



**APLIKASI NANOPARTIKEL PATI JAGUNG HASIL FOTOOKSIDASI
SEBAGAI ENKAPSULAN KURKUMIN**

SKRIPSI

Oleh:

Mohammad Abdan Danial Huda

151710101069

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**APLIKASI NANOPARTIKEL PATI JAGUNG HASIL FOTOOKSIDASI
SEBAGAI ENKAPSULAN KURKUMIN**

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 :

Mohammad Abdan Danial Huda

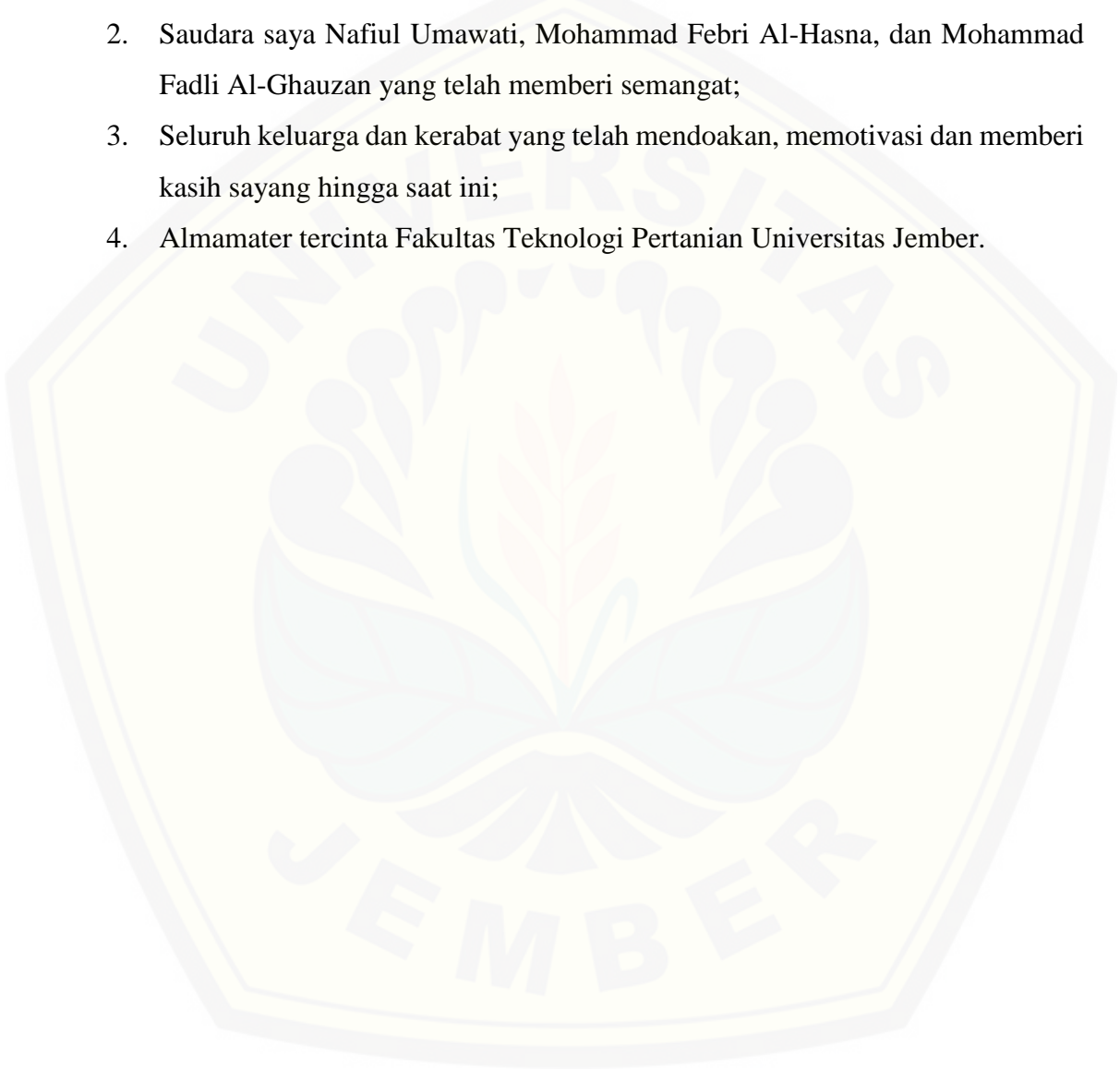
151710101069

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yaitu Moh. Habibullah dan Sunu Mujayannah yang sangat aku cintai, terima kasih atas dukungan dan doa yang selalu diberikan;
2. Saudara saya Nafiul Umawati, Mohammad Febri Al-Hasna, dan Mohammad Fadli Al-Ghauzan 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 melihat kebahagiaan itu seperti pelangi, tidak pernah berada di atas kepala kita sendiri, tetapi selalu berada di atas kepala orang lain"

(Thomas Hardy)

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

(Kahlil Gibran)

"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 : Mohammad Abdan Danial Huda

NIM : 151710101069

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sebagai Encapsulan Kurkumin**” 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, 20 Januari 2020
Yang menyatakan

Mohammad Abdan Danial Huda.
NIM 151710101069

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sebagai Enkapsulan Kurkumin**” karya Mohammad Abdan Danial Huda, NIM 151710101069 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

hari, tanggal : 6 Januari 2020

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Jayus

NIP. 196805161992031004

Penguji Utama

Dr. Maria Belgis S.TP., M.P

NIP. 760016850

Penguji Anggota

Dr. Ir. Sih Yuwanti, M.P.

NIP. 196507081994032002

Ir. Giyarto M.Sc.

NIP. 196607181993031013

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sebagai Enkapsulan Kurkumin; Mohammad Abdan Danial Huda; 151710101069; 69 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Senyawa fenolik kurkumin memberikan pigmen warna kuning pada rimpang kunyit. Kurkumin memiliki sifat sebagai antikanker, antioksidan, antimikroba dan antiinflamasi, namun kurkumin sukar larut di media *aqueos* dan stabilitasnya rendah. Upaya peningkatan kestabilan dan perbaikan karakteristik kurkumin dapat dilakukan dengan teknologi enkapsulasi. Matriks yang ideal untuk enkapsulasi memiliki sifat pembentuk film, pengemulsi, *biodegradable* dan aman dikonsumsi. Maltodekstrin (MD) sebagai pati modifikasi parsial dapat digunakan untuk bahan penyalut enkapsulasi, namun penggunaan maltodekstrin dapat menghasilkan dinding kapsul kurang kuat dan mengakibatkan terjadinya keretakan pada permukaan dinding kapsul dan terjadi aglomerasi partikel. Peningkatan kekuatan dinding kapsul dapat dilakukan dengan penambahan *co*-matriks enkapsulasi seperti nanopartikel pati jagung (CSNp) karena ukuran partikelnya sangat kecil. Selain itu, CSNp memiliki sifat porus sehingga dapat meningkatkan kemampuan mengikat dan dapat menahan (retensi) bahan aktif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jenis bahan penyalut yaitu maltodekstrin dan nanopartikel pati jagung serta kombinasi antara keduanya.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor yaitu jenis penyalut (CSNp 100%, MD 100%, CSNp50%:MD50%) dan konsentrasi penyalut (5% dan 10% b/v). 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 diagram.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan penyalut berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan, kelarutan, higroskopisitas, efisiensi enkapsulasi (EE) dan *drug loading* (DL). Penggunaan CSNp dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan *drug loading*, hal ini dikarenakan

mikrostruktur dari matriks kapsul memiliki peran penting dalam retensi senyawa yang terkapsul. Porositas dan luas area spesifik berperan besar dalam peningkatan retensi komponen bioaktif. Penggunaan CSNp juga dapat menurunkan kelarutan dan higroskopisitas, hal ini dikarenakan panjang rantai glukosa CSNp lebih panjang daripada maltdekstrin sehingga berat molekulnya lebih tinggi sehingga kelarutannya menjadi lebih rendah.

Konsentrasi penyalut 5% dapat meningkatkan kelarutan, higroskopisitas, DL dan aktivitas antioksidan, hal ini dikarenakan penggunaan bahan padatan yang lebih sedikit dapat membentuk dinding kapsul yang lebih tipis sehingga mikrokapsul akan cepat larut dan higroskopis. Selain itu, jumlah padatan yang lebih sedikit juga dapat meningkatkan konsentrasi bioaktif pada mikrokapsul.

SUMMARY

Application of Photooxidized Corn Starch Nanoparticle as Curcumin Encapsulant; Mohammad Abdan Danial Huda; 151710101069; 69 pages; Department of Agricultural Product Technology Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Phenolic curcumin compounds provide a yellow pigment in the ginger rhizome and turmeric. Curcumin has the characteristics as an anticancer, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory, but curcumin is difficult to dissolve in aqueous media and low solubility. Efforts to increase stability and improve the characteristics of curcumin can be done with encapsulation technology. The ideal matrix for encapsulation is film-forming, emulsifying, biodegradable and safe for consumption. Maltodextrin (MD) is a partially modified starch and commonly used as encapsulating agents, but the use of maltodextrin can produce less strong capsule walls and cause cracking on the surface of the capsule wall and particle agglomeration. Corn starch nanoparticles (CSNp) have the potential as matrix microencapsulation because they are very small and porous so they can increase their binding ability and retain bioactive ingredients. This study aimed to determine the effect of matrix types there were CSNp and maltodextrin and the effect of different coating concentrations.

This study used Complete Randomized Design (CRD) with two factors, there were matrix types (CSNp 100%, MD 100%, CSNp50%: MD50%) and matrix concentration (5% and 10%). Each treatment was repeated three times. Research data were processed using ANOVA (Analysis of variants) at a 5% level and further tested using DMRT (Duncan New Multiple Range Test). The results of the study were presented in the diagrams.

