka.

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian meliputi pembuatan nanopartikel pati secara fotooksidasi dan pengujian aplikasinya sebagai *pickering emulsion*. Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

dengan faktor tunggal yaitu variasi lama waktu fotooksidasi dengan 3 kali pengulangan.

Faktor = lama waktu fotooksidasi

T<sub>0,5</sub> = lama waktu fotooksidasi 0,5 jam

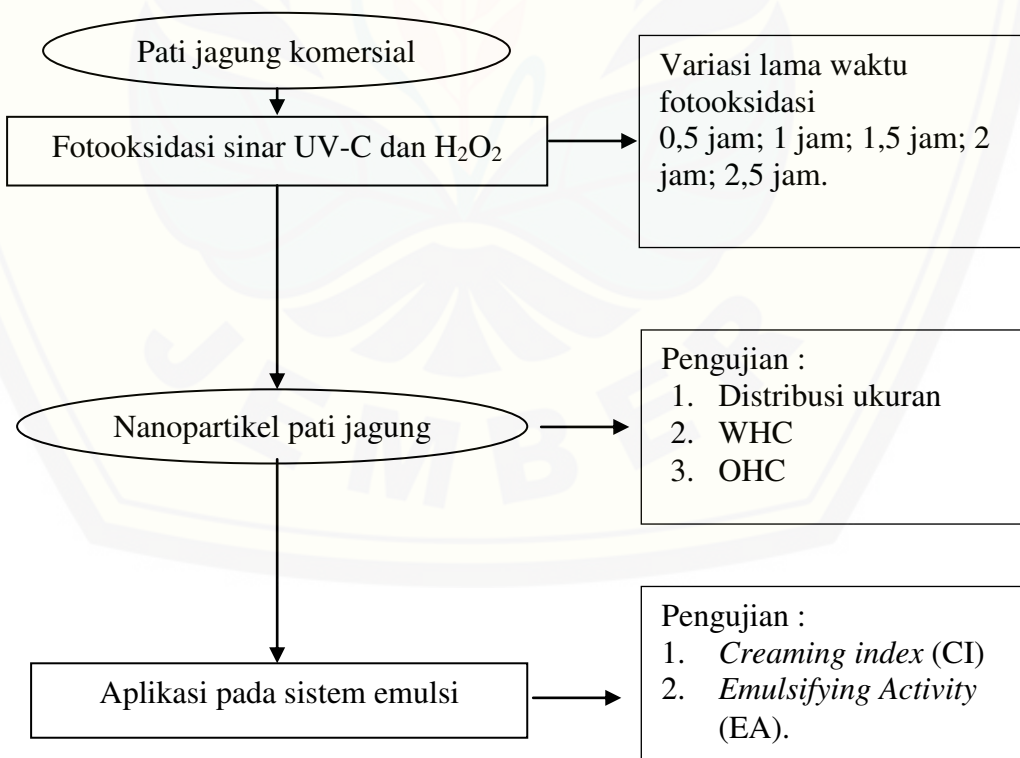
T<sub>1</sub> = lama waktu fotooksidasi 1 jam

T<sub>1,5</sub> = lama waktu fotooksidasi 1,5 jam

T<sub>2</sub> = lama waktu fotooksidasi 2 jam

T<sub>2,5</sub> = lama waktu fotooksidasi 2,5 jam

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yakni 1) Pembuatan nanopartikel pati jagung dengan metode fotooksidasi 2) Analisa distribusi ukuran partikel, *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC) pada nanopartikel pati jagung, 3) aplikasi nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi, 4) analisa *Creaming Index* (CI) dan *Emulsifying Activity* (EA). Diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

