



**SIFAT REOLOGI NANOPARTKEL PATI JAGUNG HASIL  
FOTOOKSIDASI SINAR UV-C DAN  
HIDROGEN PEROKSIDA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Vindy Julian Try Kurniawan**

**141710101081**

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



**SIFAT REOLOGI NANOPARTIKEL PATI JAGUNG HASIL  
FOTOOKSIDASI SINAR UV-C DAN  
HIDROGEN PEROKSIDA**

**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 :

**Vindy Julian Try Kurniawan**

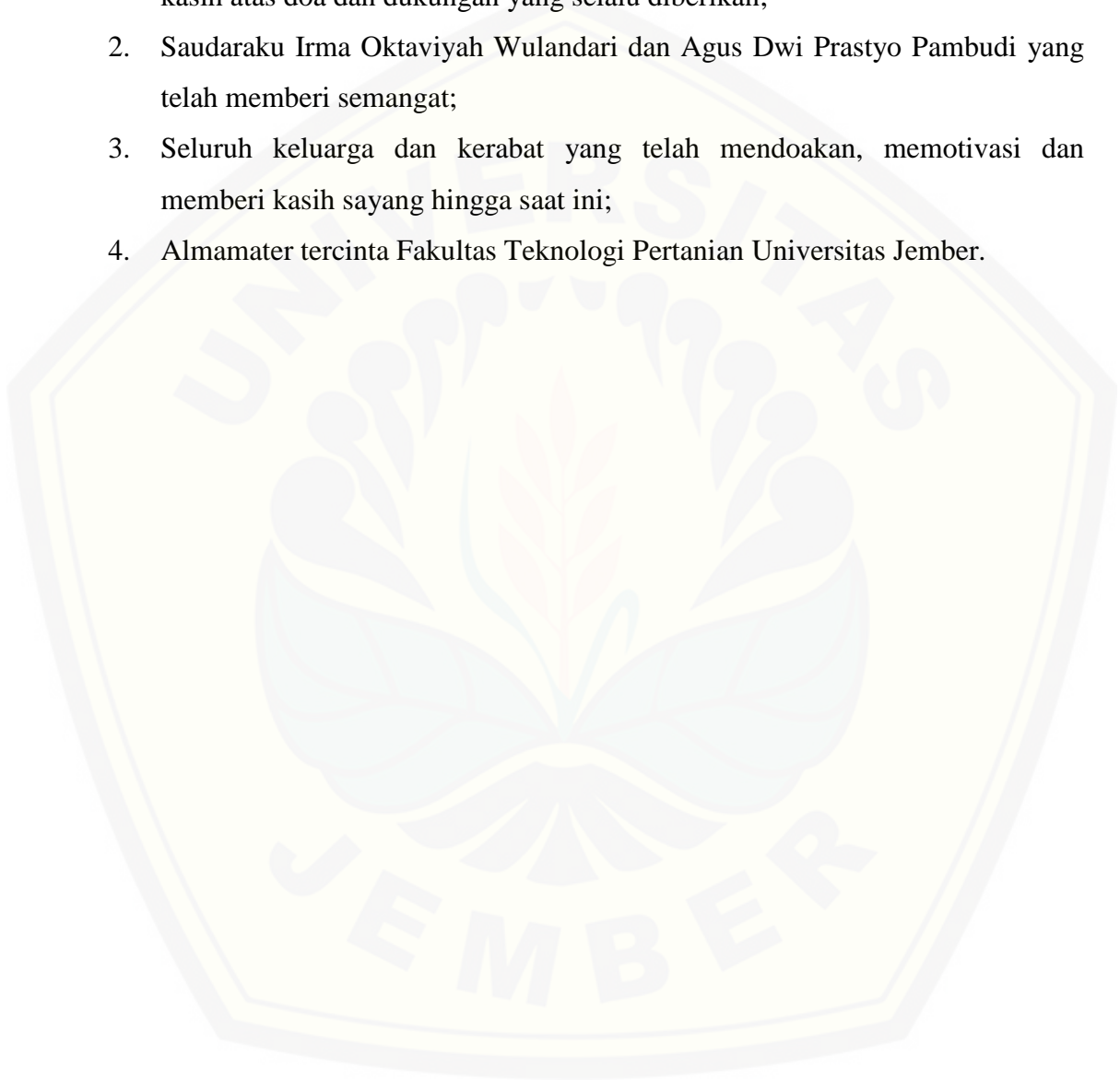
**141710101081**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih kepada :

1. Ayahanda Mahudi dan Ibunda Satumi Ningsih yang sangat aku cintai, terima kasih atas doa dan dukungan yang selalu diberikan;
2. Saudaraku Irma Oktaviah Wulandari dan Agus Dwi Prastyo Pambudi 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**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah,6-8)

"Kita berdoa kalau kesusahan dan membutuhkan sesuatu, mestinya kita juga berdoa dalam kegembiraan besar dan saat rezeki melimpah"

(Kahlil Gibran)

"Kita melihat kebahagiaan itu seperti pelangi, tidak pernah berada di atas kepala kita sendiri, tetapi selalu berada di atas kepala orang lain"

(Thomas Hardy)

"Mereka berkata bahwa setiap orang membutuhkan tiga hal yang akan membuat mereka berbahagia di dunia ini, yaitu; seseorang untuk dicintai, sesuatu untuk dilakukan, dan sesuatu untuk diharapkan"

(Tom Bodett)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Vindy Julian Try Kurniawan

NIM : 141710101081

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Sifat Reologi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sinar UV-C dan Hidrogen Peroksida”** 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, 04 Oktober 2018  
Yang menyatakan

Vindy Julian Try K.  
NIM 141710101081

**PENGESAHAN**

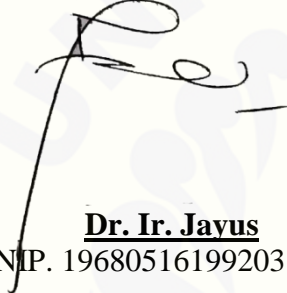
Skripsi berjudul “**Sifat Reologi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sinar UV-C dan Hidrogen Peroksida**” karya Vindy Julian Try Kurniawan, NIM 141710101081 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Kamis, 04 Oktober 2018

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

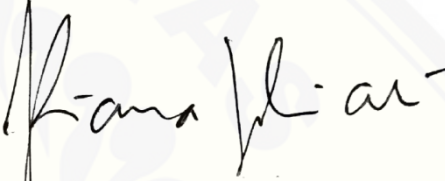
Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota




**Dr. Ir. Jayus**  
NIP. 196805161992031004

Penguji Utama




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

Penguji Anggota




**Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc.**  
NIP. 196411091989021002



**Dr. Ir. Sih Yuwanti, M.P.**  
NIP. 196507081994032002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember



**Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng**  
NIP. 196809231994031009



## RINGKASAN

**Sifat Reologi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sinar UV-C dan Hidrogen Peroksida;** Vindy Julian Try Kurniawan; 141710101081; 60 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Partikel pati dengan rentang ukuran 1-1000 nm disebut dengan nanopartikel. Aplikasi nanopartikel pati dalam industri pangan semakin bertambah seiring dengan perbaikan karakteristik fisikokimia dan fungsionalnya. Aplikasi tersebut antara lain sebagai bahan tambahan pangan, komposit *biodegradable* dan bahan enkapsulan. Sebagian besar nanopartikel pati diaplikasikan pada media air dalam bentuk suspensi. Sifat reologi pada suspensi pati dapat dipengaruhi kekuatan ionik (NaCl) yang menghasilkan karakteristik seperti turunnya viskositas dan meningkatnya stabilitas suspensi. Pembuatan nanopartikel pati masih mempunyai beberapa kelemahan seperti memerlukan waktu yang lama dan ukuran partikel yang beragam. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan penggunaan metode fotooksidasi berupa irradiasi sinar UV-C dan penambahan oksidator  $H_2O_2$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan oksidator  $H_2O_2$  terhadap karakteristik nanopartikel dan sifat reologi nanopartikel pati jagung pada larutan garam.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu konsentrasi  $H_2O_2$  yang terdiri dari 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data hasil penelitian diolah menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada taraf 5% dan diuji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan New Multiple Range Test*). Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram serta dibandingkan dengan pati jagung tanpa perlakuan fotooksidasi sebagai sampel kontrol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi hidrogen peroksida berpengaruh nyata terhadap ukuran partikel dan nilai WHC-OHC nanopartikel pati jagung. Peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida menghasilkan ukuran

yang lebih kecil serta nilai WHC dan OHC yang meningkat. Hal ini dikarenakan hidrogen peroksida secara efektif mampu menghasilkan radikal hidroksil yang dapat memutus ikatan glikosidik. Pemutusan ikatan ini, memicu terjadinya pengikisan pada granula sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dengan karakteristik struktur berpori yang memiliki sifat fungsional lebih baik dibanding pati dengan ukuran lebih besar.

Pati jagung hasil fotooksidasi dan penambahan  $H_2O_2$  pada konsentrasi 2% menghasilkan ukuran yang lebih kecil dengan nilai sebesar 177,47 nm serta nilai WHC dan OHC lebih tinggi dengan nilai berturut-turut sebesar 1,40 g/g dan 1,26 g/g. Nanopartikel terbaik selanjutnya disuspensikan dalam larutan ionik (NaCl) untuk diuji viskositas dan indeks endapan. Suspensi nanopartikel pati jagung hasil fotooksidasi menggunakan sinar UV-C selama 60 menit dan oksidator  $H_2O_2$  2% dalam larutan garam 5% lebih stabil suspensi dan turun viskositas suspensi dibandingkan tanpa penambahan garam, penambahan garam 10%, dan 15%.



## SUMMARY

**Rheological Properties of Corn Starch Nanoparticles Photo-Oxidized by UV-C Light and Hydrogen Peroxide;** Vindy Julian Try Kurniawan; 141710101081; 2018: 60 pages; Department of Agricultural Product Technology Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Starch particles with a size range of 1-1000 nm are called nanoparticles. Application of starch nanoparticles in the food industry is increasing along with improvements in their physicochemical and functional characteristics. These applications include food additives, biodegradable composites and encapsulant materials. Most starch nanoparticles are applied to water media in the form of suspensions. The rheological properties of starch suspensions can be influenced by ionic strength (NaCl) which results in characteristics such as decreased viscosity and increased suspension stability. Production of starch nanoparticles still has several disadvantages such as requiring a long time and forming various particle sizes. The efforts were made to overcome this problem by using the photooxidation method in the form of UV-C irradiation and addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidizing agents. The purpose of this study was to determine the effect of adding H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidizing agents to the characteristics of nanoparticles and rheological properties of corn starch nanoparticles in salt solutions.

This study used completely randomized design (CRD) single factor, namely H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration consisting of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2%. Each treatment was repeated three times. The research data were processed using ANOVA (Analysis of Variants) at the 5% level and further tested using DMRT (Duncan New Multiple Range Test). The results of the study were presented in tables and diagrams and compared with corn starch without photooxidation treatment as a control sample.

The results showed that the variation of hydrogen peroxide concentration significantly affected the particle size and value of WHC-OHC corn starch nanoparticles. Increased hydrogen peroxide concentration generated smaller size particles and increased WHC and OHC values. This was because hydrogen

peroxide can effectively produced hydroxyl radicals which can broke the glycosidic bonds. Termination of this bond, triggered the erosion of granule and changed the size to smaller part with the porous structure that had better functional properties than the starch with larger size.

Corn starch which produced by photooxidation and addition of  $H_2O_2$  at 2% concentration had smaller size with value of 177.47 nm and higher WHC and OHC with values of 1.40 g / g and 1.26 g / g respectively. The best nanoparticles was suspended in ionic solution (NaCl) to test viscosity and sediment index. Photooxidation corn starch nanoparticles using UV-C light for 60 minutes and 2% addition  $H_2O_2$  in a salt solution 5% more stabile suspension and decreased viscosity of the suspension compared to without salt addition, 10% salt addition, and 15%.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sifat Reologi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sinar UV-C dan Hidrogen Peroksida”. 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. Triana Lindriati S.T., 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. Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc. dan Dr. Ir. Sih Yuwanti, 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, Sofin Murdiana Agustin dan Izzatul Qani'ah, terimakasih atas keberadaan kalian sebagai penyemangat selama pelaksanaan penelitian ini, saya sangat menyayangi kalian;
9. Rekan spesial yang rela menghabiskan waktunya untuk membantu dan menemani saya serta sebagai semangat hidup saya yaitu Sofin Murdiana Agustin;
10. THP-C dan UKKM-Agritechship, keluargaku tersayang dimana menjadi tempatku mendapatkan banyak pengalaman yang sangat berharga;
11. Teman yang menjadi saudara di jember yakni teman se atap rumah Dedi Kurniawan, Nugroho Setyo Aji, Nugroho Setya Budi, Nofal Ilhami Putra dan Moh. Jamaludin;
12. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa dan persahabatan
13. 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, 04 Oktober 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 .....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Struktur Kimia Pati .....	5
2.2 Karakteristik Pati Jagung .....	7
2.3 Teknologi Pembuatan Nanopartikel Pati .....	9
2.4 Pengaruh Sinar Ultraviolet (Sinar UV) pada Proses Oksidasi.....	10
2.5 Oksidator Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	11
2.6 Sifat Fungsional WHC dan OHC pada Pati.....	18
2.7 Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung dalam Suspensi .....	19
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22