The results showed that the differences in matrix composition significantly affected the antioxidant activity, solubility, hygroscopicity, encapsulation efficiency (EE) and drug loading (DL). More importantly, using CSNp increased antioxidant activity and drug loading, this was because the microstructure of the

capsule matrix has an important role in the retention of encapsulated bioactive compounds. Porosity and specific area can be increasing the retention of bioactive components. Starches that have the native granules have lower bioactive component retention resistance than starches that have lost their granular shape (modified starch). The use of CSNp could also reduce the solubility and hygroscopicity microcapsules, this was because the length of the CSNp glucose chain is longer than maltodextrin so that the molecular weight is higher and the level of solubility becomes lower.

Matrix concentration 5% could increase solubility, hygroscopicity, DL and antioxidant activity microcapsules, because the use of fewer solids can form a thinner microcapsules wall so that the microcapsules will dissolve quickly and hygroscopically. Besides that, a smaller amount of encapsulating agents can also increase bioactive concentrations in microcapsules.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Nanopartikel Pati Jagung Hasil Fotooksidasi Sebagai Enkapsulan Kurkumin”. 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, membantu memecahkan masalah dan selalu memberi motivasi;
3. Dr. Maria Belgis S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) serta Ibu Niken Widya Palupi S.TP., M.Sc yang telah memberikan bimbingan, perhatian serta arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Sih Yuwanti, M.P. dan Ir. Giyarto M.Sc 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 Kimia dan Pangan, Laboratorium RPPHP Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium CDAST Universitas Jember yang telah berbaik hati membantu selama pelaksanaan penelitian;

8. THP-C 2015, HIMAGIHASTA, UKM Pusat Tenis Meja keluargaku tersayang dimana menjadi tempatku mendapatkan banyak pengalaman dan pelajaran yang sangat berharga;
9. Teman-teman Kos Yudhistira yaitu Nico Praditya Anandra, William Prizkiabi, Ridwan, Sadul Kholqi, Salman Al-Farizi dan teman-teman kos lainnya;
10. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa dan persahabatan
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Jember, 20 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karakteristik Kurkumin	4
2.2 Metode Ekstraksi Kurkumin	5
2.3 Teknologi Encapsulasi Bioaktif	7
2.4 Sifat Fisik Mikrokapsul	16
2.5 Aplikasi Nanopartikel Nutraceutical pada Pangan Fungsional	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	19

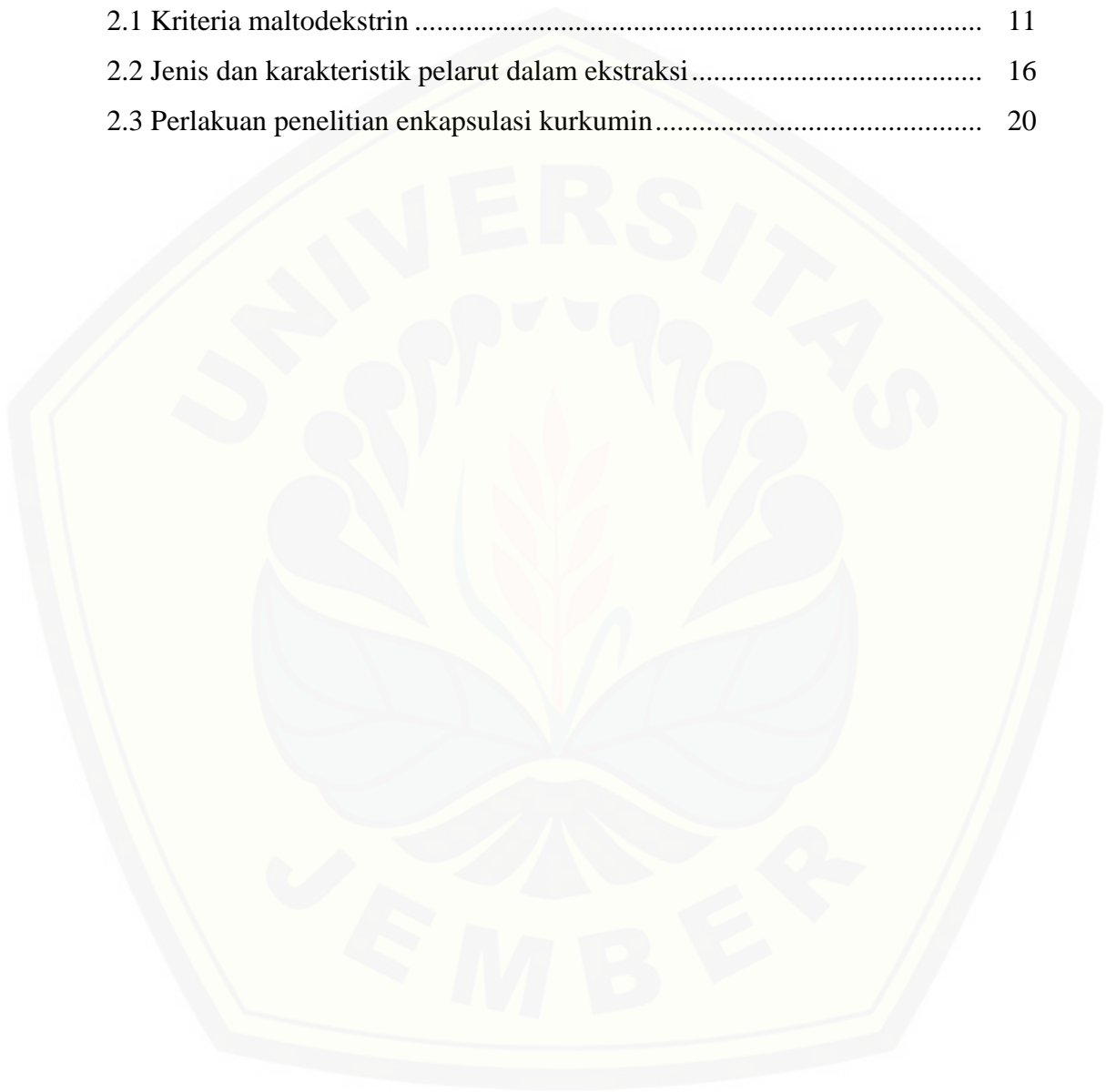
3.3 Metode Penelitian	19
3.3.1 Rancangan Penelitian	19
3.3.2 Ekstraksi Kurkumin.....	20
3.3.3 Pembuatan Nanopartikel Pati Jagung.....	21
3.3.4 Pembuatan Kurkumin Terenkapsulasi.....	23
3.4 Parameter Pengamatan	23
3.5 Prosedur Analisis	23
3.5.1 Ukuran Partikel (PSA).....	23
3.5.2 Rendemen.....	24
3.5.3 Kadar Air.....	25
3.5.4 Efisiensi Enkapsulasi dan <i>Drug Loading</i>	25
3.5.5 Kelarutan dalam air	26
3.5.6 Higroskopisitas.....	26
3.5.7 Penentuan aktivitas antioksidan metode DPPH	26
3.6 Analisa Data	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Preparasi Nanopartikel Pati Jagung	28
4.2 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Rendemen	29
4.3 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Kadar Air	30
4.4 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Efisiensi Enkapsulasi dan <i>Drug Loading</i>	32
4.5 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Kelarutan dalam Air	34
4.6 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Higroskopisitas	36
4.7 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pnyalut terhadap Aktivitas Antioksidan	38
BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41

5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	51



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kriteria maltodekstrin	11
2.2 Jenis dan karakteristik pelarut dalam ekstraksi	16
2.3 Perlakuan penelitian enkapsulasi kurkumin	20



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Penyalutan nutraseutikal	5
2.2 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida.....	9
2.3 Perbandingan kenampakan SEM pati jagung alami dan pati oksidasi.....	9
2.4 Perubahan struktur kimia pati menjadi maltodekstrin	10
2.5 Struktur kimia tween 80	12
2.6 Rimpang kunyit.....	13
2.7 Struktur kimia kurkumin.....	14
3.1 Diagram alir ekstraksi kurkumin.....	21
3.2 Diagram alir proses pembuatan nanopartikel pati jagung.....	22
3.3 Diagram alir proses pembuatan kurkumin terenkapsulasi	24
4.1 Ukuran partikel pati jagung sebelum fotoksidasi.....	28
4.2 Ukuran partikel pati jagung setelah fotoksidasi	29
4.3 Diagram batang nilai rendemen	30
4.4 Diagram batang presentase kadar air	31
4.5 Diagram batang presentase efisiensi enkapsulasi	33
4.6 Diagram batang presentase <i>drug loading</i>	34
4.7 Diagram batang presentase kelarutan dalam air.....	35
4.8 Diagram batang presentase higroskopisitas	37
4.9 Diagram batang uji aktivitas antioksidan.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Data hasil pengukuran rendemen	51
4.2 Data hasil pengukuran kadar air	53
4.3 Data hasil pengukuran efisiensi enkapsulasi	55
4.4 Data hasil pengukuran <i>drug loading</i>	57
4.5 Data hasil pengukuran kelarutan dalam air	60
4.6 Data hasil pengukuran higroskopisitas	63
4.7 Data hasil pengukuran aktivitas antioksidan	65
4.8 Dokumentasi	67

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Enkapsulasi telah banyak digunakan dalam industri kimia, farmasi dan pangan dengan tujuan untuk melindungi senyawa bioaktif dari kondisi lingkungan (oksigen, air, asam, interaksi dengan bahan-bahan lain). Enkapsulasi dalam bidang pangan berfungsi untuk melindungi suatu material khususnya komponen bioaktif sehingga bahan inti yang berada di dalam kapsul akan terlindungi dan terhindar dari pengaruh lingkungan seperti suhu, pH dan cahaya (Sansone *et al.*, 2011). Enkapsulasi juga dapat memperbaiki karakteristik senyawa bioaktif seperti meningkatkan kelarutan dalam air. Tantangan utama enkapsulasi yaitu pemilihan enkapsulan yang harus memiliki sifat pengikat yang baik, non-higroskopis dan tidak mudah beragregat (Barros dan Stringheta, 2006). Salah satu enkapsulan yang umum digunakan yaitu maltodekstrin (Ray *et al.*, 2016), karena memiliki sifat pembentuk gel dan film, pengikat yang baik, larut dalam air dingin (Srihari *et al.*, 2010). Penggunaan maltodekstrin sebagai enkapsulan tunggal menyebabkan aglomerasi partikel dan dinding mikrokapsul yang kurang kuat sehingga mengakibatkan terjadinya keretakan atau kebocoran pada permukaan dinding kapsul (Sansone *et al.*, 2011). Upaya peningkatan kestabilan partikel dan kekuatan dinding mikrokapsul yaitu dengan penambahan enkapsulan pati.