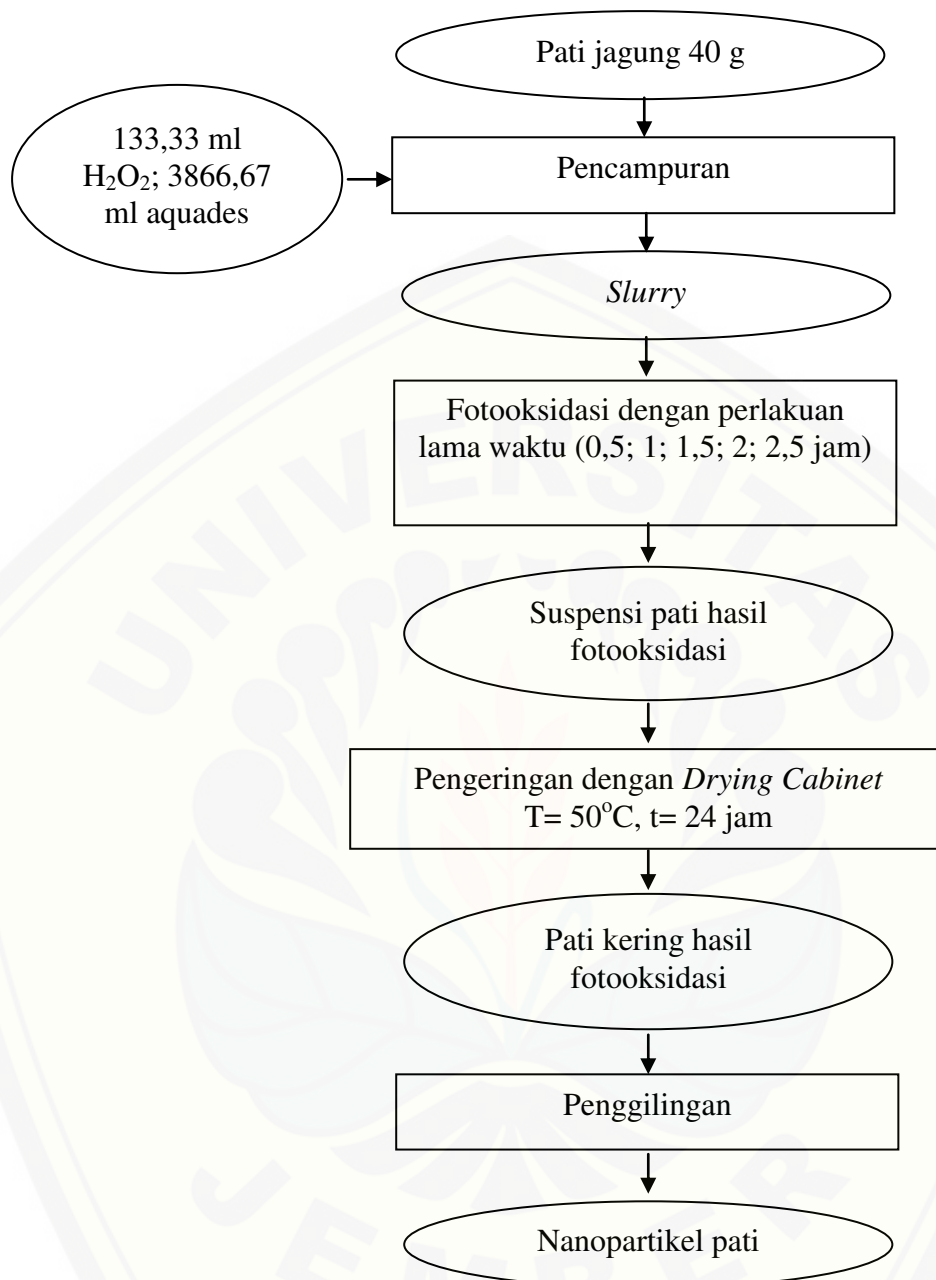


Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian

### 3.3.2 Pembuatan nanopartikel pati jagung

Pembuatan nanopartikel pati jagung dilakukan dengan penambahan oksidator kuat berupa hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) disertai pemaparan sinar UV-C pada panjang gelombang 254 nm. Fotooksidasi pati diawali dengan pembuatan 4000 mL *slurry* dari pencampuran 40 gram pati jagung, 133,33 mL oksidator  $H_2O_2$  30%, dan 3866,67 mL aquades. Bahan-bahan tersebut dihomogenisasi lalu di tuangkan kedalam tabung wadah sampel pada alat fotooksidasi yang dilengkapi dengan alat pengaduk. Sebelum dilakukan penuangan *slurry*, pada bagian *jacket tank* alat fotooksidasi harus diisi dengan air. Setelah itu, *slurry* ditarik oleh pompa untuk dilewatkan pada lampu UV-C (irradiasi sinar UV-C). Pemaparan dilakukan dengan menekan tombol power lampu UV-C pada alat fotooksidasi. Proses fotooksidasi berlangsung sesuai variasi lama waktu fotooksidasi 0,5; 1; 1,5; 2 dan 2,5 jam. *Slurry* yang telah dipapar sinar UV-C selanjutnya dikeluarkan dari tabung wadah sampel melalui kran output bahan. *Slurry* kemudian dituangkan pada loyang untuk dilanjutkan pengeringan menggunakan *Drying Cabinet* dengan suhu  $50^{\circ}C$  selama 24 jam. Pati yang telah kering kemudian digiling hingga menjadi butiran pati halus berupa nanopartikel pati jagung. Berikut diagram alir pembuatan nanopartikel pati jagung ditunjukkan pada Gambar 3.2.