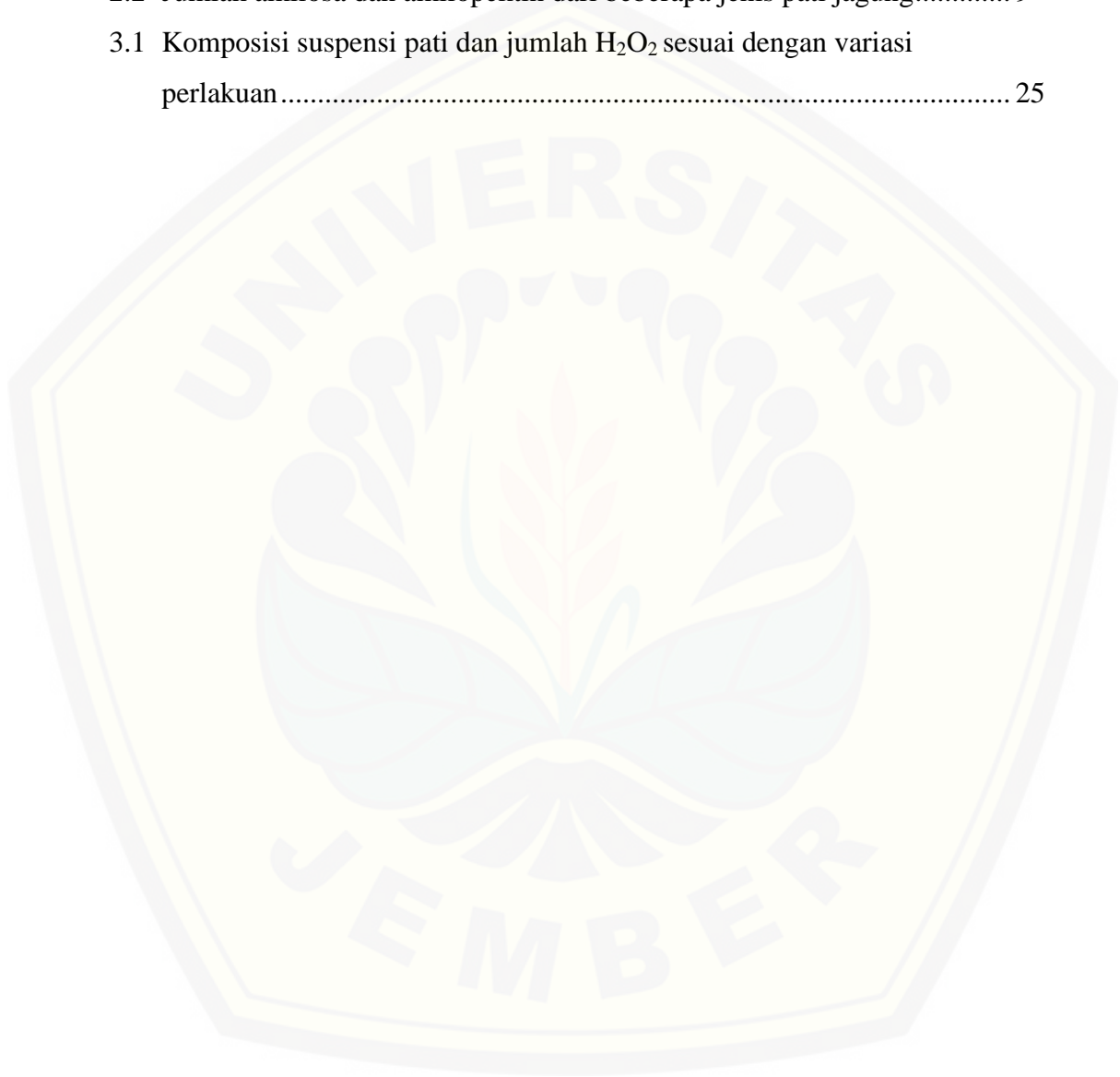


3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.2.1	Alat Penelitian .....	22
3.2.2	Bahan Penelitian .....	22
3.3	Metode Penelitian .....	24
3.3.1	Rancangan Penelitian.....	24
3.3.2	Pembuatan nanopartikel pati jagung dengan metode fotooksidasi dengan variasi penambahan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	24
3.3.3	Pengujian suspensi nanopartikel pati di dalam larutan garam NaCl.....	26
3.4	Parameter Penelitian .....	27
3.5	Prosedur Parameter Pengamatan .....	28
3.5.1	Ukuran Partikel .....	28
3.5.2	<i>Water Holding Capacity</i> (WHC).....	28
3.5.3	<i>Oil Holding Capacity</i> (OHC).....	28
3.5.4	Viskositas suspensi nanopartikel pati jagung .....	29
3.5.5	Indeks endapan suspensi nanopartikel pati.....	29
3.6	Analisis Data.....	30
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1	Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) Terhadap Ukuran Nanopartikel Pati .....	31
4.2	<i>Water Holding Capacity</i> (WHC) Nanopartikel Pati Jagung.....	33
4.3	<i>Oil Holding Capacity</i> (OHC) Nanopartikel Pati Jagung .....	35
4.4	Viskositas Suspensi Nanopartikel Pati Jagung .....	36
4.5	Indeks Endapan Nanopartikel Pati Jagung .....	38
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>41</b>
5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran .....	41
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kandungan amilosa dan amilopektin pada berbagai jenis pati.....	6
2.2 Jumlah amilosa dan amilopektin dari beberapa jenis pati jagung.....	9
3.1 Komposisi suspensi pati dan jumlah H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sesuai dengan variasi perlakuan.....	25

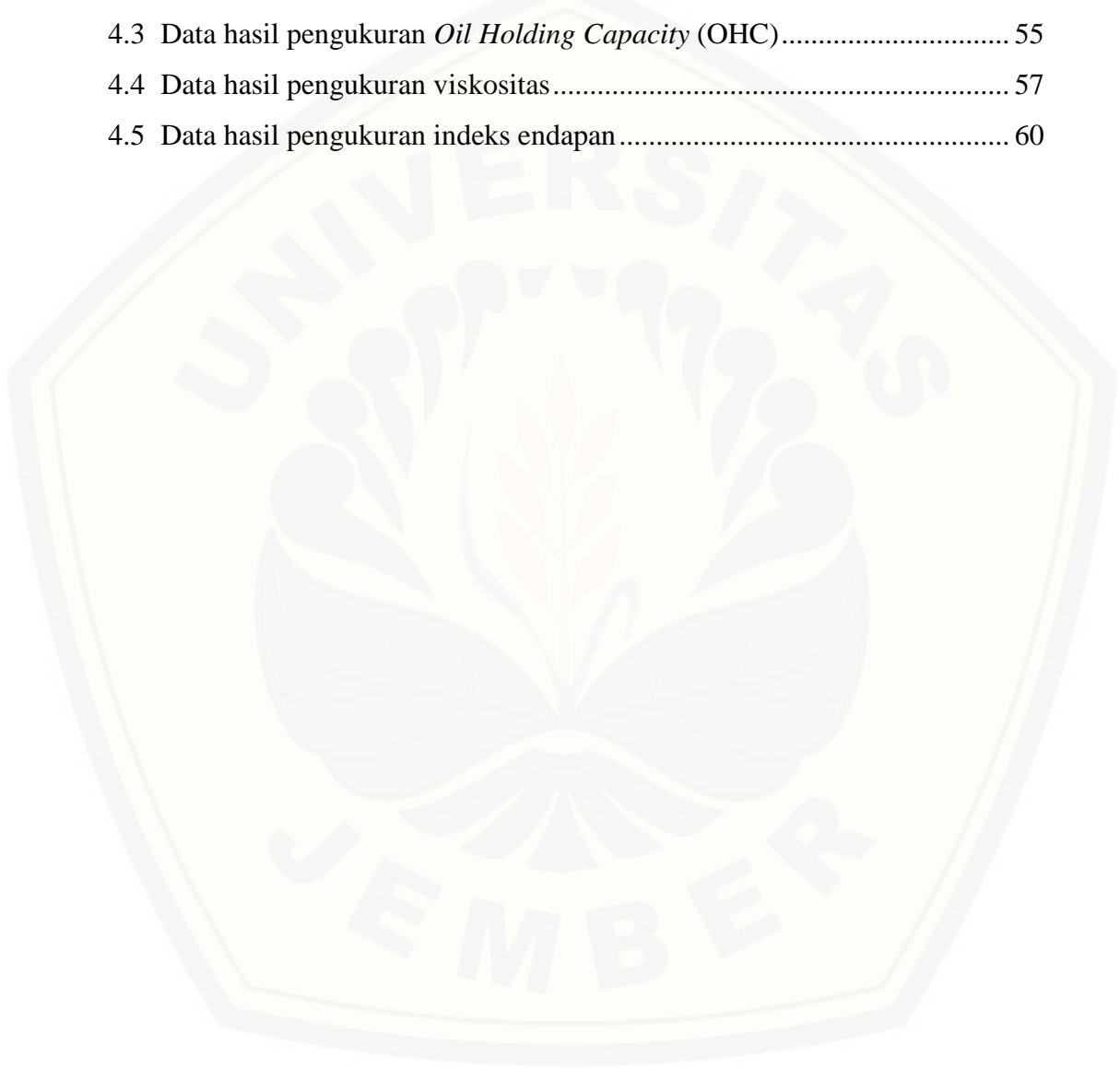


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Struktur rantai amilosa dan amilopektin polimer pati.....	6
2.2 Struktur granula pati.....	8
2.3 Reaksi Hidrolisis Pati dengan Asam.....	13
2.4 Oksidasi pada pati oleh natrium hipoklorit.....	14
2.5 Oksidasi pati menghasilkan dua gugus.....	15
2.6 Mekanisme reaksi oksidasi pati dengan hidrogen peroksida.....	16
2.7 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida.....	17
3.1 Skema alat fotooksidasi menggunakan irradasi sinar UV-C.....	23
3.2 Skema tahapan penelitian pembuatan nanopartikel dan pengujian pada larutan garam.....	24
3.3 Diagram alir proses pembuatan pati jagung nanopartikel.....	26
3.4 Diagram alir pengujian suspensi nanopartikel pada larutan garam NaCl.....	27
4.1 Diagram batang nilai ukuran nanopartikel pati jagung hasil variasi konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	31
4.2 Diagram batang nilai WHC nanopartikel pati jagung.....	33
4.3 Mekanisme hidrasi polimer.....	34
4.4 Diagram batang nilai OHC nanopartikel pati jagung.....	35
4.5 Diagram batang nilai viskositas suspensi pada variasi konsentrasi NaCl.....	37
4.6 Diagram batang nilai indeks endapan suspensi dengan penambahan variasi konsentrasi NaCl.....	38
4.7 Kenampakan suspensi pati alami dan nanopartikel dengan variasi penambahan NaCl setelah penyimpanan selama 2 jam.....	40
4.8 Kenampakan suspensi pati alami dan nanopartikel dengan variasi penambahan NaCl setelah penyimpanan selama 72 jam.....	40

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
4.1 Data hasil pengukuran distribusi ukuran partikel .....	52
4.2 Data hasil pengukuran <i>Water Holding Capacity</i> (WHC) .....	53
4.3 Data hasil pengukuran <i>Oil Holding Capacity</i> (OHC).....	55
4.4 Data hasil pengukuran viskositas.....	57
4.5 Data hasil pengukuran indeks endapan.....	60



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Partikel dengan rentang ukuran 1-1000 nm disebut dengan nanopartikel (Jain, 2008). Partikel berukuran nano mampu menghasilkan karakteristik viskositas yang rendah dan daya pengikat yang tinggi (Winarti *et al.*, 2011). Biopolimer yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel ialah protein dan karbohidrat karena ketersediaanya melimpah dan dapat didegradasi menjadi material yang berukuran nanometer (Palupi, 2011). Salah satu sumber karbohidrat yang berpotensi sebagai bahan nanopartikel adalah pati jagung karena mempunyai kadar amilopektin yang tinggi sebesar 74-76% (Singh *et al.*, 2005). Secara alami, pati yang dominan tersusun atas amilopektin mempunyai kumpulan partikel nano di dalam granula pati pada daerah kristalinitasnya sehingga dapat diekstraksi atau diisolasi menjadi nanopartikel pati (Dufresne, 2014).

Pembuatan nanopartikel pati dapat dilakukan dengan beberapa metode meliputi hidrolisis asam (Dufresne *et al.*, 1996), hidrolisis enzimatis (Le Corre *et al.*, 2011), homogenisasi tekanan tinggi (Liu *et al.*, 2009), irradiasi sinar gama (Lamanna *et al.*, 2013; Gracia *et al.*, 2012), dan ultrasonikasi (Haaj *et al.*, 2013). Beberapa metode tersebut dapat menghasilkan nanopartikel pati namun cenderung memerlukan waktu cukup lama dalam proses produksinya, yaitu 15 hari (Dufresne *et al.*, 1996) dan 5 hari (Angellier *et al.*, 2004) serta ukuran partikel yang dihasilkan masih dalam skala mikrometer (Kim *et al.*, 2008). Teknologi pembuatan nanopartikel pati dengan metode lain dapat dilakukan dengan teknik fotooksidasi yaitu menggunakan oksidator yang dikatalis oleh sinar-UV. Penggunaan sinar UV-C dapat menghasilkan energi dengan waktu penyinaran lebih singkat dibanding jenis sinar UV-A dan UV-B (Vatanasuchart *et al.*, 2005). Oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> merupakan oksidator kuat dan aman untuk pangan pada konsentrasi rendah yaitu sebesar 3% (Paravouri *et al.*, 1995; Tavares *et al.*, 2010; Sangseethong *et al.*, 2010). Beberapa peneliti tersebut menggunakan hidrogen

peroksida karena prosesnya tidak memerlukan pengaturan pH sehingga lebih mudah. Hidrogen peroksida juga mempunyai beberapa kelebihan dibanding oksidator lainnya yaitu tersedia secara komersial, dapat larut dalam air pada semua konsentrasi (Durrant, 1960), dan sifatnya yang ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu yaitu hanya air dan oksigen (Pelczar dan Chan, 2009).

Aplikasi nanopartikel pati dalam bidang pangan semakin meningkat dengan sifat fisikokimia dan fungsional yang baik sebagai bahan tambahan pangan, komposit *biodegradable* (Chen *et al.*, 2006) dan bahan enkapsulan atau penghantar komponen bioaktif pangan (Jafari *et al.*, 2008; Namazi *et al.*, 2011). Sebagian besar nanopartikel pati dalam aplikasinya dilarutkan dalam media air membentuk suspensi (Shi *et al.*, 2013). Sifat reologi suspensi menggambarkan dispersibilitas nanopartikel pati dalam larutan air yang merupakan salah satu faktor penting dalam aplikasinya sebagai bahan utama maupun bahan campuran dalam pangan (Kho and Hadinoto, 2010). Bahan ionik (seperti natrium klorida) mudah berinteraksi dengan nanopartikel pati dan mempengaruhi dispersinya dalam larutan air (Gustafsson *et al.*, 2000).

Kekuatan ionik suspensi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik partikel dalam suspensi (Carneiroda-Cunha *et al.*, 2011). Penambahan NaCl pada suspensi pati dapat menurunkan viskositas, meningkatkan stabilitas suspensi dan mengurangi pembengkakan granula pati (Shi *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian tersebut dihasilkan nilai viskositas menurun dari 35,015 Pa.s menjadi 0,438 Pa.s pada konsentrasi garam 0% sampai 10%. Sedangkan pada konsentrasi garam di atas 10% menunjukkan terjadinya peningkatan kembali viskositas mencapai 2,507 Pa.s.

Pengaruh konsentrasi larutan garam terhadap sifat reologi suspensi nanopartikel pati hasil fotooksidasi dengan  $H_2O_2$  belum diteliti sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan nanopartikel pati jagung menggunakan teknik fotooksidasi dengan variasi konsentrasi  $H_2O_2$  serta mengetahui pengaruh penambahan NaCl (dengan variasi konsentrasi yang berbeda) terhadap sifat reologi suspensi nanopartikel pati hasil fotooksidasi.



## 1.2 Rumusan Masalah

Teknologi pembuatan nanopartikel pati yang ada masih mempunyai beberapa kelemahan antara lain memerlukan waktu cukup lama yaitu 15 hari (Dufresne *et al.*, 1996) dan 5 jam (Harmon *et al.*, 1972). Upaya produksi nanopartikel pati dilakukan dengan teknik hidrolisis asam tetapi mempunyai keterbatasan yaitu waktu hidrolisis yang lama (15 hari), sehingga perlu memperbaiki kelemahan tersebut. Metode lain menggunakan kombinasi oksidator  $H_2O_2$  dengan iradiasi UV pada suhu ruang selama 5 jam. Namun, data hasil penelitian tersebut belum spesifik menyebutkan jenis sinar UV yang digunakan dan teknik iradiasinya masih dengan metode pemaparan tanpa sirkulasi sehingga oksidasi pati kurang optimal. Hal tersebut dapat menghambat pengaplikasian pada industri pangan, sehingga perlu metode alternatif yang lebih cepat yaitu fotooksidasi menggunakan  $H_2O_2$  yang disirkulasi dan dipapar oleh sinar UV-C. Penggunaan hidrogen peroksida dapat menghasilkan pati dengan tingkat oksidasi yang tinggi (Zhang *et al.*, 2009). Pengaruh konsentrasi  $H_2O_2$  mampu mendegradasi pati yang dapat menurunkan viskositas pati (El-Sheikh *et al.*, 2010). Sebagian besar nanopartikel pati dalam aplikasinya dilarutkan dalam media air membentuk suspensi. Penambahan bahan ionik (NaCl) berpengaruh terhadap sifat reologi suspensi nanopartikel pati yaitu menurunkan viskositas, meningkatkan stabilitas suspensi dan mengurangi pembengkakan granula pati (Shi *et al.*, 2012). Berdasarkan hal tersebut, penggunaan metode fotooksidasi dengan variasi konsentrasi  $H_2O_2$  diharapkan mampu menghasilkan nanopartikel pati jagung yang selanjutnya di uji dengan penambahan garam untuk mengetahui sifat reologi suspensi nanopartikel pati.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

- a. Mengetahui pengaruh konsentrasi oksidator  $H_2O_2$  terhadap karakteristik nanopartikel pati jagung komersial.
- b. Mengetahui sifat reologi suspensi nanopartikel pati jagung pengujian dalam larutan garam berkonsentrasi beda.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan sumber alternatif bahan penstabil suspensi bahan pangan yang alami dan lebih murah.