Pati sebagai bahan organik banyak digunakan bidang industri pangan (Copeland, 2009). Struktur pati relatif cukup mudah untuk dimodifikasi kimiawi maupun enzimatis (Paulos *et al.*, 2016). Salah satu bahan yang memiliki kandungan pati dengan konsentrasi tinggi yaitu jagung sebesar 70% (Suarni *et al.*, 2008). Pati alami (*native starch*) memiliki beberapa karakteristik yang kurang baik sebagai bahan penyalut seperti tidak larut dalam air dingin, sifat terlalu lengket dan daya pengikatnya rendah, viskositas tinggi pada konsentrasi tinggi sehingga perlu adanya modifikasi pati (Koswara, 2009). Modifikasi pati jagung dapat dilakukan dengan mengubah ukuran partikelnya menjadi ukuran nano, karena pati jagung memiliki kandungan amilopektin yang cukup tinggi (Dufresne, 2014). Daerah kristalin pada

granula pati yang sebagian besar tersusun atas amilopektin memiliki bloklet yang berukuran nano sehingga dapat menghasilkan nanopartikel pati jagung.

Teknologi nanopartikel banyak diaplikasikan dalam teknik enkapsulasi karena nanopartikel pati memiliki sifat non-higroskopis, tidak mudah aglomerasi antar partikel dan ukuran partikel yang sangat kecil sehingga akan memperluas permukaan yang aktif serta kemampuan mengikat minyak dan air sangat baik (Chevalier *et al.*, 2013). Nanopartikel pati juga diharapkan tidak terlalu mudah larut dengan pelarut dan memiliki daya cerna rendah karena dengan mudah melarutnya matriks maka bahan aktif akan cepat keluar dan bahan aktif tidak akan sampai ke usus kecil (Winarti, 2014). Nanopartikel pati jagung dapat mengikat senyawa lipofilik karena partikel dalam bentuk nano mempunyai sifat hidrofilik (mengikat fase air) dan lipofilik (mengikat fase minyak) (Fujii *et al.*, 2005). Karakteristik tersebut dapat diaplikasikan pada enkapsulasi senyawa bioaktif seperti kurkumin, karena kurkumin memiliki sifat lipofilik. Sifat lipofilik kurkumin dapat menyebabkan penyerapan bioaktif dalam tubuh kurang maksimal (Bansal., 2011).

Senyawa fenolik kurkumin umumnya digunakan sebagai bahan aktif dalam enkapsulasi, karena senyawa ini memiliki beberapa kelemahan seperti sukar larut air dan bioavailabilitas rendah (Calahorra *et al.*, 2018). Penelitian enkapsulasi kurkumin dengan berbagai sistem penghantaran seperti hidrogel (Gong *et al.*, 2013), nanopartikel (Bisht *et al.*, 2007), *pickering emulsions* (Marefati *et al.*, 2017) dan liposom (Hasan *et al.*, 2014), namun penelitian enkapsulasi menggunakan nanopartikel pati jagung dan maltodekstrin belum pernah dilaporkan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kurkumin terenkapsulasi dengan nanopartikel pati jagung.

1.2 Rumusan Masalah

Pemilihan enkapsulan menjadi faktor penting dalam aplikasi teknologi enkapsulasi. Jenis enkapsulan atau penyalut mempengaruhi karakteristik mikrokapsul seperti efisiensi enkapsulasi, kelarutan dalam air dan stabilitas (Park *et al.*, 2019). Maltodekstrin banyak digunakan sebagai bahan penyalut enkapsulasi, karena bahan ini bersifat sebagai bahan pengikat, larut dalam air dingin, dan dapat

membentuk gel. Penggunaan maltodekstrin memiliki kelemahan diantaranya menghasilkan dinding mikrokapsul yang kurang kuat dan mikrokapsul yang dihasilkan mudah menggumpal. Nanopartikel pati jagung memiliki potensi sebagai enkapsulan karena ukurannya partikelnya kecil dan porus sehingga dapat meningkatkan kemampuan mengikat dan menahan (retensi) bahan aktif (Jiang *et al.*, 2014). Nanopartikel pati jagung dapat digunakan sebagai enkapsulan kurkumin (Sadeghi *et al.*, 2017)

Karakteristik mikrokapsul juga dipengaruhi oleh konsentrasi bahan penyalut. Konsentrasi penyalut yang terlalu tinggi menyebabkan pembengkakan (*puffing*) pada mikrokapsul, sedangkan konsentrasi terlalu sedikit menyebabkan dinding mikrokapsul mudah bocor dan terjadi keretakan dinding sehingga efisiensi enkapsulasi akan menurun (Yuliani *et al.*, 2007). Oleh karena itu, perlu dikaji karakteristik mikrokapsul dari penyalut nanopartikel pati jagung dan maltodekstrin serta perbedaan konsentrasi penyalut.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh jenis (nanopartikel pati jagung dan maltodekstrin) dan konsentrasi penyalut terhadap karakteristik mikrokapsul kurkumin.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu meningkatkan nilai ekonomis pati jagung serta dapat meningkatkan efektivitas kurkumin dalam ekstrak kunyit sehingga nanopartikel pati jagung sebagai enkapsulan dapat diaplikasikan ke industri pangan fungsional.

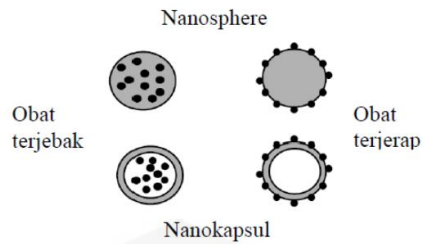
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi Enkapsulasi Senyawa Bioaktif

Enkapsulasi digunakan untuk menyalut senyawa bioaktif dengan bahan pelindung tertentu, sehingga dapat mengurangi kerusakan senyawa bioaktif dan dapat memperbaiki karakteristiknya. Enkapsulasi membantu memisahkan material inti dengan lingkungannya hingga material tersebut terlepas ke lingkungan. Material inti yang dilindungi disebut *core* dan struktur yang dibentuk oleh bahan pelindung yang menyelimuti inti disebut sebagai dinding, matriks, atau enkapsulan (Kailasapathy, 2002; Krasaekoopt *et al.*, 2003). Enkapsulan atau matriks kapsul merupakan bahan semipermeabel, tipis, berbentuk bulat dan kuat dengan diameter bervariasi dari beberapa mikrometer hingga millimeter (Anal dan Singh, 2007). Enkapsulasi dapat melindungi senyawa atau bahan inti dari pengaruh lingkungan, mencegah degradasi karena radiasi cahaya atau oksigen dan juga dapat memperlambat terjadinya evaporasi (Risch, 1995).

Enkapsulasi bahan aktif memiliki tujuan sebagai alternatif untuk mencegah terdegradasinya bahan aktif sebelum mencapai usus halus. Enkapsulasi dilakukan dengan menambahkan larutan dari bahan aktif yang larut air maupun yang tidak larut air, dan polimer yang larut air dengan atau tanpa penambahan surfaktan sebagai agen *emulsifier*. Polimer akan terkondensasi membentuk agregat. Bahan aktif akan terjebak di dalam polimer sehingga diperoleh bahan aktif yang terenkapsulasi.

Enkapsulasi dilakukan dengan menambahkan larutan *co-solvent* dari nutraceutical yg larut sempurna dalam air, dan bahan inti yang sukar larut air tanpa penambahan surfaktan. Polimer akan terkondensasi dan membentuk agregat melalui metode pengeringan seperti *spray drying* atau *freeze drying*. Beberapa bagian dari nutraseutikal akan terjebak di dalam polimer sehingga diperoleh nutraseutikal yang telah terenkapsulasi. Menurut Tiyaboonchai (2003) ekstrak dapat tersalut melalui 2 kondisi enkapsulasi yaitu ekstrak masuk ke dalam matriks (terjebak) dan ekstrak menempel dipermukaan kitosan (teradsorpsi). Penyalutan nutraseutikal dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penyalutan nutraseutikal (Tiyaboonchai, 2003)

Enkapsulasi dapat dilakukan dengan metode atau teknik *spray drying* yaitu salah satu metode enkapsulasi yang awalnya digunakan untuk mengencapsulasi *fragrance* atau bahan perasa dan komponen bioaktif. Metode ini tidak memerlukan biaya yang banyak dan efektif digunakan karena hanya dibutuhkan energi yang sedikit. Mekanisme teknik ini yaitu bahan inti yang sudah terdispersi dalam larutan polimer akan dilewatkan dalam *nozzle*. Cairan yang keluar dari *nozzle* akan membentuk tetesan dan mengalami proses solidifikasi akibat udara panas yang dilewatkan (Hasan, 2012).