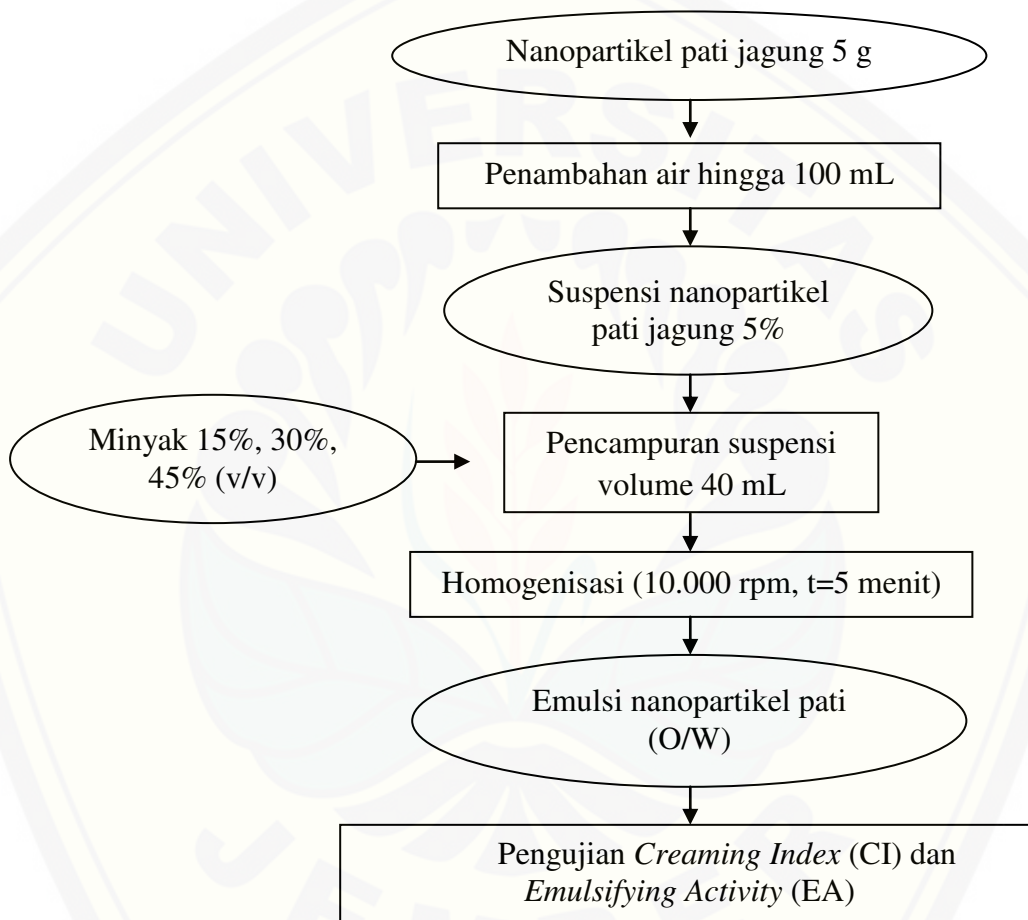


Gambar 3.2 Diagram alir proses pembuatan nanopartikel pati jagung (Palupi, 2011)

### 3.3.3 Pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi

Pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi disesuaikan dengan metode oleh Ho *et al.* (2016) dengan sedikit modifikasi. Emulsi disiapkan sebanyak 40 mL yang terdiri atas campuran fase minyak dan air. Fase air disiapkan dengan cara menimbang nanopartikel pati jagung sebesar 5 g lalu

ditambah dengan air sampai volume larutan 100 mL. Konsentrasi minyak yang digunakan yaitu: 15%, 30% dan 45% (v/v). Selanjutnya minyak ditambahkan pada fase air yang telah disiapkan sebelumnya dengan nanopartikel pati di dalamnya. Campuran diemulsifikasi menggunakan homogenizer dengan kecepatan putaran 10.000 rpm selama 5 menit. Diagram alir pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi O/W ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi O/W (Ho *et al.*, 2016)

### 3.4 Parameter Penelitian

Beberapa parameter yang diuji dalam penelitian ini, antara lain :

- Distribusi ukuran menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS) (Liu *et al.*, (2011)
- Water Holding Capacity* (WHC) (Niba *et al.*, 2001)
- Oil Holding Capacity* (OHC) (Niba *et al.*, 2001)

- d. Pengujian nanopartikel pati jagung pada sistem emulsi (O/W) berupa *Creaming Index* (CI) (Ho *et al.*, 2016) dan *Emulsifying Activity* (EA) (Vazquez-Ovando, 2013)

### 3.5 Prosedur Analisis

#### 3.5.1 Distribusi ukuran menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS)

Ukuran nanopartikel pati jagung diuji dengan prinsip *Dynamic Light Scattering* (DLS) menggunakan alat Malvern Zetasizer nano (Malvern Instruments Ltd, UK). Menurut Liu *et al.*, (2011) distribusi ukuran dan ukuran rata-rata dilakukan dengan melarutkan sampel dalam aquades dengan konsentrasi 1% (g nanopartikel pati kering/mL aquades) dan disentrifus sebanyak 2 kali, yaitu 6000 rpm selama 15 menit dilanjutkan dengan 4000 rpm selama 10 menit. Pengukuran distribusi ukuran partikel dilakukan pada suhu 25°C dengan waktu pembacaan 20 menit per sampel.