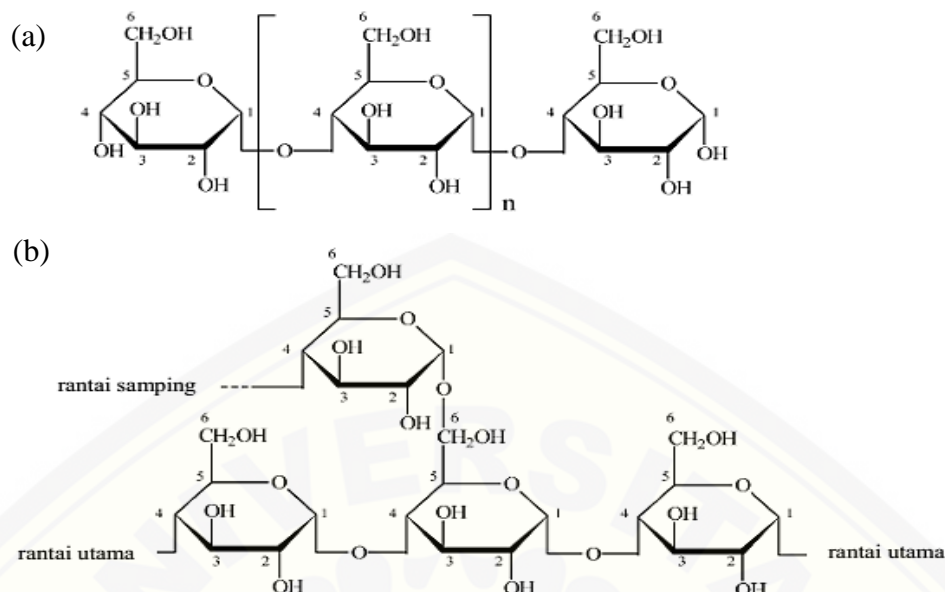
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Struktur Kimia Pati

Pati adalah polimer karbohidrat yang tersusun atas ratusan hingga ribuan satuan-satuan glukosa, untuk membentuk molekul yang berantai panjang, dalam bentuk granula (Haryadi, 1995). Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas yaitu fraksi terlarut (amilosa) dan fraksi tidak terlarut (amilopektin) (Winarno, 2004). Pati mengandung 72-83% amilopektin dan amilosa dengan kisaran 18-28%, tetapi ada jenis pati yang dapat mengalami mutasi seperti *waxy maize* yang memiliki amilopektin 99% dan ada beberapa jenis pati yang mempunyai kandungan amilosa sampai dengan 70% (Dufresne, 2014).

Pati merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula. Menurut Hodge dan Osman (1976), setiap jenis pati mempunyai karakteristik berbeda-beda sesuai dengan bentuk, ukuran granula, keseragaman granula dan permukaan granula. Granula pati berupa padatan bulat yang terbentuk dari molekul-molekul amilosa dan amilopektin yang teratur dengan arah jari-jari seperti kerang yang konsentrik. Secara fisik bentuk dari pati tersebut berwujud semikristalin yang terdiri dari bagian kristalin dan bagian amorf (Fience, 1989).

Polimer terbesar pada pati adalah amilopektin yang dapat mempengaruhi mobilitas molekul dan cenderung semakin kuat dengan adanya ikatan hidrogen yang dapat terretrogradasi sehingga amilopektin dalam cairan menjadi jelas dan stabil. Pada molekul amilopektin yang rantainya bercabang, molekul ini tidak sekuat dan sefleksibel amilosa pati. Amilosa dan amilopektin mempunyai perbedaan dalam hal penerimaan terhadap iodine. Amilosa akan membentuk kompleks berwarna biru sedangkan amilopektin membentuk kompleks warna ungu-coklat bila ditambah iodine (Furia, 1990). Struktur amilosa dan amilopektin polimer pati dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur amilosa (a) dan amilopektin (b) polimer pati (Moorthy, 2004).

Pati berwujud bubuk putih, tawar, dan tidak berbau. Pati tersusun atas campuran dua polisakarida, yaitu amilosa dan amilopektin. Molekul amilosa terdiri dari 70 sampai 350 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur rantai lurus, sedangkan amilopektin terdiri hingga 100.000 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur rantai bercabang (Gaman dan Sherrington, 1981). Komposisi dari amilosa dan amilopektin berbeda-beda untuk tiap jenis pati dimana hal ini juga akan berpengaruh pada karakteristik pati (McWilliams, 2001). Berikut kandungan amilosa dan amilopektin dari berbagai jenis pati yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan amilosa dan amilopektin pada berbagai jenis pati

Pati	Amilosa (%)	Amilopektin (%)
Jagung (Sampel)	25	75
Jagung Ketan	0	100
Jagung Amilo-5	53	47
Jagung Amilo-7	70	30
Kentang	22	78
Gandum	23	77
Beras	19	81
Kasava	17	83
Pisang	20	80
Shoti	30	70

Sumber : (Robyt, 2008)

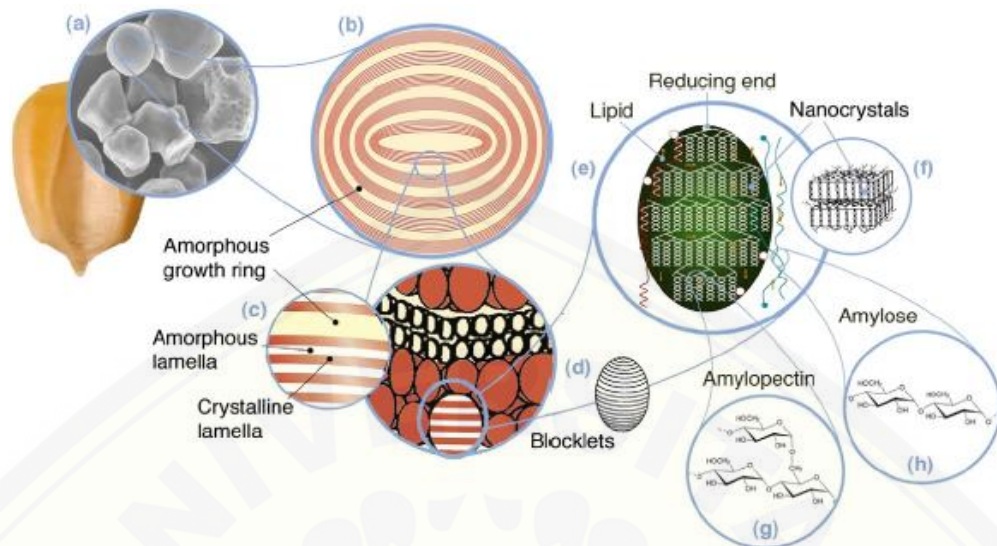
Pati dan juga produk turunannya merupakan bahan yang multiguna dan banyak digunakan pada berbagai industri antara lain pada minuman dan confectionary, makanan yang diproses, kertas, makanan ternak, farmasi dan bahan kimia serta industri non pangan seperti tekstil, detergent, kemasan dan sebagainya. Kegunaan pati dan turunannya pada industri makanan dan minuman memiliki persentase paling besar yaitu 60%, industri kertas dan tekstil sebanyak 25%, industri farmasi dan bahan kimia 10%, industri non pangan 4% dan makanan ternak sebanyak 1% (Copeland *et al.*, 2009).

Pati berbentuk butiran-butiran kecil yang disebut granula. Gallant *et al.*, (1997) membagi granula pati menjadi daerah kristalin dan semi-kristalin. Model granula pati berbentuk *blocklets*. Daerah lamela kristalin dan amorf dari amilopektin, hasil pengamatan dengan *Atomic Force Microscopy* (AFM), tersusun dalam bentuk oval yang disebut *blocklets*. Diameter *blocklet* berkisar antara 20-500 nm tergantung jenis pati dan lokasinya dalam 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.

## 2.2 Karakteristik Pati Jagung

Pengolahan jagung menjadi pati mempunyai prospek untuk meningkatkan nilai tambah jagung. Kebutuhan pati nasional yang berkisar antara 1,5-2,0 juta ton ternyata belum dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri sehingga Indonesia masih mengimpor pati, baik dalam bentuk alami maupun modifikasi. Jagung mengandung  $\pm$  70% pati (Kasryno, 2003). Sedangkan menurut Boyer dan Shannon (2003), Komponen kimia terbesar dalam jagung adalah karbohidrat, yaitu sekitar 72% dari berat biji yang sebagian besar berupa pati, yang secara umum mengandung amilosa 25-30% dan amilopektin sekitar 70-75%.



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)

Ukuran granula pati jagung menurut Singh *et al.*, (2005) rata-rata mempunyai ukuran yang cukup besar dan tidak homogen yaitu 1-7  $\mu\text{m}$  untuk yang kecil dan 15-20  $\mu\text{m}$  untuk yang besar. Granula besar berbentuk oval polyhedral dengan diameter 6-30  $\mu\text{m}$ . Beragam jenis pati berbeda juga ukuran granula pati dari setiap jenis. Granula pati beras memiliki ukuran yang kecil (3-8  $\mu\text{m}$ ), berbentuk poligonal dan cenderung terjadi agregasi atau bergumpal-gumpal. Granula pati jagung agak lebih besar (sekitar 15  $\mu\text{m}$ ), berbentuk bulat ke arah poligonal. Granula tapioka berukuran lebih besar (sekitar 20  $\mu\text{m}$ ), berbentuk agak bulat dan pada salah satu bagian ujungnya berbentuk kerucut. Granula pati gandum cenderung berkelompok dengan berbagai ukuran. Distribusi ukuran granula pati berpengaruh terhadap kekuatan pembengkakan pati. Ukuran granula pati yang kecil, maka kekuatan pembengkakannya juga kecil (Defloor *et al.*, 1998).

Amilosa dan amilopektin dari tiap jenis pati berdasarkan sifatnya mempunyai jumlah yang berbeda-beda. Berikut jenis pati dan jumlah amilosa amilopektin dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Tabel 2.2 Jumlah amilosa dan amilopektin dari beberapa jenis pati jagung

Pati Jagung	Amilosa (%)	Amilopektin (%)
Jagung Normal	24-26	74-76
Tinggi Amilopektin (Waxy)	-	99
Amilomaize	40-70	20

Sumber : (Singh *et al.*, 2005)

Pati jagung pada umumnya diekstrak dari biji jagung dengan melalui proses penggilingan biji, pemisahan kulit dan lembaga, perendaman dengan air panas, penghancuran, pemisahan endapan, perendaman endapan dengan natrium metabisulfid, pencucian dengan natrium hidroksida dan air, reduksi kandungan air, pengeringan dan pengayakan (Alam dan Nurhaeni, 2008).

### 2.3 Teknologi Pembuatan Nanopartikel Pati

Nanopartikel merupakan bagian dari ilmu yang mempelajari partikel dalam rentang ukuran 1-1000 nm. Pada saat ini, perkembangan tentang penelitian nanopartikel sangat pesat dan populer sehingga banyak diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang pertanian, lingkungan, elektronik, optis, dan biomedis (Jain, 2008).

Nanopartikel dapat dihasilkan dalam tiga bentuk meliputi, nanopartikel alami, nanopartikel antropogenik, dan nanopartikel buatan. Nanopartikel alami terbentuk secara sendirinya serta mencakup bahan yang mengandung nanokomponen dan kemungkinan ditemukan di atmosfer seperti garam laut yang dihasilkan oleh evaporasi air laut kedalam bentuk spray air, debu tanah, abu vulkanik, sulfat dari gas biogenik, dan bahan organik dari gas biogenik. Kandungan dari masing - masing nanopartikel alami tersebut di dalam atmosfer bergantung kepada kondisi bumi. Nanopartikel antropogenik lain berada dalam bentuk asap dan partikulat yang dihasilkan dari oksidasi gas, seperti sulfat dan nitrat. Nanopartikel buatan merupakan nanopartikel yang dibentuk untuk tujuan tertentu dan kemungkinan ditemukan dalam satu atau beberapa bentuk yang berbeda (Lead, 2007).



Partikel dari nanopartikel mempunyai luas permukaan sangat besar sehingga membuat partikel lebih reaktif sehingga teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai pengantaran bahan aktif obat atau bahan bioaktif pangan dan komponen fungsional. Nanopartikel yang ukurannya lebih kecil mampu mengikat bahan aktif yang lebih besar karena sisi aktifnya lebih banyak (Chen *et al.*, 2006). Menurut Roy *et al.*, (2010) ukuran dari partikel 173 nm mempunyai pengikatan sebesar 80% sedangkan ukuran 426 nm hanya 59%.

Teknologi pembuatan nanopartikel ada beberapa macam, yaitu dengan hidrolisis asam menggunakan HCl selama 15 hari (Dufresne *et al.*, 1996), berbasis perlakuan mekanis perlakuan mekanis antara lain : homogenisasi tekanan tinggi (Liu *et al.*, 2009), ekstruksi reaktif (Song *et al.*, 2011), iradiasi sinar gama (Gracia *et al.*, 2012), ultrasonikasi (Bel Haaj *et al.*, 2013). Pembuatan nanopartikel dikembangkan dengan menggunakan kombinasi perlakuan kimia atau enzimatis dengan perlakuan mekanis seperti : hidrolisis enzimatis yang dikombinasi dengan ultrasonikasi (Kim *et al.*, 2008), hidrolisis asam yang dikombinasi dengan ultrasonikasi (Kim *et al.*, 2013), oksidasi dikombinasi dengan ultrasonikasi (Sun *et al.*, 2014).

Oksidasi pati yang dilakukan oleh Harmon *et al.*, (1971 dan 1972) menggunakan kombinasi oksidator  $H_2O_2$  dengan iradiasi UV pada suhu ruang selama 5 jam. Reaksi oksidasi pati secara acak akan terjadi pada gugus hidroksil utama yaitu C-6 dan gugus hidroksil kedua yaitu C-2, C-3, dan C-4. Reaksi utama yang terjadi oleh oksidasi adalah pembentukan gugus karbonil dan karboksil (Wurzburg, 1995). Terbentuknya gugus karbonil dan karboksil selama reaksi oksidasi disebabkan oleh : bahan yang dioksidasi, jenis oksidator dan konsentrasi oksidator, dan kondisi reaksi (termasuk lama waktu dan suhu reaksi) (Wuzburg, 1995).

#### **2.4 Pengaruh Sinar Ultraviolet (Sinar UV) pada Proses Oksidasi**

Ultraviolet merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik dan tidak membutuhkan medium untuk merambat. Ultraviolet mempunyai rentang panjang gelombang antara 100 – 400 nm yang berada di antara spektrum sinar X

dan cahaya tampak (EPA, 1999). Spektrum dari sinar UV dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: UV-A (320-400nm), UV-B (280-320nm), dan UV-C (200-280nm). Sebagian besar dari sinar UV yang mencapai bumi adalah UV-A (90-99%) dan UV-B (1-10%), sedangkan UV-C diabsorpsi oleh lapisan ozon (Shae dan Parrish, 1991). UV-B sangat berperan dalam menyebabkan luka bakar (*sunburn*) dan kanker kulit, sedangkan UV-A berperan dalam menyebabkan kulit hitam (*tanning*) dan fotosensitivitas (Barnetson, 2003). Keduanya juga sama-sama berperan dalam menyebabkan kanker kulit. Walaupun sebenarnya UV-B lebih karsinogenik 1000 – 10000 kali dibandingkan UV-A (Cooper, 2007).