Teknik *spray drying* memerlukan atomisasi emulsi atau suspensi bahan inti dan pembawa dengan gas kering yang dihasilkan oleh penguapan air yang cepat. Hasil pengeringan dengan *spray drying* akan berupa serbuk kering. Proses ini dikendalikan oleh aliran gas, suhu dan produk itu sendiri (O'riordan *et al.*, 2001). Keuntungan menggunakan metode ini yaitu pengoperasiannya cukup mudah dan efektif. Kekurangannya yaitu bahan inti akan mudah rusak karena dalam metode membutuhkan suhu tinggi sehingga proses ini memerlukan ketepatan saat penambahan dan pengendalian kondisi seperti suhu *inlet* dan *outlet* (Kailasapathy, 2002). Metode ini dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu produk yang berupa cairan didispersikan dalam penyemprot (*sprayer*), selanjutnya kontak antara semprotan dengan udara panas, pengeringan semprotan, dan pemisahan antara produk kering (aliran serbuk bebas) dan udara.

Keuntungan enkapsulasi dengan metode pengeringan semprot ini diantaranya adalah meningkatnya stabilitas serbuk, teknik yang dapat dipercaya, biaya yang murah, menghasilkan serbuk berupa partikel mikrokapsul yang kecil, teknik yang ramah, terhindar dari penggunaan pelarut organik, dilakukan satu tahap, atau berkelanjutan (*continuous*), metode yang fleksibel, dapat digunakan untuk

enkapsulasi polimer-polimer yang berbeda dan suhu yang berbeda (Yundhana, 2008).

Bahan inti enkapsulasi merupakan bahan spesifik yang akan disalut dan dapat berupa padatan maupun cairan. Konsentrasi senyawa bioaktif bervariasi biasanya mengandung 10%-95% berat inti. Tingkat pelepasan bahan inti, terutama ditentukan oleh struktur kimia, ketebalan film kapsul dan ukuran kapsul. Kecepatan pelepasan isi kapsul dapat dikontrol dengan mengontrol konsentrasi bahan penyalut yang digunakan (Marzuki, 2012).

Bahan penyalut yang digunakan untuk enkapsulasi harus memiliki ketebalan film yang tipis dan kohesif dengan bahan inti dan dapat bercampur dengan bahan kimia namun tidak bereaksi dengan bahan inti. Karakteristik yang dapat diketahui dari bahan penyalut yaitu kekuatan, fleksibilitas, impermeabilitas, sifat-sifat optik dan stabilitas. Ketebalan penyalut bervariasi, tergantung perbandingan konsentrasi bahan penyalut dengan bahan inti dan ukuran partikel dari bahan inti (Benita, 1996). Bahan penyalut yang umum digunakan seperti gum arab, alginat, kitosan, CMC (*carboxymethyl cellulose*), siklodekstrin dan maltodekstrin. Bahan penyalut lain seperti modifikasi pati (nanopartikel tapioka, nanokristalin sagu dan nanopartikel pati jagung).

a. Nanopartikel Pati Jagung

Pati jagung merupakan salah satu bahan pangan yang melimpah di Indonesia. Badan Pusat Statistik mencatat produksi jagung tahun 2013 sebanyak 18,51 juta ton pipilan kering dan tahun 2014 sebanyak 19,01 juta ton pipilan kering atau meningkat 0,50 juta ton (2,68 %) dibanding tahun 2013 (BPS, 2015). Produksi jagung tahun 2015 sebesar 20,67 juta ton pipilan kering atau mengalami kenaikan sebesar 1,66 juta ton (8,72%) dibandingkan tahun 2014 (BPS, 2016). Pada tahun 2017, Indonesia telah mengekspor jagung ke negara lain, hal ini mengindikasikan bahwa tanaman jagung sangat melimpah di Indonesia.

Pati pada umumnya memiliki kandungan amilopektin sebesar 72-82% dan amilosa sebesar 18-28% (Dufresne, 2014). Menurut Singh *et al.*, (2005) jagung normal yang memiliki kandungan amilopektin sebesar 74-76% dan amilosa sebesar 24-26%, sedangkan pati singkong dan pati kentang 28% dan 25% berturut-turut.

Pati jagung dapat digunakan sebagai bahan nanopartikel karena memiliki kandungan amilopektin yang cukup tinggi (Dufresne, 2014). Daerah kristalin pada granula pati yang sebagian besar tersusun atas amilopektin memiliki bloklet nano yang dapat diekstrak atau diisolasi untuk menghasilkan nanopartikel pati. Ukuran nanopartikel pati dipengaruhi oleh kandungan amilosanya dimana semakin besar kandungan amilosa pada pati maka akan dihasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih besar.

Penggunaan pati nanopartikel merupakan salah satu alternatif matriks pembawa bahan aktif karena memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki viskositas suspensi rendah walau konsentrasinya relatif tinggi, dan kekuatan pengikatan yang tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan pembawa. Selain sebagai pelindung bahan aktif agar tetap stabil dari gangguan faktor luar, ukurannya yang sangat kecil membuat luas permukaan aktif semakin besar sehingga kemampuan mengikat kurkumin juga lebih besar. Ukuran partikel yang kecil juga meningkatkan penyerapan bahan aktif ke dalam jaringan pencernaan dalam tubuh (usus halus) sehingga dapat mempercepat proses pengobatan dalam tubuh.

Nanopartikel pati jagung merupakan salah satu bentuk modifikasi pati yang mengubah ukuran partikel pati menjadi ukuran nano yaitu 1-1000 nm (Jain, 2008). Nanopartikel pati jagung memiliki struktur berpori dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga kapasitas adsorpsi menjadi lebih kuat (Zhang, 2012). Morfologi nanopartikel pati dipengaruhi oleh adanya struktur kristalin pada pati. Nanopartikel pati dari jenis tipe-A seperti jagung lilin, jagung normal dan gandum berbentuk persegi sementara yang berasal dari pati tipe-B seperti jagung tinggi amilosa dan kentang menghasilkan partikel berbentuk bulat. Nanopartikel pati dihasilkan sesuai bloklet dalam granula pati, yaitu bloklet tipe-A dan tipe-B. Ukuran nanopartikel pati dipengaruhi oleh kandungan amilosanya dimana semakin besar kandungan amilosa pada pati maka akan dihasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih besar.

Pembuatan nanopartikel dapat dilakukan dengan beberapa cara yang terdiri atas proses *top-down* dan *bottom-up*. Proses *top-down* adalah proses pemecahan partikel menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga menghasilkan nanopartikel,

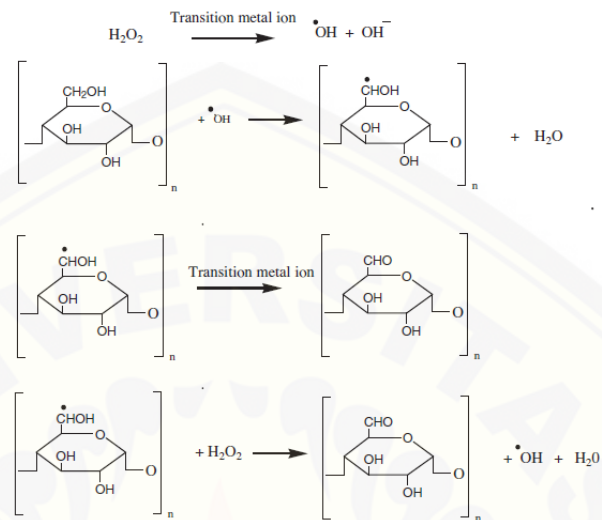
sedangkan proses *bottom-up* adalah merangkai atau menggabungkan molekul secara termodinamis pada kondisi terkontrol. Pembuatan nanopartikel pati dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu hidrolisis asam atau enzim, presipitasi dan perlakuan mekanis (Corre *et al.*, 2010). Metode pembuatan nanopartikel pati seperti hidrolisis enzimatis (Kim *et al.*, 2008), ultrasonikasi (Bel Haaj *et al.*, 2013), dan iradiasi sinar gama (Garcia *et al.*, 2012). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan seperti waktu pembuatan yang cukup lama, bentuk partikel kurang seragam dan partikel masih mudah beragregasi.

Teknologi produksi nanopartikel menggunakan metode fotooksidasi merupakan salah satu metode modifikasi pati yang menggabungkan dua prinsip modifikasi yaitu foto (cahaya) dan oksidasi. Metode fotooksidasi dapat meminimalisir terjadinya agregasi membentuk partikel yang berukuran mikro. Oksidasi pati dapat menghasilkan pati dengan viskositas suspensi yang rendah pada konsentrasi tinggi, stabilitas tinggi, memiliki sifat pengikat yang baik sehingga lebih luas aplikasinya dalam bidang pangan (Wang, 2006). Pati yang terfotooksidasi mengalami depolimerisasi dan gugus hidroksil pada cincin karbon teroksidasi menghasilkan kelompok aldehida dan gugus karboksil. Fotooksidasi dapat dilakukan dengan menambahkan oksidator kuat seperti asam sulfat, asam nitrat, asam peroksimonosulfat dan hidrogen peroksida.

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 ($*OH$). 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 $R*CHOH$ yang dapat memutus ikatan glikosidik sehingga menghasilkan gugus karbonil (Arts *et al.*, 1997). Perubahan struktur kimia pada oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida dapat dilihat pada Gambar 2.2.