#### 3.5.2 Kemampuan Menahan Air /*Water Holding Capacity* (WHC)

WHC merupakan kemampuan fungsional jaringan pati dalam menahan air. Pengukuran WHC pati dapat dilakukan sesuai metode sentrifugasi dari Niba *et al.* (2001). Sampel sebanyak 1 g dilarutkan dengan 9 g aquades di dalam tabung sentrifus. Suspensi divortex pada suhu ruang selama 2 menit kemudian dilakukan pendiaman selama 45 menit. Setelah pendiaman, suspensi disentrifugasi pada suhu 25°C dengan kecepatan putar 10.000 rpm dan lama waktu 10 menit. Supernatan yang dihasilkan dipisah perlahan-lahan sehingga didapatkan endapan pati yang selanjutnya dilakukan penimbangan. Berat endapan yang diperoleh menghasilkan nilai WHC pati dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{WHC (g/g)} = \frac{\text{Berat endapan (g)} - \text{berat sampel (g)}}{\text{berat sampel (g)}}$$

#### 3.5.3 Kemampuan Menahan Minyak /*Oil Holding Capacity* (OHC)

OHC merupakan kemampuan fungsional jaringan pati dalam menahan minyak. OHC pati dapat ditentukan dengan metode sentrifugasi dari Niba *et al.* (2001). Sampel sebanyak 1 g dilarutkan dalam 9 g minyak di dalam tabung

sentrifus. Suspensi divortex pada suhu ruang selama 2 menit kemudian didiamkan selama 45 menit. Setelah pendiaman, suspensi dilakukan sentrifugasi selama 10 menit dengan suhu 25°C dan kecepatan putar 10.000 rpm. Supernatan yang dihasilkan dibuang perlahan-lahan dan didapatkan endapan yang selanjutnya dilakukan penimbangan. Berikut rumus perhitungan nilai OHC:

$$\text{OHC (g/g)} = \frac{\text{Berat endapan (g)} - \text{berat sampel (g)}}{\text{berat sampel (g)}}$$

#### 3.5.4 Pengukuran pada sistem emulsi (O/W)

##### a. *Creaming Index* (CI)

Pengukuran *Creaming Index* (CI) dilakukan dengan menyiapkan sampel emulsi sebanyak 40 mL dalam gelas ukur lalu diobservasi dengan melihat terjadinya pemisahan atau koalisi emulsi. Kemudian diukur volume *cream* yang terbentuk. *Creaming Index* dihitung menggunakan rumus menurut Ho *et al.* (2016) yaitu sebagai berikut :

$$\text{CI} = \frac{\text{HS}}{\text{HE}} \times 100\%$$

CI = *Creaming Index*

HS = tinggi lapisan bening yang terukur (mL)

HE = tinggi emulsi seluruhnya (mL)

Nilai *creaming index* (CI) yang lebih kecil menunjukkan bahwa emulsi tersebut lebih stabil.

##### b. *Emulsifying Activity* (EA)

Pengukuran batas-batas lapisan yang terlihat selama penyimpanan (7 hari) dengan metode Vazquez-Ovando (Vazquez-Ovando, 2013). Sampel emulsi sebanyak 40 mL dituangkan dalam gelas ukur (50 mL). Gelas ukur ditutup rapat dan diletakkan dalam ruangan. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari dengan mengukur batas ketinggian larutan bening dan *cream* yang terlihat, kemudian dihitung nilai *Emulsifying Activity* (EA) menggunakan rumus menurut Vazquez-Ovando (2013) sebagai berikut :

$$\text{EA} = (\text{Lapisan krim yang terbentuk (mL)}) / (\text{Total emulsi (mL)}) \times 100\%$$