Fotooksidasi pati adalah proses oksidasi pada pati menggunakan oksidator yang dikatalis dengan sinar ultraviolet (sinar UV). Sinar UV pada panjang gelombang 254 nm (sinar UV-C) mampu mendegradasi polimer pati lebih intens yang ditunjukkan pada penurunan viskositas pasta pati (Bertolini, 2001). Penelitian sebelumnya, pada proses oksidasi pati kasava dengan iradiasi UV pada panjang gelombang 254 nm lebih efektif daripada 360 nm dengan ditunjukkan nilai viskositas dan berat molekul yang lebih rendah. Selain itu, viskositas yang lebih rendah juga ditunjukkan oleh pati yang sebelumnya telah ditambahkan asam daripada yang tidak ditambahkan, meski keduanya dipaparkan sinar UV (Bertolini *et al.*, 2001). Hidrolisis asam laktat dengan radiasi sinar UV telah diteliti oleh beberapa peneliti antara lain: Bertolini *et al.*, (2000) menyatakan bahwa pada saat proses hidrolisis asam laktat merubah amilosa sehingga mempengaruhi sifat rheologi, misal turunnya viskositas pasta dari tapioka. Selain asam laktat sendiri menurunkan viskositas, radiasi UV pada pati tapioka juga meningkatkan keasaman dan peningkatan volume adonan pati selama pemanggangan.

## 2.5 Oksidator Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) merupakan salah satu senyawa oksidator yang digunakan untuk oksidasi pati. Hidrogen peroksida berwujud cairan sehingga sangat efektif jika digunakan sebagai oksidator dan pemutih (Jones, 1999). Pengaruh awal dari oksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah terjadi depolimerisasi yang diikuti dengan oksidasi secara cepat sampai menghasilkan CO<sub>2</sub> dan asam

format (Setya, 2015). Salah satu sifat Hidrogen peroksida yaitu dapat larut dalam air pada semua konsentrasi namun memiliki kecenderungan sifat mengurai menjadi air dan oksigen sehingga bisa menurunkan konsentrasinya dalam larutan (Durrant, 1960).

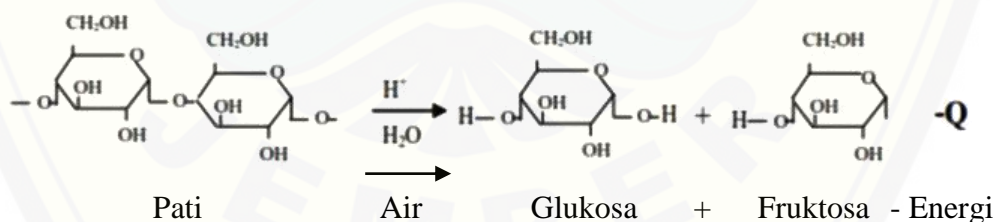
Keunggulan dari hidrogen peroksida dibandingkan dengan reagen lainnya adalah mempunyai sifat yang ramah lingkungan, tidak meninggalkan residu karena hanya berupa air dan oksigen. Pada dunia kesehatan hidrogen peroksida digunakan sebagai desinfektan dan antiseptik yang efektif dan nontoksik (Pelczar dan Chan, 2009). Kelebihan lainnya menurut Masschelein (2002), hidrogen peroksida tersedia secara komersial, daya campur yang tinggi dengan air, dan kondisi penyimpanan dan prosedur dosis yang relatif sederhana.

$H_2O_2$  adalah suatu senyawa yang iritan terhadap mata, membran mukosa dan kulit. Pemaparan singkat pada mata dapat mengakibatkan rasa perih dan mata berair, walaupun dengan konsentrasi 1-3%. Kontak kulit akan menyebabkan pemutihan kulit sementara. Inhalasi pada kadar yang tinggi akan menyebabkan iritasi yang berat pada hidung dan saluran napas. Bila tertelan, maka akan terjadi iritasi sampai kerusakan berat pada saluran cerna. Keracunan sistemik akan menyebabkan sakit kepala, pusing, muntah, diare, tremor, mati rasa, kejang, edema paru, kehilangan kesadaran sampai syok (Halliwell *et al.*, 2000).

Hidrogen peroksida selain oksidator yang efektif untuk oksidasi pati, juga aman untuk pangan pada konsentrasi rendah (Paravouri *et al.*, 1995; Tavares *et al.*, 2010; Sangseethong *et al.*, 2010). Penggunaan hidrogen peroksida banyak digunakan bagi peneliti dikarenakan prosesnya tidak memerlukan pengaturan pH, seperti halnya menggunakan sodium hipoklorit ( $NaOCl$ ) sehingga lebih mudah. Dalam konsentrasi 3% dapat digunakan untuk pembersih udara dan bahan olahan makanan seperti tepung karagenan dari rumput laut, ikan teri asin, dan kerupuk teripang pasir, dalam konsentrasi 5%  $H_2O_2$  digunakan untuk inaktivasi *Salmonella* dan *E. Colli* pada sayur – sayuran. Pemakaian hidrogen peroksida sebagai bahan pemutih tercantum dalam daftar GRAS (*Generally recognized as safe*) dari FDA amerika, yang berarti sudah dinyatakan aman untuk digunakan dalam pangan. Menurut Permadi (2013) penggunaan konsentrasi  $H_2O_2$  sebesar 1,5% pada pati

singkong menghasilkan residu  $H_2O_2$  berkisar antara 0,003%-0,018%. Selain itu, penelitian dari Widjanarko *et al.*, (2011) menunjukkan penggunaan  $H_2O_2$  pada tepung porang dengan konsentrasi perlakuan 0,5%;1%;1,5%;2%;2,5%;3% menghasilkan residu  $H_2O_2$  berkisar 0,0138%-0,0202%. Jumlah tersebut relatif tidak besar jika dibandingkan dengan penggunaan  $H_2O_2$  pada susu untuk pembuatan keju yang diizinkan FDA dengan jumlah residu 0,05% (Widjanarko *et al.*, 2011).

Molekul amilosa mudah terpecah dibanding dengan molekul amilopektin sehingga saat hidrolisis asam berlangsung akan menurunkan gugus amilosa (Pudjihastuti dan Siswo, 2011). Asam akan mendegradasi dinding sel yang menyebabkan kerusakan dan integritas granula pati sehingga menyebabkan pati menyerap air (Greenwood dan Murno, 1979). Proses pembebasan granula pati ini menyebabkan perubahan karakteristik dari pati yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudian kemudahan melarut (Subagio, 2007). Selama proses modifikasi asam, asam menghidrolisis ikatan glikosidik dan memperpendek panjang rantai pati. Wurzburg (1989) menunjukkan bahwa pada tahap awal proses modifikasi asam, jumlah amilosa atau fraksi linear meningkat, yang mengindikasikan bahwa asam turut menghidrolisis bagian amilopektin yang mudah dijangkau.

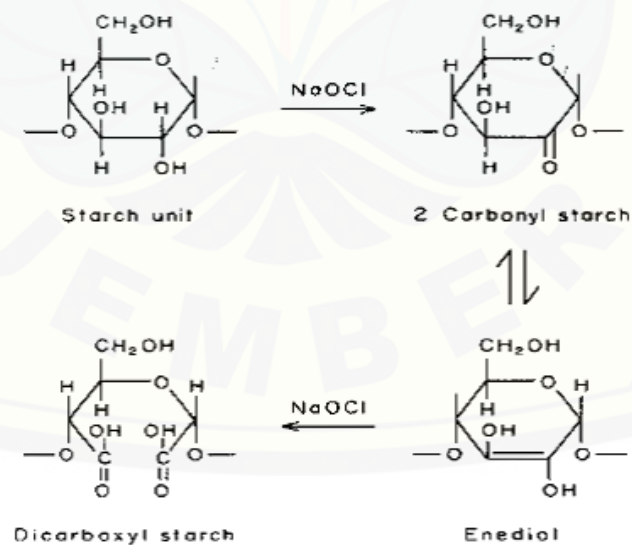


Gambar 2.3 Reaksi Hidrolisis Pati dengan Asam (Pudjihastuti dan Siswo, 2011)

Mekanisme terjadinya reaksi oksidasi hidrogen peroksida dengan pati sangat kompleks. Reaksi oksidasi yang terjadi sangat cepat menghasilkan satu molekul gugus karbonil dengan cepat berubah menjadi karboksil (Setya, 2015). Reaksi oksidasi pada pati secara acak akan terjadi pada gugus hidroksil utama yaitu C-6 dan gugus hidroksil C-2, C-3, dan C-4. Reaksi utama yang terjadi oleh oksidasi adalah pembentukan gugus karbonil dan karboksil (Wurzburg, 1995).



Gugus karboksil dan karbonil yang terbentuk selama reaksi oksidasi, jumlahnya dipengaruhi oleh bahan yang dioksidasi, jenis dan konsentrasi oksidator, dan lama waktu serta suhu reaksi (Wurzburg, 1995). Selain itu, kecepatan oksidasi pati dapat ditingkatkan dengan kombinasi hidrogen peroksida dengan sinar UV. Ultraviolet menyebabkan peningkatan pembentukan gugus karbonil dan karboksil serta dapat menurunkan viskositas pati. Faktor lain seperti pH rendah juga mempengaruhi kecepatan oksidasi oleh  $H_2O_2$ . Berdasarkan penelitian Dany (2012), oksidasi pati singkong dengan Hidrogen peroksida disertai irradiasi UV berpengaruh terhadap sifat fisikokimia pati yang dihasilkan. Irradiasi sinar UV dapat berperan sebagai katalis yang mempercepat proses oksidasi. Mekanisme reaksi oksidasi (Gambar 2.4) pada pati menurut Trimble (1983) yaitu oksidasi pati oleh NaOCl yaitu pada gugus OH pada C-2 berubah menjadi gugus karbonil yang lebih lanjut berubah pada gugus C-2 dan C-3 menjadi enediol dan gugus karboksilat. Gugus karboksilat yang dihasilkan dari proses oksidasi akan menghambat kecenderungan pati untuk teretrogradi dan menghasilkan gel yang jernih, disamping terjadinya penurunan viskositas akibat depolimerisasi (Trimble, 1983).

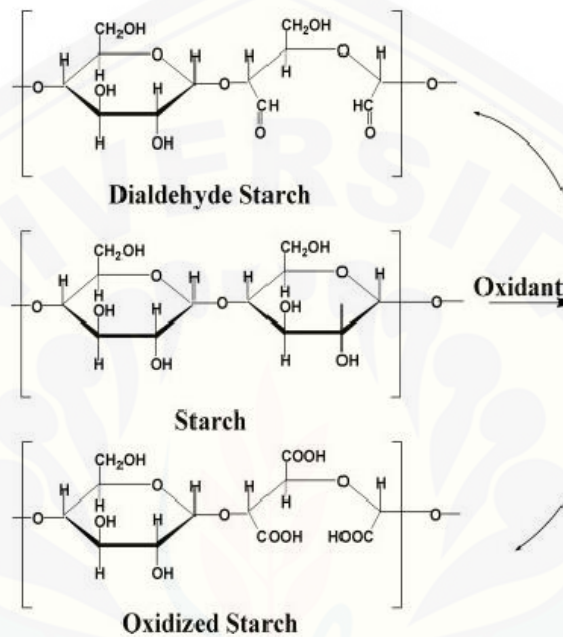


Gambar 2.4 Oksidasi pada pati oleh natrium hipoklorit (Trimble, 1983)

Oksidasi merupakan modifikasi secara kimia pada gugus karboksil dan gugus karbonil pada rantai pati. Pada suhu dan pH yang sesuai, pati dapat bereaksi

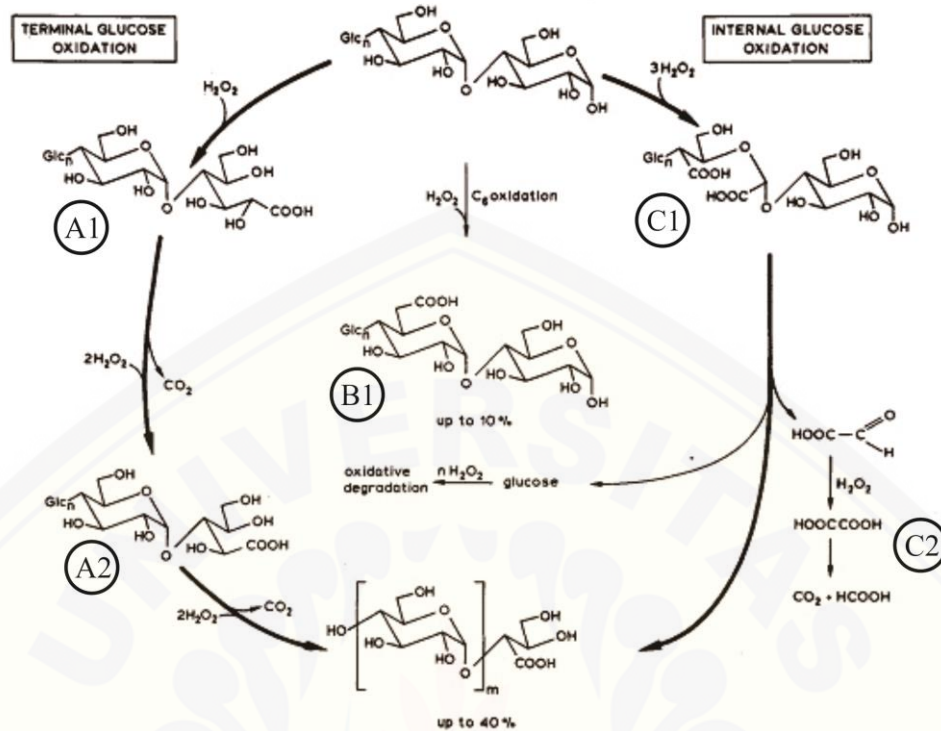


dengan berbagai oksidator (Veelaert *et al.*, 1997). Proses oksidasi pati pada cincin karbon gugus hidroksil dioksidasi menjadi gugus aldehida dan gugus karboksil sehingga mengakibatkan adanya perubahan sifat fisik dan kimia (Zhang *et al.*, 2009). Reaksi oksidasi pati menghasilkan gugus karboksil dan gugus aldehid dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Oksidasi pati menghasilkan dua gugus (Zhang *et al.*, 2007)

Lukasiewicz *et al.* (2007) menjelaskan mekanisme oksidasi pati oleh hidrogen peroksida melalui tiga jalur yang berbeda (Gambar 2.6). Jalur pertama  $H_2O_2$  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). Jalur kedua  $H_2O_2$  mengoksidasi gugus hidroksil utama yaitu gugus hidroksil pada C6 (B1). Jalur ketiga  $H_2O_2$  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).