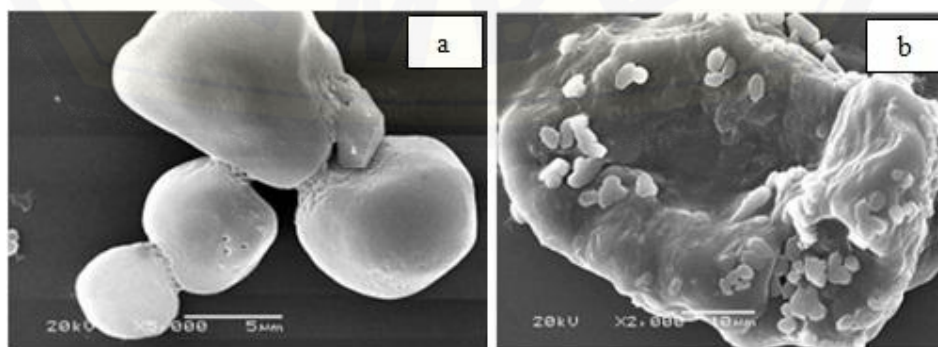
Sinar UV-C memiliki kemampuan menghasilkan radikal bebas yang lebih baik daripada sinar UV lainnya. Sinar UV juga dapat menghasilkan radikal bebas OH dan (RO_2) (Scoponi dan Ghiglione, 1997). Radikal bebas yang dihasilkan kemudian mampu bereaksi dan mendegradasi komponen kimia. Radikal tersebut

dapat bereaksi dengan pati sehingga menyebabkan terjadinya degradasi dan merusak struktur pati.



Gambar 2.2 Oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida (Vanier *et al.*, 2017)

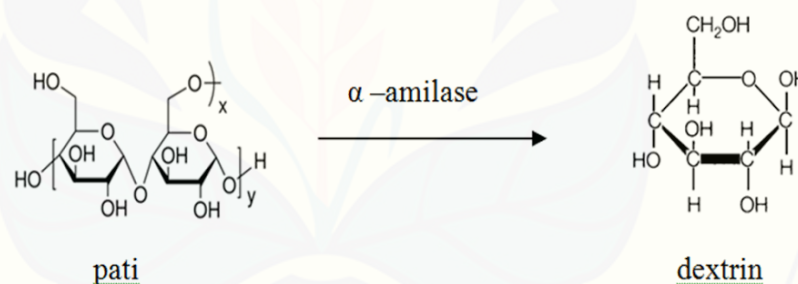
Nanopartikel mempunyai luas permukaan sangat besar yang dapat membuat partikel lebih reaktif sehingga teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai penghantaran bahan aktif obat atau bahan bioaktif pangan dan komponen fungsional. Nanopartikel yang ukurannya lebih kecil mampu mengikat bahan aktif yang lebih 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%. Perbandingan kenampakan hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Micrographs*) pati jagung alami dan pati oksidasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perbandingan kenampakan hasil pengujian SEM pati jagung alami (a) dan pati oksidasi (b) (Zhang *et al.*, 2009)

b. Maltodekstrin

Maltodekstrin didefinisikan sebagai produk hidrolisis pati yang mengandung unit α D-glukosa yang sebagian besar terikat melalui ikatan 1,4 glikosidik dengan DE kurang dari 20. Rumus umum maltodekstrin adalah $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$. Maltodekstrin merupakan senyawa hidrolisis pati yang tidak sempurna (parsial), terdiri dari campuran gula-gula dalam bentuk sederhana (monosakarida dan disakarida) dalam jumlah kecil, oligosakarida dengan rantai pendek dalam jumlah relatif tinggi serta sejumlah kecil oligosakarida berantai panjang. Maltodekstrin merupakan campuran dari glukosa, maltosa, oliigosakarida, dan dekstrin. Maltodekstrin biasanya dideskripsikan oleh DE (*Dextrose Equivalent*). Kennedy *et al.*, (1995) menyatakan bahwa nilai DE adalah persentase dari gula pereduksi dalam gula yang dihitung sebagai dekstros dalam basis kering. Maltodekstrin didefinisikan sebagai bahan yang mempunyai nilai DE 3-20. Perubahan struktur kimia pati menjadi maltodekstrin dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.4 Perubahan struktur kimia pati menjadi maltodekstrin

Nilai DE akan mempengaruhi karakteristik dan fungsi dari maltodekstrin. Maltodekstrin dengan DE yang rendah lebih efektif sebagai pengikat lemak dibandingkan dengan DE yang tinggi. Nilai DE yang tinggi akan memberikan viskositas yang lebih rendah. Maltodekstrin dengan DE yang rendah bersifat non-higroskopis, sedangkan maltodekstrin dengan DE tinggi cenderung menyerap air (higroskopis).

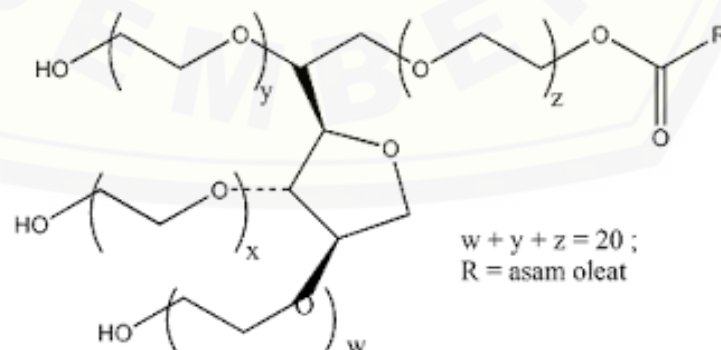
Maltodekstrin sangat ideal digunakan untuk proses enkapsulasi karena kelarutannya yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam konsentrasi yang tinggi, selain itu juga sifat higroskopis dari maltodekstrin menyebabkan mudah untuk

dikeringkan. Kelemahan dari pati hidrolisat adalah tidak memiliki kapasitas sebagai pengemulsi yang baik sehingga harus dikombinasikan dengan emulsifier agar terjadi emulsi yang stabil dari bahan yang bersifat hidrofobik.

Menurut Sumanti (2016), maltodekstrin banyak digunakan karena mudah ditemukan dan mudah dalam penanganan proses, dapat mengalami dispersi yang cepat, memiliki kelarutan yang tinggi, mampu membentuk matriks, kemungkinan terjadi pencokelatan rendah, mampu menghambat kristalisasi, memiliki daya ikat kuat, viskositas rendah. Menurut Gharsallaoui *et al.*, (2007), maltodekstrin mempunyai kemampuan yang baik dalam menghambat reaksi oksidasi sehingga umur mikrokapsul yang dihasilkan mempunyai umur simpan yang lebih baik daripada menggunakan gum arab.

c. Tween 80

Tween 80 atau polisorbat 80 merupakan ester oleat dari sorbitol dan anhidrida yang berkopolimerisasi dengan lebih kurang 20 molekul etilena oksida untuk tiap molekul sorbitol dan anhidrida sorbitol. *Polyoxyethylene* 80 sorbitan monoleat atau lebih dikenal sebagai Tween 80 merupakan cairan seperti minyak, jernih berwarna kuning hingga orange bening, bau khas lemak dan rasanya manis. Tween 80 memiliki kelarutan tinggi pada air karena panjangnya rantai polioksietilen, larutan tidak berbau, larut dalam etanol, dalam etil asetat, tidak larut dalam minyak mineral, mempunyai bobot jenis antara 1,06 dan 1,09 g/ml dan kekentalan antara 300 dan 500 sentistokes pada suhu 25°C. Berat molekul tween 80 adalah 1310 (Wade dan Weller, 1994). Struktur kimia tween 80 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.5 Struktur kimia tween 80 (Rowe *et al.*, 2003)

Struktur *Tween* 80 sangat berpengaruh terhadap peningkatan penetrasi sediaan. *Tween* 80 memiliki etilen oksida dan rantai hidrokarbon panjang. Struktur tersebut memberikan karakteristik lipofilik dan hidrofilik, sehingga memungkinkan partisi antara senyawa lipofilik dan protein hidrofilik. *Tween* 80 berinteraksi dengan gugus polar pada lipid dan memodifikasi ikatan hidrogen serta ikatan ionik. Penambahan zat pengemulsi dapat meningkatkan efisiensi enkapsulasi sebesar 4-5% (Paramera *et al.*, 2011). *Tween* merupakan contoh emulsifier dengan nilai HLB tinggi yang digunakan untuk fase minyak ke dalam air eksternal (O/W) (Benichou *et al.*, 2002).

Tween 80 termasuk ke dalam golongan surfaktan nonionik. *Tween* 80 memiliki nilai HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*) 15 sehingga cocok untuk digunakan emulsi tipe *oil in water* O/W. Air sebagai fase pendispersi akan diikat oleh gugus hidrofilik yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan gugus lipofilik yang akan mengikat sejumlah minyak yang terdispersi. Penggunaan emulsifier dengan nilai HLB optimum dan properti kimia yang kompatibel dengan komponen emulsi akan membentuk suatu struktur emulsi yang stabil (Uniqema, 2004).

2.2 Karakteristik Kurkumin

Kurkumin merupakan senyawa fenolik [1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyfenil)-1,6-heptadiene3,5-dione] yang memberikan pigmen kuning-oranye (Zaibunnisa *et al.*, 2009), yang terdapat dalam rimpang kunyit (Harjanti, 2008). Kurkumin mempunyai titik didih 183°C, rumus molekul $C_{21}H_{20}O_6$ dan berat molekul 368,37 g/mol (Sethi *et al.*, 2009). Kandungan zat kimia yang terdapat dalam rimpang kunyit adalah kurkumindoid, minyak atsiri, pati, serat dan abu. Ada 3 jenis kurkumin yaitu kurkumin I (kurkumin), kurkumin II (Demethoxykurkumin), kurkumin III (bisdemethoxykurkumin) (Sarker dan Nahar, 2007). Kurkumin mempunyai nilai absorbansi maksimal pada panjang gelombang 430 nm yang mengikuti hukum Lambert-Beer pada range konsentrasi 0,5 sampai 5 $\mu\text{g/mL}$. Larutan kurkumin 1% dalam pelarut aseton pada λ 415-420 nm memberikan absorbansi 1650 (Sethi *et al.*, 2009). Hasil penelitian Liana (2016) kandungan ekstrak etanol temulawak yaitu kadar kurkuminoid 130.84 mg/g dengan rincian

kadar bisdemetoksi kurkumin sebesar 3.90 mg/g, demetoksi kurkumin sebesar 36.10 mg/g dan kurkumin sebesar 90.84 mg/g. Rimpang kunyit dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rimpang kunyit

Senyawa kurkumin tergolong sebagai senyawa lipofilik (sukar larut air), kelarutan kurkumin dalam air sebesar 11 ng/mL (Tonnesen *et al.*, 2002). Kurkumin larut pada pelarut organik seperti aseton (7,75 mg/mL), etanol (5,6 mg/mL), methanol (4.44 mg/mL), isopropanol (3,93 mg/mL), dan 2-butanone (2,17 mg/mL) (Heger *et al.*, 2014).