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses fotooksidasi menggunakan sinar UV-C dan penambahan oksidator  $H_2O_2$  pada pati jagung dapat menghasilkan partikel berukuran nano. Perlakuan variasi lama waktu fotooksidasi berpengaruh nyata terhadap nilai *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC). Semakin lama waktu fotooksidasi yang diberikan akan menghasilkan penurunan ukuran partikel serta peningkatan nilai WHC dan OHC pati jagung.
2. Nanopartikel pati jagung hasil fotooksidasi menggunakan sinar UV-C dan oksidator  $H_2O_2$  merupakan penstabil *pickering emulsion* yang dapat menstabilkan emulsi minyak dalam air. Penambahan nanopartikel pati jagung sebanyak 5% dengan konsentrasi minyak 45% menghasilkan emulsi paling stabil dengan nilai *creaming index* (CI) yang rendah sebesar 5,63% dan *Emulsifying Activity* (EA) sebesar 90%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengujian nanopartikel pati jagung sebagai penstabil *pickering emulsion* pada sistem emulsi air dalam minyak atau *water in oil* (W/O). Selain itu, perlu adanya pemanasan hingga mencapai titik gelatinisasi pada kontrol (pati jagung tanpa fotooksidasi) sehingga dapat diketahui kestabilannya selama penyimpanan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K. O., O. S. Lawal. 2002. Effect of annealing and heat moisture conditioning on the physicochemical characteristics of bambara groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch. *Nahrung/Food*. 46: 311-316.
- Adebowale, K. O., T. A. Afolabi., B. I. Olu-Owolabi. 2006. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. *Carbohydrate Polymer* 65:93–101.
- Alam, N., Nurhaeni. 2008. Komposisi kimia dan sifat fungsional pati jagung berbagai varietas yang diekstrak dengan pelarut natrium bikarbonat. *J. Agroland* 15(2): 89-94.
- Eliasson, A-C. 2004. *Starch in Food*. England: Woodhead Publishing Limited Cambridge.
- Arts, S. J. H. F., E. J. M. Mombarg., H. Van Bekkum., R. A. Sheldon. 1997. Hydrogen peroxide and oxygen in catalytic oxidation of carbohydrates and related compounds. *Synthesis* 1: 597-613.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Data Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai Tahun 2015*. Jakarta: Berita Resmi Statistik.
- Bel Haaj, S., A. Magnin., C. Petrier., S. Boufi. 2013. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers* 92: 1625-1632.
- Belitz, H.D., W. Grosch. 1999. *Food Chemistry*. Second Edition. Springer Verlag Berlin.
- BeMiller, J. N., Whistler, R. L. 2009. *Starch: Chemistry and technology* (3rd ed.). New York: Academic Press.
- Benichou A., A. Aserin., N. Garti. 2002. Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsion. *Dispersion Science and Technology* 23: 93-123.
- Bertolini, A. C., P. Mestres., Colonna., J. Raffi. 2001. Free radical formation in UV and gamma-irradiated cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 44: 269-271.

- Beynum, G. M. A. V., J. A. Roels. 1985. *Starch Conversion Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bhat, R., A. A. Karim. 2009. Impact of radiation processing on starch. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8: 44-58.
- Bortnowska, G. 2012. Effects of pH and ionic strength of NaCl on the stability of diacetyl and (E)- $\alpha$ -pinene in oil-in-water emulsions formed with food-grade emulsifiers. *Food Chemistry* 135 (3): 112-115.
- Budiyati, C. S., A. C. Kumoro., R. Ratnawati., D. S. Retnowati. 2016. *Modifikasi Pati Sukun (Artocarpus Altilis) dengan Teknik Oksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida tanpa Katalis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Capron, I., B. Cathala. 2013. Surfactant-free high internal phase emulsions stabilized by cellulose nanocrystals. *Biomacromolecules* 14(2): 291-296.
- Chellaram, C., G. Murugaboopathi., A. A. John., R. Sivakumar., S. Ganesan., S. Krithika., and G. Priya. 2014. Significance of nanotechnology in food industry. *Procesia APCBEE* 8: 109-113.
- Chelule, P. K., H. P. Mbongwa., S. Carries., N. Gqaleni. 2010. Lactic acid fermentation improves the quality of amahewu, a traditional south african maize-based porridge. *Food Chemistry* 122: 656-661.
- Chevalier, Y., M. A. Bolzinger. 2013. Emulsions stabilized with solid nanoparticles: Pickering emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 439: 23-34.
- Copeland, L., J. Blazek., H. Salman., M. C. Tang. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloid* 23: 1527-1534.
- Dickinson, E., M. Golding. 1997. Rheology of sodium caseinate stabilized oil-in-water emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science* 191: 166-176.
- Dufresne, A. 2014. Crystalline starch based nanoparticles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 19: 397-408.
- Dufresne, A., J.-Y. Cavaille, J.-Y., W. Helbert. 1996. Communication to the editor. New nanocomposite materials : microcrystalline starch reinforced thermoplastic. *Macromolecules* 29: 7621-7626.
- El-sheikh, M. A., M. A. Ramadan., A. El-Shafie. 2010. Photo-oxidation of rice starch. Part I: using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers* 80: 266-269.