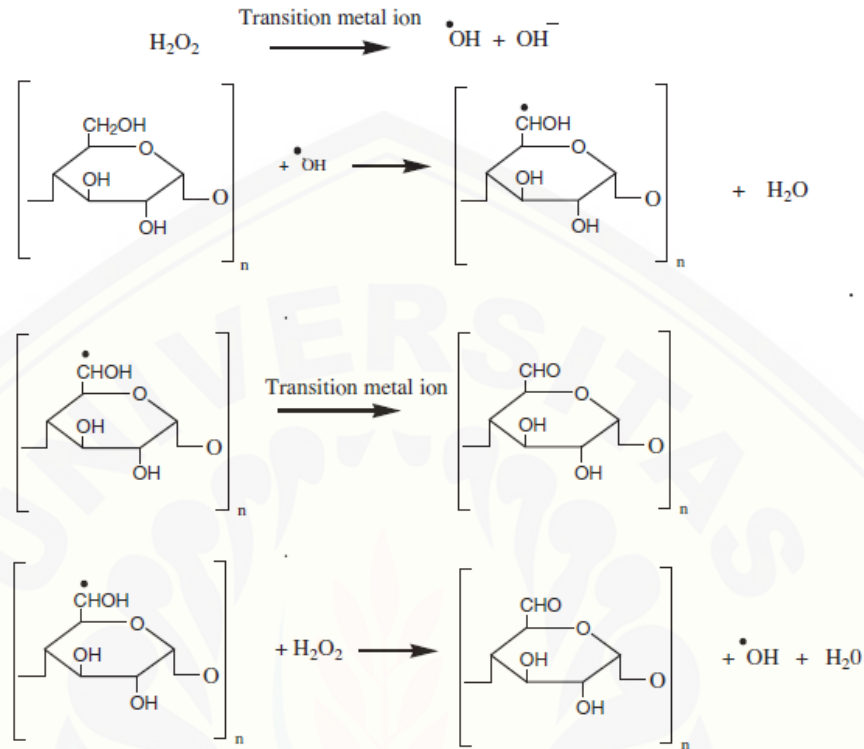


Gambar 2.6 Mekanisme reaksi oksidasi pati dengan hidrogen peroksida (Lukasiewicz *et al.*, 2007)

Mekanisme oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) sangat kompleks dengan adanya reaksi berantai pembentukan radikal bebas.  $H_2O_2$  dengan cepat mengalami dekomposisi menghasilkan radikal hidroksil ( $\cdot OH$ ). 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  $R\cdot CHOH$  yang dapat memutus ikatan glikosidik sehingga menghasilkan gugus karbonil (Arts *et al.*, 1997). Berikut mekanisme oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Selama proses 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 (Zhang *et al.*, 2009). Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida dapat meningkatkan sifat hidrofobitas pati karena gugus hidroksil dalam cincin glukosa pati yang teroksidasi membentuk kelompok aldehida (Zhang *et al.*, 2009). Ketika kelompok

aldehida teroksidasi lebih lanjut menjadi kelompok karboksilat, maka hidrofilisitas meningkat secara signifikan (Hernandez *et al.*, 2008).



Gambar 2.7 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida (Vanier *et al.*, 2017)

Alkohol adalah senyawa organik dengan gugus fungsi  $-\text{OH}$  (hidroksil). Alkohol  $\text{R-OH}$  memiliki bagian hidrofob ( $\text{R-}$ ) dan hidrofil ( $-\text{OH}$ ). Bagian hidrokarbon dari suatu alkohol bersifat hidrofob yakni menolak molekul-molekul air. Makin panjang rantai hidrokarbon maka makin rendah kelarutan alkohol dalam air. Bila rantai hidrokarbon cukup panjang, sifat hidrofobnya akan dapat mengalahkan sifat hidrofil (menyukai air) gugus hidrofil. Peningkatan kelarutan sebanding dengan bertambahnya jumlah gugus hidroksil dalam senyawa (Wardiyah, 2016).

Aldehid adalah senyawa organik dengan gugus fungsi karbonil ( $-\text{C}=\text{O}$ ) pada ujung rantai. Gugus karbonil bersifat polar karena oksigen bersifat lebih elektronegatif sehingga elektron dalam ikatan sigma dan pi akan tertarik menghasilkan ikatan yang terpolarisasi. Oksigen gugus karbonil memiliki pasangan atom menyendiri. Karena polaritas dalam gugus karbonil ini maka akan ada bagian yang lebih negatif dan lebih positif yang akan saling berinteraksi.

Interaksi ini disebut interaksi dipol-dipol yang akan menyebabkan aldehid dan keton memiliki titik didih lebih tinggi dibandingkan senyawa nonpolar yang sepadan. Adanya elektron menyendiri pada oksigen maka senyawa karbonil dapat membentuk ikatan hidrogen antar molekulnya dan molekul air, akibatnya senyawa karbonil berbobot molekul rendah dapat larut dalam air. Tetapi aldehid dan keton tidak dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa karbonil lain yang akibatnya titik didih aldehid dan keton masih lebih rendah dibandingkan alkohol padanannya (Wardiyah, 2016).

Gugus karboksil (-COOH) yang terikat pada suatu cincin maka penamaannya menggunakan awalan asam dan akhiran karboksilat. Seperti halnya pada aldehid dan keton sifat fisik dari asam karboksilat dipengaruhi oleh gugus karbonilnya. Asam karboksilat bersifat polar karena mempunyai dua gugus yang bersifat polar yaitu hidroksil (-OH) dan karbonil (C=O). karena asam karboksilat mampu membentuk ikatan hidrogen antar molekulnya maupun dengan molekul lain maka memiliki kelarutan yang tinggi (Wardiyah, 2016).

## 2.6 Sifat Fungsional WHC dan OHC pada Pati

WHC merupakan kemampuan fungsional jaringan pati dalam menahan air, sedangkan OHC pati dilakukan untuk mengetahui kemampuan jaringan pati menahan minyak (Niba *et al.*, 2001). Modifikasi pati dengan asetilasi dan oksidasi menghasilkan variasi nilai WHC (water holding capacity) karena mempunyai gugus hidroksil yang berbeda untuk mengikat air (Hoover dan Sosulski, 1986). Penelitian dari Mishra dan Rhai (2006) menyebutkan hasil WHC dari pati jagung (7,92 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g), pati kentang (10,44 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g), dan tapioka (10,06 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g). Pati modifikasi dengan suhu yang berbeda dari suhu 50-90°C menghasilkan pengikatan air yang mengalami peningkatan sesuai suhu yang meningkat. Oksidasi dan asetilasi dapat meningkatkan daya serap air dikarenakan mempunyai perbedaan gugus hidroksil yang akan membentuk ikatan hidrogen dan kovalen pada pati (Hoover dan Sosulski, 1986). Kapasitas mengikat air pada pati yang relatif tinggi disebabkan oleh adanya kekuatan bergabung yang lemah antara



butiran pati, sehingga permukaan pati yang terpisah kemungkinan lebih banyak dalam mengikat air (Rickard *et al.*, 1991).

Teknik modifikasi pati dengan perlakuan ditambahkan enzim dengan jenis dan konsentrasi yang berbeda mampu menghasilkan sifat fungsional yang berbeda yaitu sifat hidrofilk meningkat secara signifikan tergantung pada jenis dan konsentrasi enzim, sedangkan sifat hidrofobik hanya bergantung pada jenis enzim (Benavent-Gil dan Rosell, 2017). Selama Proses oksidasi, pati secara luas depolimerisasi (Weakley *et al.*, 1971) dan gugus hidroksil pada cincin karbon dioksidasi menjadi aldehida dan gugus karboksil yang mengakibatkan perubahan sifat fisik dan kimia (Zhang *et al.*, 2007).

Hidrolisis enzim pada pati dipengaruhi oleh suhu dan waktu pembuatan, sehingga berdampak pada kemampuan menahan air dan minyak. Seiring waktu, reaksi enzimatik meningkat WHC dari PSG (Porous Starch Granules)  $\alpha$ -amilase juga meningkat dari 148,9 menjadi 225,6% pada 4 jam, kemudian menurun menjadi 209,7% setelah 8 jam. OHC dari granula pati juga dipengaruhi oleh hidrolisis enzimatik pada suhu 40°C dan waktu yang meningkat, OHC dari  $\alpha$ -amilase dan glukoamilase-diperlakukan PSG meningkat dari 233,1 dan 185,5% hingga 304,5 dan 211,5% (Jung *et al.*, 2017). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kapasitas menahan minyak atau air dipengaruhi oleh luas permukaan serta ukuran granula pati, bahwa ukuran granula terlalu besar akan mengakibatkan kapasitas menyerah air dan minyak akan menurun (Zhang *et al.*, 2011).

## 2.7 Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung dalam Suspensi

Suspensi adalah sediaan cair yang mengandung partikel padat tidak larut yang terdispersi dalam fase cair (Depkes RI, 2014). Suspensi juga disebut sebagai campuran beberapa macam zat yang memiliki karakteristik berbeda ataupun heterogen. Kestabilan fisik dari suspensi sendiri bisa didefinisikan sebagai keadaan dimana partikel tidak menggumpal dan tetap terdistribusi merata di seluruh sistem dispersi. Karena keadaan yang ideal jarang menjadi kenyataan, maka perlu untuk menambah pernyataan bahwa jika partikel-partikel tersebut



mengendap, maka partikel-partikel tersebut harus dengan mudah disuspensi kembali dengan sedikit pengocokan saja (Martin *et al.*, 1993).

Suspensi yang mengandung partikel kecil adalah sistem yang stabil secara kinetik. Suspensi semacam itu umumnya ditemukan di alam dan beberapa dapat ditemui pada industri pangan, kimia dan farmasi (Chung dan McClements, 2012). Ukuran partikel akan mempengaruhi sifat dan stabilitas suspensi yang terbentuk terutama pada partikel yang mempunyai ukuran kurang dari  $10\mu\text{m}$  (Cheng *et al.*, 2011). Selain itu adanya kekuatan ionik (dengan penambahan NaCl) pada suspensi juga akan mempengaruhi karakteristik dari partikel dalam suspensi seperti sifat gelatinisasi, viskositas, dan penyimpanan (Carneiroda-Cunha, 2011).

Natrium klorida, juga dikenal dengan garam dapur adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl. Dalam ilmu kimia, garam adalah senyawa ionik yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion), sehingga membentuk senyawa netral (tanpa bermuatan). Garam terbentuk dari hasil reaksi asam dan basa. Kation garam dapat dianggap berasal dari suatu basa, sedangkan anionnya berasal dari suatu asam. Jadi, setiap garam mempunyai komponen basa (kation) dan asam (anion) (Mason *et al.*, 1999).

Larutan garam dalam air (misalnya natrium klorida dalam air) merupakan larutan elektrolit, yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Cairan dalam tubuh makhluk hidup mengandung larutan garam, misalnya sitoplasma dan darah. Tapi, karena cairan dalam tubuh ini juga mengandung banyak ion-ion lainnya, maka tidak akan membentuk garam setelah airnya diuapkan. Zat elektrolit kuat adalah zat yang terurai sempurna dan mengalirkan listrik secara sempurna. Suatu molekul atau senyawa ionik dapat menghantarkan listrik disebabkan karena kemampuan untuk mengalirkan elektron. Karena elektron yang bergerak itulah yang disebut listrik. Salah satu faktor penyebab NaCl memiliki kemampuan mengalirkan elektron adalah karena dapatnya terionisasi di dalam air. Tapi yang perlu diingat adalah NaCl tidak bersifat elektrolit kuat didalam semua pelarut. NaCl hanya dapat menjadi elektrolit jika dilarutkan ke dalam senyawa polar, seperti air. Jika NaCl dimasukkan ke dalam senyawa nonpolar seperti bensin, maka NaCl tidak akan dapat larut sehingga tidak dapat mengalirkan

elektron lagi (bukan elektrolit). Jadi dapat disimpulkan bahwa NaCl hanya dapat menjadi elektrolit pada senyawa polar (Yan *et al.*, 2010).

Kestabilan suspensi pati dapat dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi garam dikarenakan garam mampu melemahkan reaksi elektrolit sampai batas tertentu sehingga suspensi menjadi lebih stabil dan mengalami penurunan viskositas. Konsentrasi NaCl merupakan parameter penting yang mempengaruhi stabilitas suspensi. Shi *et al.* (2012) melakukan penelitian mengenai pengaruh NaCl pada sifat reologi dalam suspensi yang mengandung nanopartikel pati. Penelitian tersebut menggunakan rentang konsentrasi NaCl 0%-20%. Hasil uji viskositas menunjukkan adanya penurunan kekentalan pada konsentrasi NaCl dari 0%-10% sedangkan pada konsentrasi NaCl dari 15%-20% mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan kekuatan ion suspensi bisa mempengaruhi interaksi antara nanopartikel pati. Di dalam konteks, ada beberapa publikasi yang berhubungan dengan efek kekuatan ionik pada sifat reologi suspensi yang mengandung partikel ukuran mikron dari pati (Marcotte *et al.*, 2001).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan nanopartikel pati jagung dilaksanakan di laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Hasil Pertanian (RPPHP) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, pengujian ukuran partikel menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS) dilakukan di Laboratorium Studi dan Energi dan Rekayasa Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan uji WHC, OHC, viskositas, serta indeks endapan dilaksanakan di laboratorium Biomaterial dan Rekayasa Bioproses *Center for Development of Advance Science and Tecnology* (CDAST) Universitas Jember pada bulan April 2018 sampai Juni 2018.

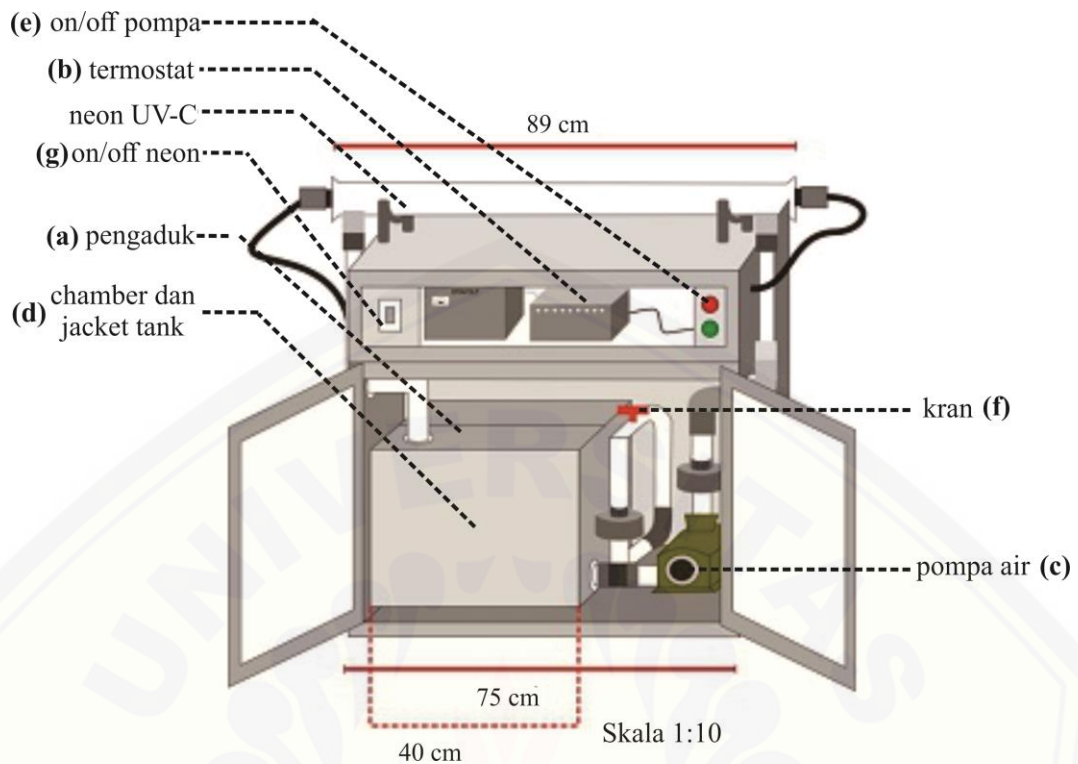
### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan untuk pembuatan nanopartikel pati jagung dan peralatan pengujian. Peralatan yang digunakan pada pembuatan nanopartikel pati jagung meliputi satu set alat fotooksidasi (Gambar 3.1), *drying cabinet*, *blender*, dan mortar. Peralatan untuk pengujian meliputi alat-alat gelas, *Dynamic Light Scattering* (DLS), neraca analitik-Ohaus, *magnetic stirrer*, sendok, *vortex*, spatula *sainless steel*, piknometer, viskometer-Ostwald, sentrifus-Hitachi CR21GIII, *hot plate*, cawan, desikator, dan oven.

#### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan untuk pembuatan pati nanopartikel berupa pati jagung komersial merk *Kingmao Corn Starch* dari China, Hidrogen Peroksida 30% merk 1.07209.1000-1L dari china dan akuades. Bahan untuk pengujian meliputi palm oil merk Bimoli, dan garam NaCl.



Gambar 3.1 Skema alat fotooksidasi menggunakan irradasi sinar UV-C (Palupi, 2011)

#### Spesifikasi alat yang digunakan :

Lampu UV-C yang digunakan adalah merk Alinco dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe : UV-1201  
 Kapasitas : 12 GPM / 39 watt / 220 -240 V  
 Chamber : stainless steel 304  
 Dimensi : 83 mm x 900 mm  
 Ballast : 39 watt x 1

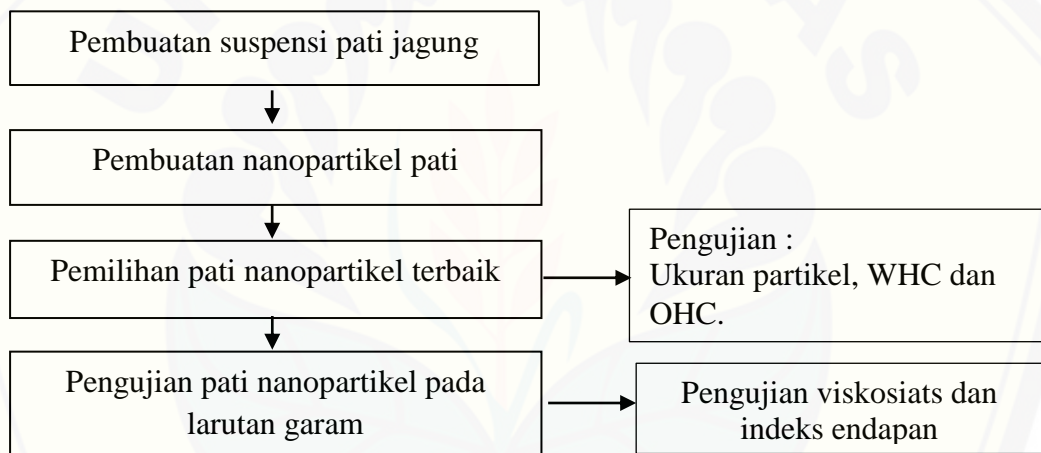
Pompa yang digunakan merk Interbat model DB-108 HATTEN dengan spesifikasi sebagai berikut :

Q max : 37 L / menit  
 H max : 24 meter  
 Hs max : 9 meter  
 N (putaran) : 2880/m (= rpm)

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi konsentrasi  $H_2O_2$  pada suspensi yaitu H0 (0%) , H0,5 (0,5%), H1 (1%), H1,5 (1,5%), dan H2 (2%) (v/v) dengan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada masing-masing perlakuan. Karakteristik fisik yang diuji berupa ukuran partikel sedangkan karakteristik sifat fungsional berupa WHC (*Water Holding Capacity*) dan OHC (*Oil Holding Capacity*) serta uji viskositas dan indeks endapan nanopartikel pati jagung pada larutan garam. Skema tahapan penelitian pembuatan nanopartikel dan pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema tahapan penelitian pembuatan nanopartikel dan pengujian pada larutan garam

#### 3.3.2 Pembuatan nanopartikel pati jagung dengan metode fotooksidasi dengan variasi penambahan $H_2O_2$ .

Penelitian ini diawali dengan penyiapan alat fotooksidasi yang di dalamnya terdapat alat pemapar sinar UV dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi proses yang konstan. Sinar UV yang digunakan adalah sinar UV-C karena menghasilkan proses degradasi pati yang lebih intensif (Bertolini *et al.*, 2001). Alat ini (Gambar 3.1) juga dilengkapi dengan pengaduk yang bertujuan meminimalisir adanya endapan (a), dan termostat untuk mencatat suhu *slurry* (b), serta pompa untuk mensirkulasikan *slurry* pati (c).



Pembuatan nanopartikel pati diawali dengan pembuatan suspensi pati jagung 1% (g pati/g air) yaitu pati jagung sebanyak 40 gram yang dilarutkan dalam akuades (sesuai tabel 3.1) dan diaduk dengan homogen sampai terlarut. Hidrogen peroksida ditambahkan sesuai variasi konsentrasi yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dengan jumlah total *slurry* 4000 ml. *Slurry* pati dimasukkan ke dalam kotak wadah sampel yang ada di alat fotooksidasi. Sebelum dilakukan penuangan *slurry*, pada bagian *jacket tank* (d) alat fotooksidasi harus diisi air dengan tujuan mempertahankan suhu *slurry*. Setelah itu, nyalakan pompa air (e) dan putar kran (f) sehingga *slurry* pati tertarik untuk dilewatkan dan dikenakan pada lampu UV (g) secara kontinyu selama 60 menit. Setelah proses fotooksidasi selesai, selanjutnya *slurry* dilakukan pengeringan dengan *Drying Cabinet* pada suhu 50°C selama 24 jam. Sampel dihaluskan menggunakan *blender* dan mortar sehingga didapatkan nanopartikel pati jagung. Komposisi suspensi pati dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sesuai dengan variasi perlakuan yang dapat dilihat pada tabel 3.1 dan diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Tabel 3.1 Komposisi suspensi pati dan jumlah H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sesuai dengan variasi perlakuan

Kode sampel	Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Pati jagung (g)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml)	Jumlah air (ml)	Jumlah volume (ml)
H0	0%	40	0	3960	4000
H0,5	0,5%	40	66,8	3893,2	4000
H1	1%	40	133,2	3826,8	4000
H1,5	1,5%	40	200	3760	4000
H2	2%	40	266,8	3693,2	4000

Contoh perhitungan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1%) :

$$Y = \frac{1\%}{30\%} \times 4000$$

$$Y = 0,333 \times 4000$$

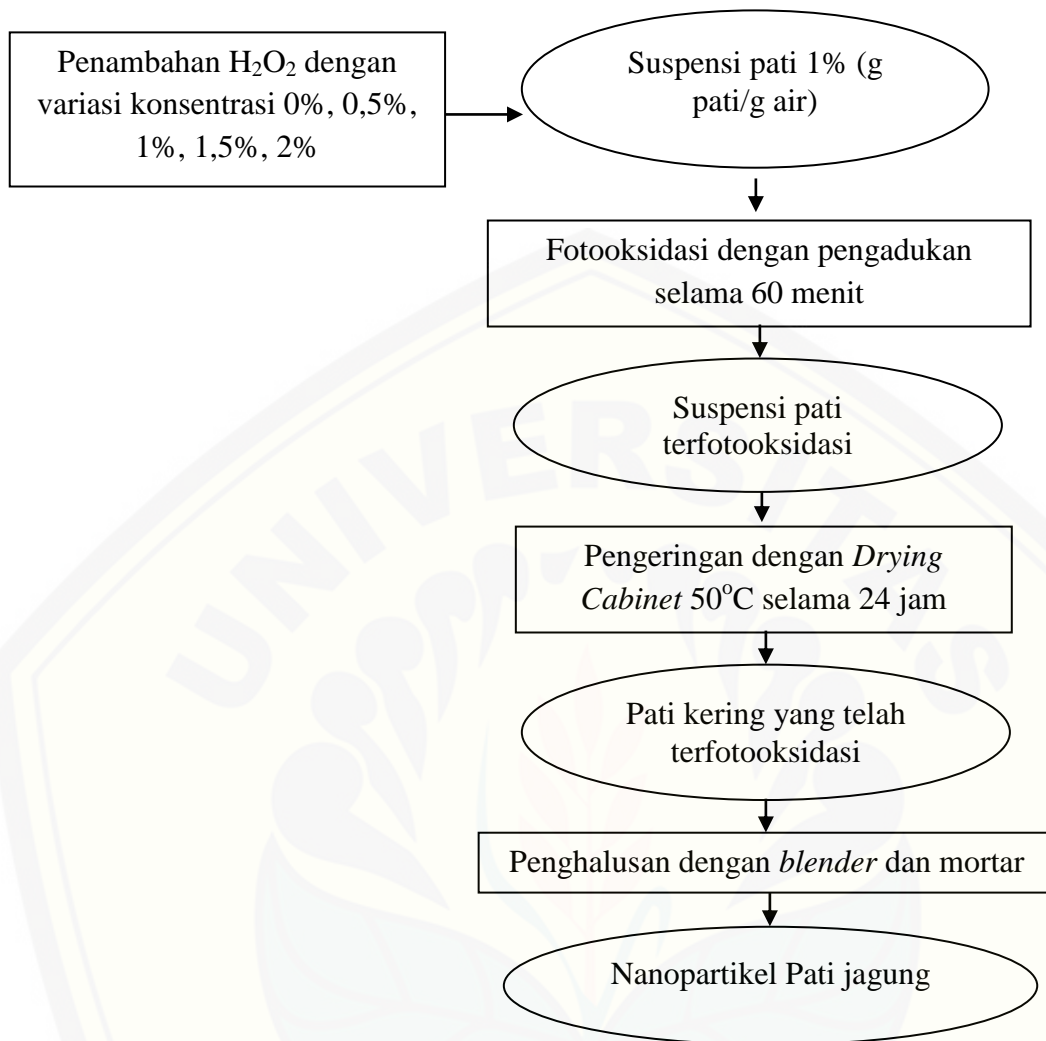
$$Y = 133,2 \text{ ml (Jumlah H}_2\text{O}_2\text{)}$$

Pati : 40 gram

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : 133,2 ml

Air : 3826,8

Jumlah volume total : 4000



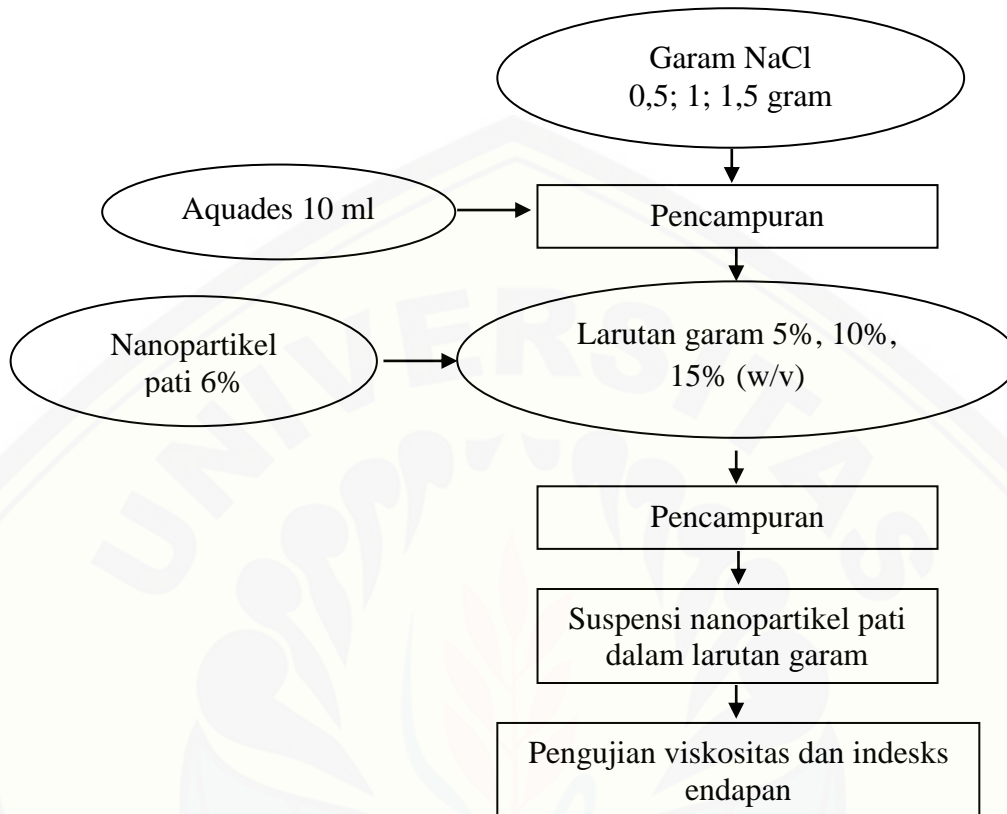
Gambar 3.3 Diagram alir proses pembuatan nanopartikel pati jagung (Palupi, 2011)

### 3.3.3 Pengujian suspensi nanopartikel pati di dalam larutan garam NaCl

Pengujian nanopartikel pati pada larutan garam mengacu pada penelitian sebelumnya (Shi *et al.*, 2012). Langkah pertama menyiapkan larutan garam dengan berbagai konsentrasi berturut-turut 5, 10, dan 15% (w/v), yang dibuat dengan cara menimbang garam sesuai perlakuan berturut-turut 0,5; 1; dan 1,5 gram, kemudian ditambah aquades hingga volumenya 10 ml.

Nanopartikel pati terpilih ditimbang sesuai dengan perlakuan yaitu 0,6 gram yang selanjutnya ditambahkan pada larutan garam dengan variasi konsentrasi yang sesuai dan dilakukan pengujian viskositas dan indeks endapan. Diagram alir

pengujian suspensi nanopartikel pada larutan garam NaCl dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram alir pengujian suspensi nanopartikel pada larutan garam NaCl (Shi *et al.*, 2012)

### 3.4 Parameter Pengamatan

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini sebagai berikut :

- Pengujian ukuran partikel menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS) (Liu *et al.*, 2009)
- Kemampuan menahan air (*Water Holding Capacity*) (Niba *et al.* 2001)
- Kemampuan menahan minyak (*Oil Holding Capacity*) (Niba *et al.* 2001)
- Viskositas suspensi nanopartikel pati jagung (Apriani *et al.*, 2013).
- Indeks endapan suspensi nanopartikel pati jagung (McClement, 2007).

### 3.5 Prosedur Parameter Pengamatan

#### 3.5.1 Pengujian ukuran partikel menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS)

Ukuran partikel pati diukur menggunakan prinsip dynamic light scattering menggunakan alat Malvern Zetasizer nano (Malvern Instruments Ltd, UK). Pengujian dilakukan pada suhu 25°C dengan waktu pembacaan 20 menit per sampel. Semua sampel dilarutkan dalam aquades dengan konsentrasi 1% (g nanopartikel pati kering/ml aquades) dan disentrifus 2 kali, yaitu 6000 rpm selama 15 menit dilanjutkan dengan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian bagian supernatan sebesar 1 ml dimasukkan pada alat DLS (Liu *et al.*, 2009).