Sifat kimia kurkumin yang menarik adalah sifat perubahan warna akibat perubahan pH lingkungan. Kurkumin berwarna kuning atau kuning jingga pada suasana asam, sedangkan dalam suasana basa berwarna merah. Kurkumin dalam suasana basa atau pada lingkungan pH 8,5-10,0 dalam waktu yang relatif lama dapat mengalami proses disosiasi, kurkumin mengalami degradasi membentuk asam ferulat dan feruloilmetan. Warna kuning coklat feruloilmetan akan mempengaruhi warna merah dari kurkumin. Sifat kurkumin lain yang penting adalah kestabilannya terhadap cahaya (Van der Good, 1997). Cahaya dapat menyebabkan terjadinya degradasi fotokimia senyawa tersebut. Hal ini karena adanya gugus metilen aktif (-CH₂-) di antara dua gugus keton pada senyawa tersebut. Kurkumin mempunyai aroma yang khas dan tidak bersifat toksik apabila dikonsumsi oleh manusia. Jumlah kurkumin yang aman dikonsumsi oleh manusia adalah 100 mg/hari (Rosmawani *et al.*, 2007).

Kurkumin terdapat gugus fenol yang sangat penting sebagai antioksidan karena memiliki dua cincin fenol simetris dan dihubungkan dengan satu rantai

heptadiana (Majeed *et al.*, 1995). Kurkumin memiliki dua gugusan hidroksi atau dua gugus fenol sehingga biasa disebut senyawa polifenol. Menurut Jovanovic *et al* (1999) kurkumin memiliki kemampuan menangkal radikal bebas dengan mendonorkan atom hidrogen. Struktur kimia kurkumin dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7 Struktur kimia kurkumin (Payton *et al.*, 2007)

2.3 Metode Ekstraksi Kurkumin

Ekstraksi merupakan peristiwa perpindahan masa zat aktif yang semula berada di dalam sel tanaman ditarik oleh pelarut atau cairan hayati. Metode ekstraksi dipilih berdasarkan beberapa faktor, seperti sifat dari bahan mentah tanaman dan daya penyesuaian dengan tiap macam metode ekstraksi dan kepentingan dalam memperoleh ekstrak dari tanaman. Sifat dari bahan mentah tanaman merupakan faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam memperoleh metode ekstraksi (Harborne, 1999).

Metode ekstraksi tergantung pada polaritas senyawa yang akan diekstrak. Mutu ekstrak dipengaruhi oleh teknik ekstraksi, kehalusan bahan, jenis pelarut, lama ekstraksi, konsentrasi pelarut, proses penguapan pelarut, pemurnian, dan pengeringan. Pemilihan metode ekstraksi yang tepat tergantung pada tekstur dan kandungan air dalam bahan yang diekstraksi dan jenis senyawa yang diisolasi. Ekstraksi terbagi atas dua yaitu ekstraksi sederhana dan ekstraksi khusus. Ekstraksi sederhana terdiri dari maserasi, perkolasi, reperkolasi, dan dialokasi. Sedangkan ekstraksi khusus terdiri atas sokhletasi, arus balik, dan ultrasonik (Harbone, 1996). Beberapa metode ekstraksi kurkumin yaitu dengan gas karbondioksida superkritik, refluks, dan lainnya. Metode yang umum digunakan untuk ekstraksi yaitu sokhletasi, refluks, maserasi, dan perkolasi.

Maserasi merupakan cara ekstraksi yang sederhana dan dapat digunakan dalam kapasitas besar. Maserasi dilakukan dengan cara merendam bubuk simplisia dalam cairan pelarut. Cairan pelarut akan menembus dinding sel yang mengandung zat aktif, zat aktif akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan yang terpekat didesak keluar. Peristiwa tersebut berulang sehingga terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar dan di dalam sel. Keuntungan cara ekstraksi dengan maserasi adalah cara pengerjaan dan peralatan yang digunakan sederhana dan mudah dilakukan. Maserasi akan memberi hasil yang lebih baik karena akan mengurangi terjadinya dekomposisi atau degradasi komponen karena pengaruh suhu (Sidik, 1992). Kelemahannya adalah pengerjaannya lama dan kurang sempurna.

Pemilihan pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam ekstraksi. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus dapat menarik komponen aktif dari campuran. Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam pemilihan pelarut adalah selektivitas, sifat pelarut, kemampuan untuk mengekstraksi, tidak bersifat racun, mudah diuapkan, dan harganya relatif lebih murah (Gamse, 2002). Jenis dan karakteristik pelarut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis dan karakteristik pelarut dalam ekstraksi

Pelarut	Td (°C)	Kelarutan dalam air(%)	Indeks Polaritas	Viskositas
Etanol	78	100	5,2	1,2
Aseton	56,29	100	5,1	0,32
Asam asetat	118,1	100	6,2	1,26

Sumber : Sadek (2002)

2.4 Sifat Fisikokimia Mikrokapsul

Mikrokapsul merupakan produk hasil mikroenkapsulasi yang berukuran kurang dari 100 mikron sehingga mempunyai kelarutan yang tinggi (Koswara, 1995; Poshadri dan Kuna, 2010). Sifat fisik mikrokapsul merupakan salah satu aspek penilaian dalam menentukan baik atau tidaknya kualitas mikrokapsul yang dihasilkan. Sifat fisik mikrokapsul dipengaruhi oleh jenis serta sifat dari masing-masing bahan penyalut yang digunakan dalam proses pembuatan mikrokapsul. Sifat fisik mikrokapsul meliputi nilai rendemen, kadar air dan kelarutan dalam air.

Rendemen mikrokapsul adalah perolehan produk hasil proses mikrokapsul keseluruhan yang dihitung berdasarkan rasio antara bobot produk mikrokapsul yang diperoleh dengan bobot total bahan padatan (bahan pengkapsul dan bahan inti) dan dinyatakan dalam persentase (Purnomo *et al.*, 2014). Perhitungan rendemen digunakan untuk mengetahui jumlah bahan yang terbuang selama proses enkapsulasi baik dari proses ekstraksi, pembuatan suspensi sampai pengeringan. Menurut (Selawa *et al.*, 2013), perhitungan rendemen untuk mengetahui keefektifan dari metode yang digunakan dalam proses enkapsulasi. Selain itu, rasio bahan penyalut dan bahan inti, sifat dari bahan penyalut, metode enkapsulasi yang digunakan juga akan mempengaruhi rendemen.

Kadar air merupakan parameter penentu mutu atau kualitas suatu bahan dan produk. Kadar air merupakan persentase kandungan air dalam suatu bahan. Kadar air merupakan salah satu faktor penentu dalam daya tahan produk selama kurun waktu penyimpanan. Kadar air serbuk mikrokapsul pada penelitian adalah 6.75%. Kadar tersebut sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kisaran kadar air tipikal produk mikrokapsul dari *spray drying* yaitu 2-6 % (Reineccius, 2004).

Kelarutan atau solubilitas adalah kemampuan suatu zat tertentu untuk larut dalam zat terlarut (*solvent*) yang biasanya dinyatakan dalam persentase (%). Kelarutan merupakan parameter yang penting karena berkaitan dengan pengaplikasian produk dan tampilan dari produk. Semakin tinggi kelarutan produk maka akan mempermudah penggunaan produk saat aplikasi bahan lain. Tingkat kelarutan mikrokapsul dipengaruhi oleh rasio bahan penyalut dan sifat kelarutan dari bahan penyalut yang digunakan (Nurlaili *et al.*, 2014).

Sifat kimia merupakan sifat suatu zat yang berkaitan dengan terbentuknya zat baru. Aktivitas antioksidan merupakan salah satu parameter sifat kimia yang menguji kemampuan zat dalam menangkal radikal bebas. Antioksidan dapat melindungi tubuh dari serangan radikal bebas dan meredamnya. Antioksidan adalah suatu inhibitor dari proses oksidasi pada konsentrasi yang relatif kecil yang memiliki peran fisiologis yang beragam dalam tubuh (Kumar *et al.*, 2011). Konsumsi antioksidan dalam jumlah memadai mampu menurunkan resiko terkena penyakit degeneratif seperti kardiovaskuler, kanker, aterosklerosis, osteoporosis.

Pengukuran aktivitas antioksidan diperlukan untuk mengetahui kualitas komponen bioaktif dalam menangkal radikal bebas dan ketahanan produk selama proses pengolahan dan penyimpanan, serta implikasinya ke jaringan tubuh. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan, pada penelitian ini digunakan metode uji DPPH untuk pengukuran aktivitas tersebut.