- Fang, Y. Y., L. J. Wang., D. Li., B. Z. Li., B. Bhandari., X. D. Chen., Z. H. Mao. 2008. Preparation of crosslinked starch microspheres and their drug loading and releasing properties. *Carbohydrate Polymers* 74: 379-384.
- Fennema, O. W. 1985. *Principle Of Food Science. Food Chemistry, 2nd (ed)*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Fiedorowicz, M., P. Tomasik., Cracow (Poland)., S. You., S-T. Lim. 1999. Molecular distribution and pasting properties of uv-irradiated corn starches. *Starch* 51: 126-131.
- Fry, S. C. 1998. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate induced hydroxyl radicals. *Biochemical Journal* 332: 507-515.
- Fuji, S., Y. Cai., J. V. M. Weaver., S. P. Armes. 2005. Syntheses of shell crosslinked micelles using acidic abc triblock copolymers and their application as pH responsive particulate emulsifiers. *Journal of the American Chemical Society* 127 (20): 7304-7305.
- Hernandez, G. G., R. I. Gómez., S. G. F. Gallardo., C. A. H. Escobar., P. P. Romo. 2008. Contreras: fast wood fiber esterification. I. Reaction with oxalic acid and cetyl alcohol. *Carbohydrate Polymer* 71(1): 1-8.
- Garcia, N.L., M. Lamanna., N. D'Accorso., A. Dufresne., M. Aranguren., S. Goyanes. 2012. Biodegradable materials from grafting of modified pla onto starch nanocrystals. *Polymer Degradation and Stability* 97: 2021-2016.
- Harmon, R. E., S. K. Gupta., J. Jonson. 1971. Oxidation of starch by hydrogen peroxide in the presence of uv light. Part I. *Die Starke* 23: 347-349.
- Harmon, R. E., S. K. Gupta., J. Jonson. 1972. Oxidation of starch by hydrogen peroxide in the presence of uv light. Part II. *Die Starke* 24: 8-11.
- Hee-Joung, A. 2005. *Effect Of Ozonation and Addition of Amino Acid on Properties of Ricestarches. Doctoral Thesis*. Louisiana State University.
- Herawati, W. D. 2012. *Budidaya Padi*. Yogyakarta: Javalitera.
- Ho, K. W., C. W. Ooi., W. M. Mwangi., W. F. Leong., B. T. Tey., E. -S. Han. 2016. Comparison of self-aggregated chitosan particles prepared with and without ultrasonication pretreatment as pickering emulsifier. *Food Hydrocolloids* 52: 827-834.
- Hunter, T., R. J., Pugh., G. V. Franks., G. J. Jameson. 2008. The role of particles instabilizing foams and emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science* 137: 57-81.

- Jain, K. K. 2008. *The Handbook of Nanomedicine*. Basel: Humana Press.
- Jia, X. J., R. R. Xu., W. Shen., M. X. Xie., M. Abid., S. Jabbar., T. Wu. 2015. Stabilizing oil-in-water emulsion with amorphous cellulose. *Food Hydrocolloids* 43: 275–282.
- Jones, C. W. 1999. *Application of Hydrogen Peroxide and Derivatives*. United Kingdom: Royal Society of Chemistry.
- Kalashnikova, H., B. Bizot., I. Cathala. 2011. Capron, new pickering emulsions stabilized by bacterial cellulose nanocrystals. *Langmuir* 27: 7471–7479.
- Kim, H.-Y., J. -A. Han., D. -K. Kweon., J. -D. Park., S. -T. Lim. 2013. Effect of ultrasonic treatments on nanoparticle preparation of acid-hydrolyzed waxy maize starch. *Carbohydrate Polymers* 93: 582-588.
- Kim, J.-Y., D.-J. Park., S.-T. Lim. 2008. Fragmentation of waxy rice starch granules by enzymatic hydrolysis. *Cereal Chemistry* 85(2): 182-187.
- Koswara, 2009. *Teknologi Modifikasi pati*. Ebookpangan.com.
- Kuakptoon, D., Y. J. Wang. 2008. Locations of hypochlorite oxidation in corn starches varying in amylose content. *Carbohydrate Research* 343: 90–100.
- Lamanna, M., N. J. Morales., N. L. Garcia., S. Goyanes. 2013. Development and characterization of starch nanoparticles by gamma radiation. *Carbohydrate Polymers* 97: 90-97.
- Lawal, O. S. 2004. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chemistry* 87: 205–218.
- Li J, E. Baroja-Fernández., A. Bahaji., F. J. Muñoz., M. Ovecka., M. Montero. 2013. Enhancing sucrose synthase activity results in increased levels of starch and adp-glucose in maize (zeamays l.) Seed endosperms. *Plant Cell Physiol* 54: 282–94.
- Liu, D., Q. Wu., H. Chen., P. R. Chang. 2009. Transitional properties of starch colloid with particle size reduction from micro to nanometer. *Journal of Colloid and Interface Science* 339: 117-124.
- Lukasiewicz, M., S. Bednarz., A. Ptaszek., I. Gerlich., A. Bednarz., D. Bogdal., B. Achremowicz. 2007. Microwave assisted oxidative degradation of starch-estimation of degree of oxidation of the modified biopolymer. *11th*