#### 3.5.2 Kemampuan menahan air (*Water Holding Capacity*)

WHC merupakan kemampuan fungsional jaringan pati dalam menahan air. Pengukuran WHC pati dapat dilakukan sesuai metode sentrifugasi dari Niba *et al.* (2001) yang dimodifikasi. Sampel sebanyak 1 gram dilarutkan dengan 9 gram aquades didalam tabung sentrifus. Suspensi divortex pada suhu ruang selama 2 menit kemudian dilakukan pendiaman selama 45 menit pada suhu ruang. Setelah pendiaman, suspensi disentrifugasi selama 10 menit dengan suhu 25°C dan kecepatan putar 10.000 rpm. 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 merupakan kemampuan fungsional jaringan pati dalam menahan minyak. OHC pati dapat ditentukan dengan metode sentrifugasi dari Niba *et al.* (2001) dengan modifikasi. Sampel sebanyak 1 gram dilarutkan dengan 9 gram minyak didalam 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 Viskositas suspensi nanopartikel pati jagung

Pengukuran viskositas suspensi menggunakan alat viskometer ostwald 0,5 mL. Penetapannya dilakukan dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirnya cairan dalam pipa kapiler. Suspensi disiapkan sesuai perlakuan untuk diambil sebanyak 5 ml kemudian suspensi dimasukkan ke dalam viskometer Ostwald. Suspensi dihisap sampai batas atas dan dibiarkan mengalir melalui batas. Saat mengalir melalui batas atas, stopwatch dijalankan dan saat melewati batas bawah, stopwatch dimatikan. Kemudian waktu yang diperlukan cairan untuk melewati batas atas ke batas bawah dicatat (Apriani *et al.*, 2013). Berikut rumus menghitung viskositas suatu cairan ( $\eta$ ) :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

$\eta_1$  = Viskositas sampel (Pa.s)

$\eta_2$  = Viskositas air (Pa.s)

$\rho_1$  = Massa jenis sampel (g/ml)

$\rho_2$  = Massa jenis air (g/ml)

$t_1$  = Waktu alir sampel (s)

$t_2$  = Waktu alir air (s)

#### 3.5.5 Indeks endapan suspensi nanopartikel pati

Pengukuran indeks endapan dilakukan dengan menyiapkan sampel suspensi sebanyak 10 mL dalam tabung sentrifus lalu diobservasi dengan melihat terjadinya endapan. Kemudian diukur endapan yang terbentuk. Indeks endapan dihitung menggunakan rumus menurut McClement (2007) :

$$\text{Indeks endapan} = \frac{H_s}{H_e} \times 100$$



HS = tinggi endapan yang terukur (cm)

HE = tinggi suspensi (cm)

Nilai indeks endapan yang lebih kecil menunjukkan bahwa suspensi tersebut lebih stabil.

### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan dianalisis secara statistik menggunakan program IBM SPSS 16.0 dengan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Hasil beda nyata akan dilakukan uji lanjut menggunakan metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik kemudian diinterpretasikan sesuai dengan pengamatan yang dilakukan selama penelitian.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pati jagung hasil fotooksidasi hidrogen peroksida dan penyinaran sinar UV-C menghasilkan partikel yang lebih kecil dengan ukuran nanometer. Variasi penambahan konsentrasi  $H_2O_2$  berpengaruh nyata terhadap nilai *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC). Perlakuan fotooksidasi ini menyebabkan perubahan karakteristik *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC) yang lebih meningkat daripada pati alami.
2. Suspensi nanopartikel pati jagung hasil fotooksidasi menggunakan sinar UV-C selama 60 menit dan oksidator  $H_2O_2$  2% dalam larutan garam 5% lebih stabil suspensi dan turun viskositas suspensi dibandingkan tanpa penambahan garam, penambahan garam 10%, dan 15%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengujian nanopartikel pati jagung hasil fotooksidasi pada larutan garam dengan suhu pemanasan yang berbeda.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alam, N. dan Nurhaeni. 2008. Komposisi kimia dan sifat fungsional pati jagung berbagai varietas yang diekstrak dengan pelarut natrium bikarbonat. *Jurnal Agroland*. Vol 15(2): 89-94.
- Angellier, H., J. L. Putaux., S. Molina-Boisseau., D. Dupreye dan A. Drufesne. 2005. Starch nanocrystal fillers in an acrylic polymer matrix. *Macromolecule Symposium*. Vol 221: 95-104.
- Apriani, D., Gusnedi dan Y. Darvina. 2013. Studi tentang nilai viskositas madu hutan dari beberapa daerah di Sumatera Barat untuk mengetahui kualitas madu. *Pillar of Physics*. Vol 2: 91-98.
- 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*. Vol 1: 597-613.
- Barnetson R. 2003. The sun and the skin in: Buxton PK. *ABC of Dermatology 4th Edition*. London. BMJ Publishing Group. Hal 74-76.
- Bel Haaj, S., A. Magnin., C. Petrier dan S. Boufi. 2013. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*. Vol 92: 1625-1632.
- Benavent-Gil Y., dan Rosell C. M. 2017. Morphological and physicochemical characterization of porous starches obtained from different botanical sources and amyolytic enzymes. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol 103: 587-595
- Bertolini, A. C., Mestres dan P. Colonna. 2000. Rheological properties of acidified and uv irradiated starch. *Starch/Starke*. Vol 52: 340- 344
- Bertolini, A. C., Mestres, P. Colonna dan J. Raffi. 2001. Free radical formation in uv-and gamma-irradiated cassava starch. *Carbohydrate Polymers*. Vol 44: 269-271.
- Boyer, C. D., dan J. C. Shannon. 2003. *Carbohydrates of the kernel*. St. Paul, Minnesota, USA. American Association Of Cereal Chemists Inc. 289-312.

- Carneiro-da-Cunha, M. G., M. A. Cerqueira., B. W. S. Souza., J. A. Teixeira dan A. A. Vicente. 2011. Influence of concentration, ionic strength and pH on zeta potential and mean hydrodynamic diameter of edible polysaccharide solutions envisaged for multilayered films production. *Carbohydrate Polymers*. Vol 85(3): 522–528.
- Chang, S.C., dan J. S. Yoo. 1999. Measurement and calculation of swelling equilibria for water/poly (Acrylamide-Sodiumallysulfonate) systems. *Korean Journals Chemical Engineering*. Vol 16: 581-584,.
- Chen H., J. Weiss dan F. Shahidi. 2006. Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol*. Vol 60: 30-36.
- Chen Y., S. Huang., Z. Tang., X. Chen., dan Z. Zhang. 2011. Structural changes of cassava starch granules hydrolyzed by a mixture of  $\alpha$ -amylase and glucoamylase. *Carbohydrate Polymers*. Vol 85(1): 272–5.
- Cheng, Y.-c., J.-j. Guo., X.-h. Liu., A.-h. Sun., G.-j. Xu dan P. Cui. 2011. Preparation of uniform titania microspheres with good electrorheological performance and their size effect. *Journal of Materials Chemistry*. Vol 21: 5051 5056.
- Chong, W. T., U. Uthumporn., A. A. Karim dan L.H. Cheng. 2013. The influence of ultrasound on the degree of oxidation of hypochlorite-oxidized corn starch. *Food Science and Technology*. Vol 50: 439-443.
- Chung, C., B. Degner dan D. J. McClements. 2012. Rheology and microstructure of bimodal particulate dispersions: Model for foods containing fat droplets and starch granules. *Food Research International*. Vol 48: 641–649.
- Cooper S. J., dan G. T. Bowden. 2007. Ultraviolet B regulation of transcription factor families. *Curr Cancer Drug Targets*. Vol 7(4): 325-334.
- Copeland, L., J. Blazek., H. Salman dan M. C. Tang. 2009. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloid*. Vol 23: 1527-1534.
- Corre, D. L., J. Bras dan A. Dufresne. 2010. Starch nanoparticles : A Review. *Biomacromolecules*. Vol 11: 1139–1153.
- Cui, S.W. 2005. *Food Carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications*. Taylor & Francis Group, New York.
- Dany, N. P. 2012. Modifikasi Mocaf (*Modified Cassava Flour*) Secara Oksidasi Dengan Hidrogen Peroksida Dan katalisasi Sinar UV. *Skripsi*. Jember: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.

- Defloor, I., I. Dehing dan J. A. Delco. 1998. Physico-Chemical properties of cassava starch. *Starch Biosynthesis Nutriion Biomedical*. Vol 50: 58-64
- DeMan, J.M. 1997. *Kimia Makanan*. Penerjemah: K. Padmawinata. Penerbit ITB, Bandung.
- Departemen Kesehatan RI. 2014. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 5*. Jakarta: Depkes RI. 441-448.
- Dufrense, A. 2014. Crystalline starch based nanoparticles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. Vol 19: 397-408
- Dufrense, A., J. Y. Cavaille dan W. Helbert. 1996. Communications to the Editor. New nanocomposie materials: microcrystalline starch reinforced thermoplastic. *Macromolecules*. Vol 29: 7624-7626.
- Durrant, P. J. 1960. *General and Inorganic Chemistry*. London: Longmans Green Co.
- El-Sheikh, M. A., M. A. Ramadhan dan A. El-Shafie. 2010. Photo-oxidation of rice starch. Part I: Using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers*. Vol 80: 266-269.
- Fleence, D. 1989. *Chemical Modification and Degradation of Starch*. Starch Conversion Technology (eds). New York. Marcel Dekker, Inc.
- Forsman, J. 2012. Polyelectrolyte adsorption: Electrostatic mechanisms and nonmonotonic responses to salt addition. *Langmuir*. Vol 28: 5138–5150.
- Fry, S. C. 1998. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate induced hydroxyl radicals. *Biochemical Journal*. Vol 332: 507-515.
- Furia T. E. 1990. *Handbook of Food Additives*. Ohio: The Chemical Rubber, CO.
- Gallant D. J., B. Bouchet dan P. M. Baldwin. 1997. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. *Carbohydrate Polymers*. Vol 32: 177-191.
- Gaman P. M., dan K. B. Sherrington,. 1981. *The Science of Food, An Introduction to Food Science, Nutrition and Microbiology*. Portland. Book News, Inc.
- Garcia, N. L., M. Lamna., N. D'Accorso., A. Dufresne., M. Aranguren dan S. Goyanes. 2012. Biogradable materials from grafting of modified PLA onto starch nanocrystals. *Polymer Degradation and Stability*. Vol 97: 2021-2016.



- Gustafsson, J., P. Mikkola., M. Jokinen dan J. B. Rosenholm. 2000. The influence of pH and NaCl on the zeta potential and rheology of anatase dispersions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspect*. Vol 175: 349–359.
- Haaj, S. B., A. Magnin., C. Petrier dan S. Boufi., 2013. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*. Vol 92: 1625-1632.
- Halliwell B., M. V.Clementb dan L. H. Longa. 2000. Hydrogen peroxide in the human body. *FEBS Letters*. Vol 486: 10-13.
- Harmon, R. E., S. K. Gupta dan J. Jonson. 1972. Oxidation of starch by hydrogen peroxide in the presence of UV light. Part II. *Die Starke*. Vol 24: 8-11.
- Harmon, R. E., S. K. Gupta., dan J. Jonson. 1971. Oxidation of starch by hydrogen peroxide in the presence of UV light. Part I. *Die Starke*. Vol 23: 3447-349.
- Haryadi. 1995. *Catatan Kuliah Sifat-Sifat Fungsional Pati Dalam Bahan Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Hernandez, G. G., R. I. Gómez., S. G. F. Gallardo., C. A. H. Escobar dan P. P. Romo. 2008. Contreras: fast wood fiber esterification. I. Reaction with oxalic acid and cetyl alcohol. *Carbohydrate Polymer*. Vol 71(1): 1–8.
- Hodge, J. E., dan E. M. Osman. 1976. *Carbohydrates, In Food Chemistry*. New York. USA. Marcel Dekker.
- Hoover R, Sosulski F. 1986. Effect of cross linking on functional properties of legume. *Starches/Starke*. Vol 38: 149–155.
- Jafari, S. M., E. Assadpoor., B. Bhandari dan Y. He. 2008. Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying. *Food Research International*, Vol 41(2): 172-183.
- Jain, B. 2008. Synthesis of plant mediated silver nanoparticle using papaya fruit extract and evaluation of their antimicrobial activities. *Digest journal of nanomaterial and biostructures*. Vol 4(3), 557-563.
- Jones, C. W. 1999. *Applications of hydrogen peroxide and derivatives*. United Kingdom. Royal Society of chemistry.
- Jung Y., B. Lee., dan S. Yoo. 2017. Physical structure and absorption properties of tailor-made porous starch granules produced by selected amylolytic enzymes. *Plos One*. Vol 12 (7): 1-14.

- Kasryno, F. 2003. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia dan implikasinya bagi Indonesia. Jakarta: *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Deptan. Vol 1: 474-497.
- Kho, K., dan K. Hadinoto. 2010. Aqueous re-dispersibility characterization of spraydried hollow spherical silica nano-aggregates. *Powder Technology*. Vol 198: 354–363
- Kim, J.-Y., J.-A. Han., D.-K. Kweon., J.-D. Park dan S.-T. Lim. 2013. Effect of ultrasonic treatments on nanoparticle preparation of acid-hydrolyzed waxy maize starch. *Carbohydrate Polymers*. Vol 93: 582-588.
- Kim, J.-Y., J.-D. Park dan S.-T. Lim. 2008. Fragmentation of waxy rice starch granules by enzymatic hydrolysis. *Cereal Chemistry*. Vol 85(2): 182-187
- Lamanna, M., N. J. Morales., N. L. Garcia dan S. Goyanes. 2013. Development and characterization of starch nanoparticles by gamma radiation: Potential application as starch matrix filler. *Carbohydrate Polymers*. Vol 97: 90–97.
- Lead J. 2007. Nanoparticle in the aquatic and terrestrial environments. *Issues in Environmental Science and Technology*. Vol 24: 1-18.
- LeCorre, D., E. Vahanian., A. Dufresne dan J. Bras. 2011. Enzymatic pretreatment for preparing starch nanocrystals. *Biomacromolecules*. Vo 13: 132-137.
- Li, J. H. dan Vasanthan, T. 2003. Hypochlorite oxidation of field pea starch and its suitability for noodle making using an extrusion cooker. *Journal Food Research International*. Vol 36: 381-386
- Liu, D., Q. Wu., H. Chen dan P. R. Chang. 2009. Transitional properties of starch colloid with particles size reduction from micro to nanometer. *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol 339: 117-124.
- Lukasiewicz, M., S. Bednarz., A. Ptaszek., I. Gerlich., A. Bednarz., D. Bogdal dan B. Achremowicz. 2007. Microwave Assisted Oxidative Degradation of Starch- Estimation of Degree of Oxidation of the Modified Biopolymer. *11<sup>th</sup> International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-11)*.
- Marcotte, M., A. R. Taherian., M. Trigui dan H. S. Ramaswamy. 2001. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*. Vol 48(2): 157–167.

- Martin, A., J. Swarbrick, dan A. Cammarata. 1993. *Farmasi Fisik: Dasar-dasar Farmasi Fisik dalam Ilmu Farmasetik*. Edisi Ketiga. Penerjemah: Yoshita. Jakarta: UI-Press.
- Mason, C. F., S.A. Norton, I. J. Fernandez dan L.E. Katz. 1999. Deconstruction of the chemical effects of road salt on stream water chemistry. *Journal of Environmental Quality*. Vol 28: 82-91.
- Masschelein, W. J. 2002. *Ultraviolet Light in Water and Wastewater Sanitation*. Lewis Publisher USA is an imprint CRC Press LLC.
- McClements, DJ. 2007. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutrition*. Vol 47(7):611–649.
- McWilliams, M. 2001. *Foods: Experimental Perspectives*. Edisi 4. Prentice-. Upper Saddle Rive. Hal 161-162.
- Mishra S., dan Rai T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids*. Vol 20: 557–566.
- Moorthy, S.N. 2004. *Tropical sources of starch*. Di dalam: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*. Florida: CRC Press.
- Namazi, H., F. Fathi dan A. Dadkhah. 2011. Hydrophobically modified starch using longchain fatty acids for preparation of nanosized starch particles. *Scientia Iranica Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering*. Vol 18: 439-445.
- Niba L. L., M. M. Bokanga., F. L. Jackson., D. S. Schilimme., dan B. W. Li. 2001. *Physicochemical Properties and starch Granular Characteristics of Flour from Various Manihot Esculenta (Cassava) Genotypes*. University of Maryland: Food Chemistry and Toxicology.
- Palupi, N. W. 2011. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Lama Penyinaran UV-C terhadap tingkat oksidasi dan pengembangan pati kasava pada proses pemanggangan. *Thesis*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Paravouri, P., A. Hamunen., P. Forsell., K. Autio., dan K. Poutanen. 1995. Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/Starke*. Vol 47: 19-23.
- Pelczar M. J., dan E. C. S. Chan. 2009. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid 2. Hadioetomo et al., penerjemah. Jakarta: UI press. Terjemahan dari: *Elements of Microbiology*.