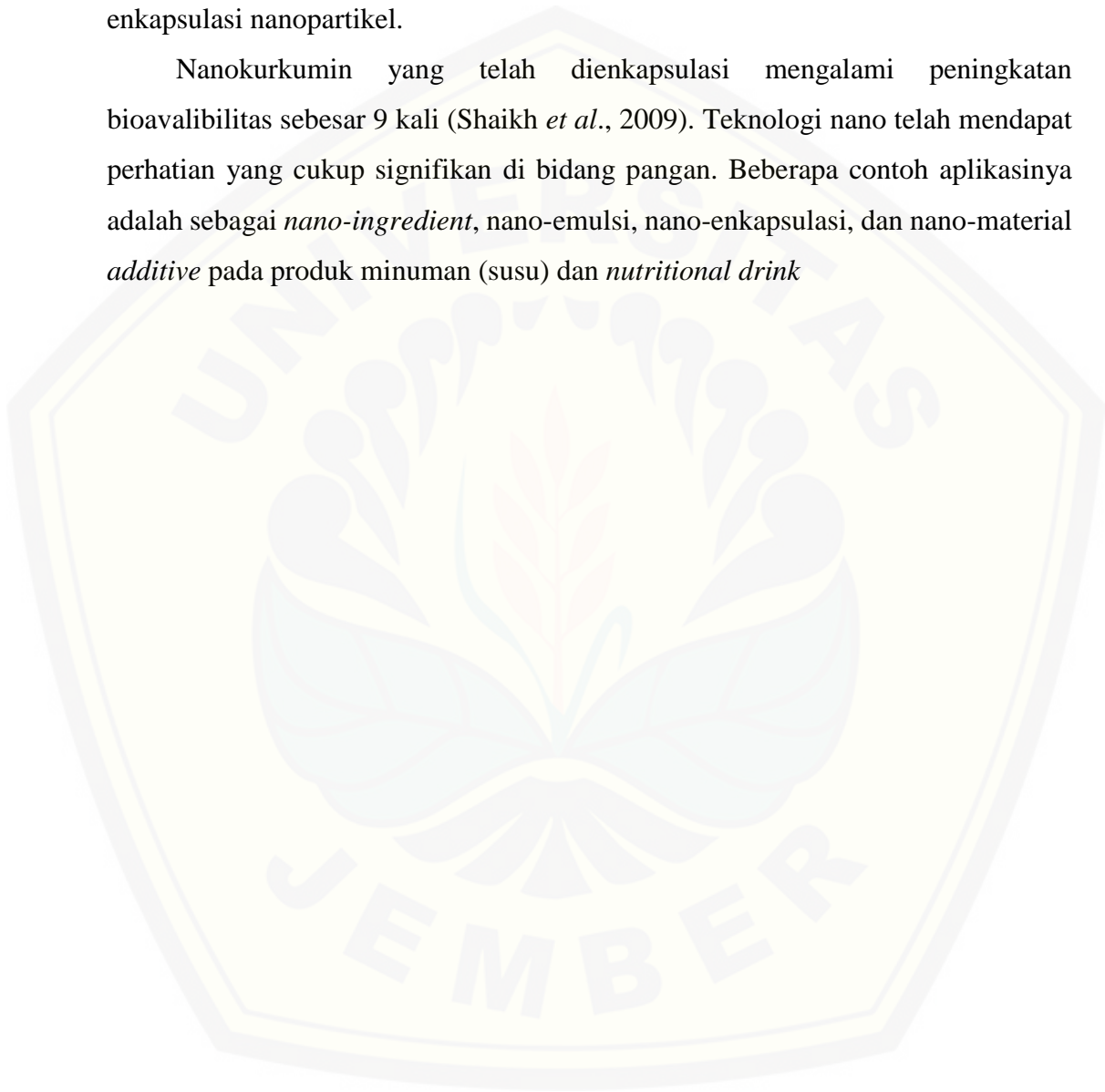
Uji DPPH memiliki beberapa kelebihan antara lain tidak spesifik untuk keterangan komponen antioksidan, namun digunakan untuk pengukuran aktivitas antioksidan total pada bahan pangan. Kelebihan uji DPPH lainnya yaitu metode uji pengukuran kapasitas antioksidan yang dilakukan sederhana, cepat dan murah. Uji DPPH menggunakan senyawa radikal bebas stabil DPPH (1.1-diphenyl-2-picrylhydrazil) sebagai senyawa pendeteksi antioksidan untuk menguji kemampuan senyawa tersebut bereaksi sebagai donor hidrogen atau penghambat radikal. Senyawa DPPH larut dalam pelarut seperti etanol atau metanol, berwarna ungu tua dan terdeteksi pada panjang gelombang sinar tampak sekitar 515-520 nm.

2.5 Aplikasi Nanopartikel *Nutraceutical* pada Pangan Fungsional

Nutraceutical adalah komponen bioaktif yang berasal dari sumber alami seperti fitokimia, kaya antioksidan serta bersifat antikanker dan atau anti-inflammatory (Corson dan Crews, 2007). Apabila *nutraceutical* ini difortifikasi ke dalam produk pangan maka akan disebut dengan pangan fungsional. Pasar pangan fungsional mengalami perkembangan yang signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2013 *global market revenue* dari produk pangan fungsional mencapai \$168 miliar dan terjadi pertumbuhan sekitar 8.5% setiap tahun, pada tahun 2020 diperkirakan *global market revenue* akan melebihi \$305.4 miliar (Research and Market, 2014). Tingginya minat konsumen akan produk pangan fungsional dipengaruhi oleh manfaatnya bagi kesehatan diluar nutrisi dasar (Institute of Food Technologies, 2005). Nanopartikel merupakan hasil yang didapatkan dari proses perlakuan nanoteknologi yang merupakan teknik memperkecil partikel menjadi berskala nanometer dengan rentang ukuran 1-1000 nm (Jain *et al.*, 2008). Teknologi ini dapat memberikan dampak positif bagi perkembangan pangan di dunia. Hal ini disebabkan sifat fisik dan kimia nanopartikel yang berbeda dengan bahan alami

seperti kekuatan mekanik, elektronik, magnetik, kestabilan, reaktifitas. Nanoteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan bioavailabilitas dari *nutraceutical* dalam pangan fungsional. Beberapa formulasi berbasis nanoteknologi yang telah dikembangkan adalah bahan penyalut nanopartikel, nanoemulsi, dan enkapsulasi nanopartikel.

Nanokurkumin yang telah dienkapsulasi mengalami peningkatan bioavailabilitas sebesar 9 kali (Shaikh *et al.*, 2009). Teknologi nano telah mendapat perhatian yang cukup signifikan di bidang pangan. Beberapa contoh aplikasinya adalah sebagai *nano-ingredient*, nano-emulsi, nano-enkapsulasi, dan nano-material *additive* pada produk minuman (susu) dan *nutritional drink*



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di *Center for Development of Advanced Sciences and Technology* (CDAST), Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Laboratorium Rekayasa Proses Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember serta Laboratorium Zat Padat Departemen Fisika, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya pada bulan April hingga bulan November 2019.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan untuk pembuatan ekstrak kurkumin, pembuatan nanopartikel, pembuatan kapsul dan peralatan pengujian. Peralatan yang digunakan pada pembuatan enkapsulasi nanopartikel pati jagung yaitu alat fotooksidasi, sentrifus (Hitachi CR21GIII), *spray dryer* (SD Basic, Lab. Plant™), *magnetic stirrer, homogenizer* (IKA-Ultra Turrax T18) dan alat-alat gelas. Peralatan untuk pengujian meliputi *Particle Size Analyzer* (Malvern, USA), *vortex mixer* merek Thermo Scientific, *orbital shaker* merek Stuart, neraca analitik (Sartorius), oven, pisau, dan loyang.

Bahan penelitian yang digunakan yaitu kunyit (*Curcuma Longa sp*) yang didapatkan dari Pasar Tanjung, pati jagung komersial merek *Xingmao Corn Starch*, maltodekstrin merek *Xingmao*, H₂O₂ 30% merek KgaA (Germany), tween 80, aquades, etanol teknis 97%, etanol PA 99%, pH universal, dan kertas saring whatman no 42.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan dua faktor yaitu jenis bahan penyalut dan konsentrasi bahan penyalut. Jenis bahan penyalut yang digunakan yaitu 100% maltodekstrin (MD) dan 100% *corn starch nanoparticle* (CSNp) serta kombinasi 50% MD dan 50% CSNp. Konsentrasi

bahan penyalut yang digunakan yaitu sebesar 5% dan 10% (b/v). Tabel perlakuan penelitian dapat dilihat di Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perlakuan penelitian enkapsulasi kurkumin

No	Formula	Jenis bahan penyalut	
		Konsentrasi (%)	CSNp:MD
1	J ₁ K ₁	5	50 : 50
2	J ₁ K ₂	10	50 : 50
3	J ₂ K ₁	5	100 : 0
4	J ₂ K ₂	10	100 : 0
5	J ₃ K ₁	5	0 : 100
6	J ₃ K ₂	10	0 : 100