*International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-11).*

- Rivera, M. M., F. J. L. García-Suárez, M. Velázquez del Valle, F. Gutierrez-Meraz, L. A. Bello-Pérez. 2005. Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers* 62(1): 50–56.
- Ma, X., R. Jian., P. R. Chang., J. Yu. 2008. Fabrication and characterization of citric acid-modified starch nanoparticles or plasticized-starch composites. *Biomacro-molecules* 9: 3314-3320.
- Mali, S., M. V. E. Grossmann., M. A. Garcia., M. N. Martino., N. E. Zaritzky. 2005. Mechanical and thermal properties of yam starch films. *J. Food Hydrocolloid* 19: 157-164.
- Masschelein, W. J. 2002. *Ultraviolet Light in Water and Wastewater Sanitation*. Lewis Publisher USA is an Imprint CRC Press LLC.
- McClements, D. J. 2015. *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Third Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- McWilliams, M. 2001. *Foods Experimental Perspective*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Merlin, A., J. P. Fouassier. 1981. Etude de radicaux libres formes par irradiation ultraviolette de l'amidon: application aux reactions de photodégradation et de photogreffage. *Makromolekular Chemie* 182: 3053–68.
- Moorthy, S. N. 2004. *Starch in Food Structure, Function and Applications*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Palupi, N. W. 2011. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Lama Penyinaran UV-C terhadap tingkat oksidasi dan pengembangan pati kasava pada proses pemanggangan. *Thesis tidak dipublikasikan*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Raffi, J., J. Agnel. 1983. Influence of the physical structure of irradiated starches on their electron spin resonance spectra kinectic. *J. Phys. Chem* 87: 2369-2373.
- Rousseau, D. 2013. Trends in structuring edible emulsions with pickering fat crystals. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 18(4): 283-291.



- Roy P., S. Das., T. Bera., S. Mondol., A. Mukherjee. 2010. Andrographoid nanoparticles in leishmaniasis: characterization and in vitro evaluations. *International Journal Nanomedicine* 5: 113
- Mathew, T., E. Abraham. 2007. Physico-chemical characterization of starch ferulates of different degrees of substitution. *Food Chem* 105: 579–589.
- Saari, H. 2017. Starch Stabilized Pickering Emulsion : Colloidal Starch Particle and Their Effects on Emulsion Properties. *Doctorial Thesis*. UK: University of Birmingham.
- Scoconi, M., C. Ghiglione. 1997. Photo-Oxidation Mechanism of Poly (2,6-dimethyl-1,4-phenyleneoxide). *Die Angewandte Makromolekulare Chemie* 252. 4525 : 237-256. *Paper Presented at the Nineteenth Annual International Conference on Advances in the Stabilization and Degradation of Polymers in Luzern. Switzerland* 9-11.
- Singh, N., K. S. Sandhu., M. Kaur. 2005. Physicochemical Properties Including Granular Morphology, Amylose Content, Swelling and Solubility, Thermal and Pasting Properties of Starches from Normal, Waxy, High Amylose and Sugary Corn. *Progress in Food Biopolymer Research* 1: 43-55.
- Song, D., Y. S. Thioc., Y. Denga. 2011. Starch nanoparticle formation via reactive extrusion and related mechanism study. *Carbohydrate Polymers* 85: 208-214.
- Song, X., Y. Pei., M. Qiao., F. Ma., H. Ren., Q. Zhao. 2015. Preparation and characterizations of pickering emulsions stabilized by hydrophobic starch particles. *Food Hydrocolloids* 45: 256–263.
- Sriburi, P., S. E. Hill., F. Barclay. 1999. Depolymerization of cassava starch. *Carbohydrate Polymer* 38: 2111-2118.
- Suarni, M., Aqil., I. U. Firmansyah. 2008. Starch Characterization of Several Maize Varieties for Industrial Use in Indonesia. *Proceeding of The 10th Asian. Regional Maize Workshop*. p.74-78.
- Sun, C., S. Gunasekaran. 2009. Effects of protein concentration and oil-phase volume fraction on the stability and rheology of menhaden oil-in-water emulsions stabilized by whey protein isolate with xanthan gum. *Food Hydrocolloids* 23 : 165-174.
- Sun, Q., H. Fan., L. Xiong. 2014. Preparation and characterization of starch nanoparticles through ultrasonic-assisted oxidation methods. *Carbohydrate Polymers* 106: 359-364.