- Permadi, A. 2013. Karakteristik Fisik, Kimia dan Fungsional Teknis Pati Singkong Rakyat Dioksidasi Menggunakan  $H_2O_2$  dengan Variasi pH dan Lama Oksidasi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Pudjihastuti, I. dan Siswo S. 2011. Pengembangan proses inovatif kombinasi reaksi hidrolisis asam dan reaksi fotokimia uv untuk produksi pati termodifikasi dari tapioka. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. ISSN 1693-4393: 1-6.
- Rickard, J.E., M. Asaoka, and J.M.V. Blanshard. 1991. The physicochemical properties of cassava starch. *Trop. Sci.* Vol 31: 189-207.
- Robyt, J. F. 2008. *Starch : Structure, Properties, Chemistry and Enzymology. Departement of Biochemistry, Biophysics, and Molecular Biology*. USA. Iowa State University.
- Roy, P., S. Das., T. Bera., S. Mondol dan A. Mukherjee. 2010. Andrographolide nanoparticles in leishmaniasis: characterization and in vitro evaluations. *International Journal of Nanomedicine*. Vol 5: 113-112.
- Saleh, N., H.-J. Kim., T. Phenrat., K. Matyjaszewski., R. D. Tilton dan G. V. Lowry. 2008. Ionic strength and composition affect the mobility of surface-modified FeO nanoparticles in water-saturated sand columns. *Environmental Science & Technology*. Vol 42: 3349–3355.
- Sangseethong, K., N. Termvejsayanon dan S. Klanarong., 2010. Characterization of physicochemical properties of hypochlorite-andperoxide-oxidized cassava starches. *Carbohydrate Polymers*. Vol 82: 446-4453.
- Scoptoni, 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.
- Setya, A. 2015. Irradiasi Sinar UV-C pada hancuran singkong dalam larutan asam laktat-hidrogen peroksida untuk mendapatkan tepung dengan *baking expansion* yang meningkat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol 4 (1): 17-21.
- Shae, C. R., dan J. A. Parrish. 1991. Nonionizing radation and the skin. In: LA G, editor. *Physiology, biochemistry and molecular biology of the skin*. New York: Oxford University Press. Hal 910–927.



- Shafiei-S, S., W. Y. Hamad dan S. G. Hatzikiriakos. 2014. Ionic strength effects on the microstructure and shear rheology of cellulose nanocrystal suspensions. *Cellulose*. Vol 21: 3347–3359.
- Shi, A., D. Li., L. Wang., dan B. Adhikari. 2012. The effect of NaCl on the rheological properties of suspension containing spray dried starch nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*. Vol 90: 1530-1537.
- Shi, A., L. Wang., D. Li., B. Adhiksari. 2013. Suspensions of vacuum-freeze dried starch nanoparticles: Influence of NaCl on their rheological properties. *Carbohydrate Polymers*. Vol 94: 782-790.
- Singh, N., K. S. Shandu dan 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*. Vol 1 : 443-55.
- Song, D., Y. S. Thioc., dan Y. Denga. 2011. Starch Nanoparticle formation via reactive extrusion and related mechanism study. *Carbohydrate Polymers*. Vol 85: 208-214.
- Sun, Q., H. Fan., dan L. Xiong. 2014. Preparation and characterization od starch nanoparticles through ultrasonic-assisted oxidation methods. *Carbohydrate Polymers*. Vol 106: 359-364.
- Tavares, A. C. K., E. Zanatta., E. R. Zavareze., E. Helbig dan A. R. G. Dias. 2010. The effect of acid and oxidayive modification on the expansion propperities of rice flours with varying levels of amylose. *LWT-Food Scinence and Technology*. Vol 43: 1213-1219.
- Trimble, E. 1983. Modified Starch in Foods. *Journal of Consumer Studies and Home Economics*. Vol 7: 247-260.
- Vanier, N. L., S. L. M. Halal., A. R. G. Dias dan E. R. Zavareze. 2017. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*. Vol 221: 1546-1559
- Vatanasuchart, N., O. Naivikul., S. Charoenrein dan K. Sriroth. 2005. Molecular properties of cassava starch modified with different uv irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers*. Vol 61: 80-87.
- Veelaert S., de Wit D., Gotlieb K. F. dan Verhé R. 1997. Chemical and physical transitions of periodate oxidized potato starch in water. *Carbohydr. Polym*. Vol 33: 153–162.



- Wardiyah. 2016. *Kimia Organik: Modul Bahan Cetak Farmasi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Weakley F. B., Roth W. B., Mehlretter C. L., Rist C. E. 1971. Protein-dialdehyde starch glue for birch type II plywood. *Stärke*. Vol 23: 58–62.
- Whistler, R. L. Dan R. Schweiger. 1957. Oxidation of amilopectin with hypochlorite at different hydrogen ion concentrations. *Journal Cereal Chemistry*. Vol 79: 64460-6464.
- Widjanarko S. B., A. Sutrisno., dan A. Faridah. 2011. Efek hidrogen peroksida terhadap sifat fisiko-kimia tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan metode maserasi dan ultrasonik. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 12: 143-152.
- Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarti, C., T. C. Sunarti dan N. Richana. 2011. Produksi dan aplikasi pati nanopartikel. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* Vol 7 (2): 104-114.
- Wiratakusumah, M. A., R. Syarief dan D. Syah. 1989. Pemanfaatan teknologi pangan dalam pengolahan singkong. *Buletin Pusbangtepa*. Vol 7: 18.
- Wurzburg, O. B. 1968. *Starch in Food Additives Industry*. Handbook of Food Additives. The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.
- Wurzburg, O. B. 1995. In Alistair, M. Food Polysaccharides and Their Applications. *Food Science and Technology*. USA.
- Yan, X. Y., dan D. J. Fray. 2010. Molten salt electrolysis for sustainable metals extraction and materials processing. *Electrolysis: Theory, Types and Applications*. Vol 6: 255-302.
- Yu Y., Y. Wang., W. Ding., J. Zhou dan B. Shi. 2017. Preparation of highly-oxidized starch using hydrogen peroxide and its application as a novel ligand for zirconium tanning of leather. *Carbohydrate Polymer*. Vol 174: 823-829.
- Zhang, S. D., Y. R. Zhang., J. Zu., X. L. Wang., K. K. Yang dan Y. Z. Wang. 2007 Modified corn starches with improved comprehensive properties for preparing thermoplastics. *Starch/Stärke*. Vol 59: 258-268.
- Zhang, S. D., Y. R. Zhang., X. L. Wang., dan Y. Z. Wang. 2009. High carbonyl content oxidized starch prepared by hydrogen peroxide and its thermoplastic application. *Starch/Stärke*. Vol 61: 646–655.

Zhang, Y. R., X. L. Wang., G. M. Zhao., dan Y. Z. Wang. 2012. Preparation and properties of oxidized starch with high degree of oxidation. *Carbohydrate Polymers*. Vol 87: 2554–2562.



LAMPIRAN

**Lampiran 4.1 Data hasil pengukuran ukuran partikel**

Tabel 1.1 Data hasil pengukuran distribusi ukuran partikel

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
H0	-	-	-	-	-
H0,5	368,3	368,2	367,9	368,13	0,208167
H1	255,8	209,8	230,6	232,07	23,03505
H1,5	221,8	220,4	222,5	221,57	1,069268
H2	177,4	175,9	179,1	177,47	1,601041

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

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	61039.443	3	20346.481	152.304	.000
Within Groups	1068.727	8	133.591		
Total	62108.169	11			

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

Perlakuan	Rerata	Notasi
H0	-	-
H0,5	368,13	c
H1	232,07	b
H1,5	221,57	b
H2	177,47	a

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

Kode sampel	Berat sampel (g)			Berat endapan (g)			WHC (g/g)		
	Ulangan								
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Pati tanpa fotooksidasi	1	1	1	1,81	1,84	1,80	0,81	0,84	0,80
H0	1	1	1	1,88	1,90	1,87	0,88	0,90	0,87
H0,5	1	1	1	2,16	2,18	2,13	1,16	1,18	1,13
H1	1	1	1	2,31	2,24	2,24	1,31	1,24	1,24
H1,5	1	1	1	2,20	2,37	2,22	1,20	1,37	1,22
H2	1	1	1	2,35	2,47	2,38	1,35	1,47	1,38

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
Pati tanpa fotooksidasi	0,81	0,84	0,80	0,82	0,02081666
H0	0,88	0,9	0,87	0,88	0,015275252
H0,5	1,16	1,18	1,13	1,16	0,025166115
H1	1,31	1,24	1,24	1,26	0,040414519
H1,5	1,2	1,37	1,22	1,26	0,092915732
H2	1,35	1,47	1,38	1,40	0,06244998

Contoh Perhitungan :

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

$$\begin{aligned} \text{WHC [H0(1)]} &= \frac{1,88-1}{1} \\ &= 0,88 \text{ g/g} \end{aligned}$$

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	.450	4	.112	37.406	.000
Within Groups	.030	10	.003		
Total	.480	14			

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

Perlakuan	Rerata	Notasi
H0	0,88	a
H0,5	1,16	b
H1	1,26	c
H1,5	1,26	c
H2	1,40	d



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

Kode sampel	Berat sampel (g)			Berat endapan (g)			OHC (g/g)		
	Ulangan								
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Pati tanpa fotooksidasi	1	1	1	1,83	1,87	1,85	0,83	0,87	0,85
H0	1	1	1	1,87	1,91	1,85	0,87	0,91	0,85
H0,5	1	1	1	1,92	1,91	1,84	0,92	0,91	0,84
H1	1	1	1	1,95	1,99	2,06	0,95	0,99	1,06
H1,5	1	1	1	2,13	2,12	2,18	1,13	1,12	1,18
H2	1	1	1	2,23	2,25	2,3	1,23	1,25	1,3

Kode sampel	Ulangan			Rerata	Standart Deviasi
	1	2	3		
Pati tanpa fotooksidasi	0,83	0,87	0,85	0,85	0,02
H0	0,87	0,91	0,85	0,88	0,024944383
H0,5	0,92	0,91	0,84	0,89	0,035590261
H1	0,95	0,99	1,06	1,00	0,045460606
H1,5	1,13	1,12	1,18	1,14	0,026246693
H2	1,23	1,25	1,3	1,26	0,029439203

Contoh Perhitungan :

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

$$\begin{aligned} \text{OHC [H0(1)]} &= \frac{1,87-1}{1} \\ &= 0,87 \text{ g/g} \end{aligned}$$

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	.329	4	.082	49.752	.000
Within Groups	.017	10	.002		
Total	.346	14			

Tabel 3.3 Hasil uji beda distribusi ukuran dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
H0	0,88	a
H0,5	0,89	a
H1	1,00	b
H1,5	1,14	c
H2	1,26	d

**Lampiran 4.4 Data hasil pengukuran viskositas**

Tabel 4.1 Perhitungan massa jenis sampel

Kode sampel	Berat Piknometer kosong (g)	Berat Piknometer +air(g)	Massa jenis air ( $\rho$ )	Berat Piknometer+sampel (g)		
				1	2	3
Nacl (0%)	19,1316	44,8556	1,02896	45,5141	45,6158	45,4917
Nacl (5%)	19,1316	44,8556	1,02896	45,502	45,6132	45,4492
Nacl (10%)	19,1316	44,8556	1,02896	45,7031	45,5913	45,7134
Nacl (15%)	19,1316	44,8556	1,02896	45,8379	46,0698	45,9812

Kode sampel	Massa Jenis Sampel ( $\rho$ )			Rata-rata	STDEV
	1	2	3		
Nacl (0%)	1,0553	1,0594	1,0544	1,0564	0,002645523
Nacl (5%)	1,0548	1,0593	1,0527	1,0556	0,003348603
Nacl (10%)	1,0629	1,0584	1,0633	1,0615	0,002708689
Nacl (15%)	1,0683	1,0775	1,0740	1,0733	0,004680811

Contoh Perhitungan :

$$\rho_1 = \frac{m}{v} \times \rho_2$$

$$\rho_{0\%(1)} = \frac{(\text{berat pikno} + \text{sampel} - \text{berat pikno kosong})}{(\text{berat pikno} + \text{air} - \text{berat pikno kosong})} \times \rho_{\text{air}}$$

$$\rho_{0\%(1)} = \frac{(45,5141 - 19,1316)}{(44,8556 - 19,1316)} \times 1,02896$$

$$\rho_{0\%(1)} = 1,0553 \text{ g/ml}$$

Tabel 4.2 Perhitungan data viskositas

Kode sampel	Viskositas air (Poise)	Massa jenis sampel (g/ml)	Massa jenis air (g/ml)	Waktu alir air (s)
Nacl (0%)	0,01	1,0564	1,02896	1,5
Nacl (5%)	0,01	1,0556	1,02896	1,5
Nacl (10%)	0,01	1,0615	1,02896	1,5
Nacl (15%)	0,01	1,0733	1,02896	1,5

Kode sampel	Waktu alir sampel (s)			Viskositas sampel (g/ml)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Nacl (0%)	2,7	2,9	3	0,018899	0,020299	0,020999
Nacl (5%)	2,6	2,5	2,2	0,018186	0,017487	0,015388
Nacl (10%)	2,9	2,9	2,6	0,020398	0,020398	0,018288
Nacl (15%)	3,5	3,6	3,6	0,024891	0,025602	0,025602

Kode sampel	Rata-rata (Poise)	Rata-rata (Pa.s)	stdev
Nacl (0%)	0,020065876	0,002006588	0,001069226
Nacl (5%)	0,017020365	0,001702037	0,001456057
Nacl (10%)	0,019694767	0,001969477	0,001218298
Nacl (15%)	0,025365031	0,002536503	0,000410594

Contoh perhitungan :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

$$\eta_{0\%(1)} = \frac{\rho_{0\%(1)} t_{10\%(1)}}{\rho_{air} t_{air}} \times \eta_{air}$$

$$\eta_{0\%(1)} = \frac{0,018889 \times 2,7}{1,02896 \times 1,5} \times 0,01 = 0,020065876 \text{ Poise} = 0,002006588 \text{ Pa.s}$$

Tabel 4.3 Analisis varian viskositas dengan SPSS 16 one way ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	3	.000	29.900	.000
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.000	11			

Tabel 4.4 Hasil uji beda distribusi ukuran dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
0%	2,006588	b
5%	1,702037	a
10%	1,969477	b
15%	2,536503	c



**Lampiran 4.5 Data hasil pengukuran indeks endapan**

Tabel 5.1 Data hasil pengukuran indeks endapan

Kode sampel	Endapan (cm)		Indeks endapan (%)		Rerata	Standart Deviasi
	(1)	(2)	(1)	(2)		
	0%	1,4	1,6	16,67		
5%	0,4	0,5	4,76	5,95	5,36	0,841794
10%	1,3	1,2	15,48	14,29	14,88	0,841794
15%	1,7	1,9	20,24	22,62	21,43	1,683588

Contoh Perhitungan :

$$\text{Indeks endapan} = \frac{H_s}{H_e} \times 100$$

$$\text{Indeks endapan}_{0\%(1)} = \frac{1,4}{8,4} \times 100 = 16,67\%$$

Tabel 5.2 Analisis varian indeks endapan dengan SPSS 16 one way ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	281.632	3	93.877	41.730	.002
Within Groups	8.999	4	2.250		
Total	290.630	7			

Tabel 5.3 Hasil uji beda indeks endapan dengan metode Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Perlakuan	Rerata	Notasi
0%	17,86	bc
5%	5,36	a
10%	14,88	b
15%	21,43	c