- Tan, Y., K. Xu., L. Li., C. Liu., C. Song., P. Wang. 2009. Fabrication of sizecontrolled starch-based nanospheres by nanoprecipitation. *American Chemical Society. Applied Material Interfaces* 1: 956-959.
- Tan, Y., K. Xu., C. Liu., Y. L. Li., C. G. Lu., P. X. Wang. 2012. Fabrication of starchbased nanospheres to stabilize pickering emulsion. *Carbohydrate Polymers* 88(4): 1358-1363.
- Tharanathan, R. N. 2005. Starch-value addition bymodification. *Crit Rev Food Sci Nutr* 45: 371-84.
- Tzoumaki, M. V., T. Moschakis., V. Kiosseoglou., C. G. Biliaderis. 2011. Oil in water emulsions stabilized by chitin nanocrystal particles. *Food Hydrocolloids* 25(6): 1521-1529.
- Vatanasuchart, N., O. Naivikul., S. Charoenrein., K. Siroth. 2005. Molecular properties of cassava starch modified with different uv irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers* 61: 80-87.
- Wang, Y. J., L. Wang. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers* 52: 207-217.
- Wheelan, J., S. Peat. 1950. The photochemical degradation of starch and allied carbohydrates. *J Soc Dyers Colourists* 65: 748.
- Winarno, F. G. 1997. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarti, C., T. C. Sunarti., N. Richana. 2011. Produksi dan Aplikasi Pati Nanopartikel. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 7(2): 104-114.
- Wurzburg, O. B. 1995. In Alistair, M. Food Polysaccharides and Their Applications. *Food Science and Technology*. USA.
- Xiao, J., Y. Li., Q. Huang. 2016. Recent advances on food- grade particles stabilized pickering emulsions: fabrication, characterization and research trends. *Trends in Food Science & Technology* 55: 48-60.
- Ye, F., M. Miao., B. Jiang., O. H. Campanella., Z. Jin., T. Zhang. 2017. Elucidation of stabilizing oil-in-water pickering emulsion with different modified maize starch-based nanoparticles. *Food Chemistry* 229: 152-158.

- Yu, D. H., Z. Y. Lin., Y. M. Li. 2013. Octadecenylsuccinic anhydride pickering emulsion stabilized by gemethacryloxy propyl trimethoxysilane grafted montmorillonite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 422: 100-109.
- Yusoff, A., B. S. Murray. 2011. Modified starch granules as particle stabilizers of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids* 25(1): 42-55.
- Zhang, S. D., Y. R. Zhang., X. L. Wang., Y. Z. Wang. 2009. High carbonyl content oxidized starch prepared by hydrogen peroxide and its thermoplastic application. *Starch/Stärke* 61: 646–655.
- Zhang, Y. R., X. L. Wang., G. M. Zhao., Y. Z. Wang. 2012. Preparation and properties of oxidized starch with high degree of oxidation. *Carbohydrate Polymers* 87: 2554–2562.

## LAMPIRAN

**Lampiran 4.1 Data hasil pengukuran distribusi ukuran partikel**

Tabel 1.1 Data hasil pengukuran distribusi ukuran partikel

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
T0,5	170	172.4	167.7	170.03	2.35
T1	171.9	156.5	141.7	156.70	15.10
T1,5	134.2	131.1	131.3	132.20	1.73
T2	153.7	142.7	132.9	143.10	10.41
T2,5	189.1	182.9	196	189.33	6.55

Tabel 1.2 Analisis varian distribusi ukuran dengan SPSS 16 one way ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	6046.636	4	1511.659	19.490	.000
Within Groups	775.593	10	77.559		
Total	6822.229	14			

Tabel 1.3 Hasil uji beda distribusi ukuran dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
T0,5	170.03	C
T1	156.70	Bc
T1,5	132.20	A
T2	143.10	Ab
T2,5	189.33	D

**Lampiran 4.2 Data hasil pengukuran *Water Holding Capacity* (WHC)**Tabel 2.1 Data hasil pengukuran *Water Holding Capacity* (WHC)

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
T0,5	1.25	1.24	1.21	1.23	0.02
T1	1.38	1.28	1.33	1.33	0.05
T1,5	1.47	1.38	1.5	1.45	0.06
T2	1.58	1.53	1.53	1.55	0.03
T2,5	1.45	1.46	1.46	1.46	0.01

Tabel 2.2 Analisis varian *Water Holding Capacity* (WHC) dengan SPSS 16 one way ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	.180	4	.045	29.145	.000
Within Groups	.015	10	.002		
Total	.195	14			

Tabel 2.3 Hasil uji beda *Water Holding Capacity* (WHC) dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
T0,5	1.23	A
T1	1.33	B
T1,5	1.45	C
T2	1.55	D
T2,5	1.46	C



**Lampiran 4.3 Data hasil pengukuran *Oil Holding Capacity* (OHC)**Tabel 3.1 Data hasil pengukuran *Oil Holding Capacity* (OHC)

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
T0,5	1.02	0.95	0.97	0.98	0.04
T1	1.04	1.04	1.00	1.03	0.02
T1,5	1.10	1.08	1.13	1.10	0.03
T2	1.07	1.18	1.11	1.12	0.06
T2,5	1.08	1.06	1.06	1.07	0.01

Tabel 3.2 Analisis varian *Oil Holding Capacity* (OHC) dengan SPSS 16 one way ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	.039	4	.010	8.573	.003
Within Groups	.011	10	.001		
Total	.050	14			

Tabel 3.3 Hasil uji beda *Oil Holding Capacity* (OHC) dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
T0,5	0.98	A
T1	1.03	Ab
T1,5	1.10	C
T2	1.12	C
T2,5	1.07	Bc