Keterangan

J = Jenis bahan penyalut

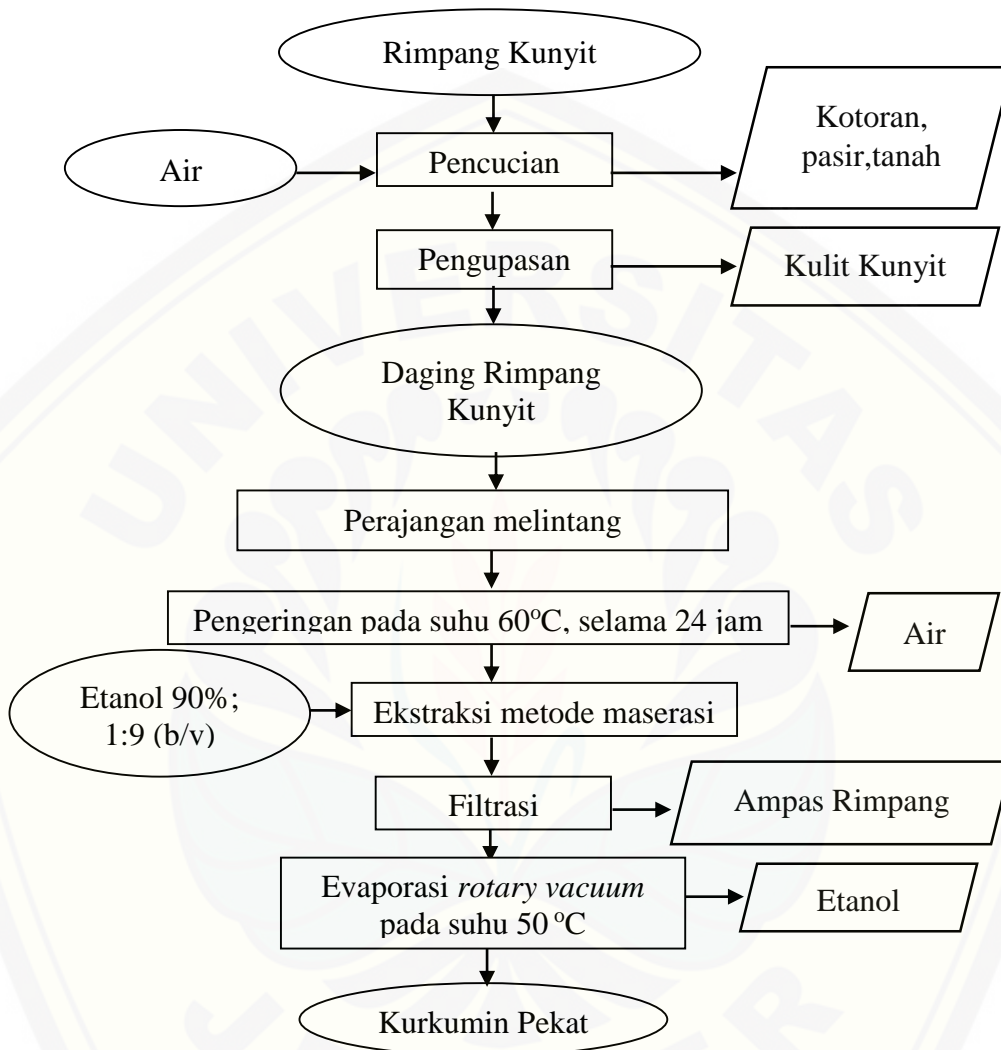
K = Konsentrasi bahan penyalut

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu karakterisasi nanopartikel pati jagung seperti uji ukuran partikel dan karakterisasi mikrokapsul kurkumin antara lain uji rendemen, kadar air, aktivitas antioksidan, kelarutan dalam air, higroskopisitas, efisiensi enkapsulasi (EE) dan *drug loading* (DL).

3.3.2 Ekstraksi Kurkumin

Ekstraksi kurkumin dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Penggunaan pelarut etanol 96% menghasilkan rendemen dan kadar kurkumin yang tinggi dibandingkan dengan pelarut lain seperti etanol 70%, aseton, n-heksan. Rimpang kunyit 1 kg dibersihkan dari kotoran, tanah atau benda asing yang masih menempel. Rimpang kunyit kemudian dikupas sehingga didapatkan daging rimpang kunyit. Daging rimpang kunyit dirajang melintang agar pada waktu pengeringan lebih cepat kering. Irisan daging kunyit kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga daging kunyit kering. Irisan daging yang kering kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Ratio irisan daging kunyit dengan pelarut etanol 96% sebesar 1:9 (b/v). Sebanyak 100 g bubuk kunyit dimasukkan ke dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan pelarut etanol 96% sebanyak 900 ml. Lama ekstraksi yaitu 5 jam dengan pengadukan 200 rpm. Larutan disaring menggunakan kertas whatman no 42. Filtrat yang didapat kemudian dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu 50 °C dengan tujuan untuk menguapkan pelarut yang

bercampur dengan bahan saat proses ekstraksi. Ekstrak kunyit atau kurkumin yang dihasilkan kemudian disimpan dalam kulkas. Diagram alir ekstraksi kurkumin dapat dilihat pada Gambar 3.1.

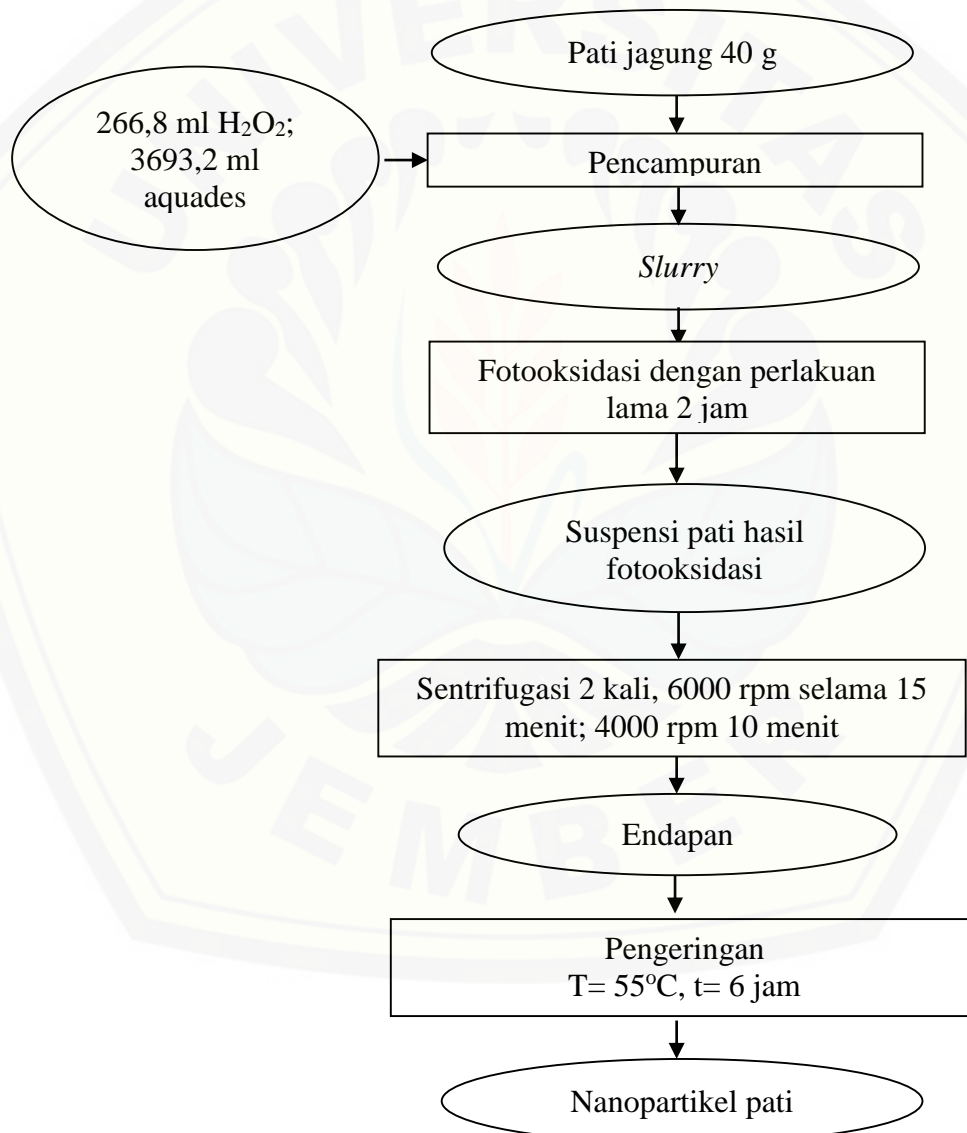


Gambar 3.1 Ekstraksi kurkumin (Oktavianingsih *et al.*, 2018)

3.3.3. Pembuatan nanopartikel pati jagung

Pembuatan nanopartikel pati jagung dilakukan menggunakan fotooksidasi berupa pemaparan sinar UV-C dengan panjang gelombang 254 nm dan oksidator kuat yaitu hidrogen peroksida (H_2O_2) modifikasi penelitian Palupi (2011). Pembuatan *slurry* 4000 ml dari pencampuran 40 g pati jagung atau 1% (b/v), hidrogen peroksida (H_2O_2) 2% (v/v) atau 266,8 ml dan penambahan aquades 3693,2 ml. *Slurry* yang telah terbentuk akan dimasukkan ke alat fotooksidasi. *Slurry* akan dilewatkan ke sinar UV-C secara sirkulasi selama 2 jam sambil dilakukan

pengadukan. *Slurry* yang telah terfotooksidasi selanjutnya dikeluarkan dari tabung wadah sampel. *Slurry* kemudian dituangkan pada wadah untuk disentrifus sebanyak 2 kali dengan kecepatan putaran berturut-turut 6000 rpm selama 15 menit dan 4000 rpm selama 10 menit. Suspensi yang disentrifus akan terbagi menjadi 2 lapisan yaitu supernatan dan endapan. Endapan akan diambil melalui proses dekantasi. Endapan yang telah terpisah kemudian dikeringkan dengan suhu 55 °C selama 6 jam. CSNp kemudian disimpan di dalam wadah tertutup dan kering. Diagram alir pembuatan nanopartikel pati jagung ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pembuatan nanopartikel pati jagung (Palupi, 2011)

3.3.4. Pembuatan Kurkumin Terenkapsulasi

Pembuatan kurkumin terenkapsulasi berdasarkan modifikasi penelitian Huda (2012). Bahan penyalut dilarutkan dengan aquades 70°C sesuai dengan perlakuan yaitu (100% CSNp, 100% MD, 50%CSNp:50%MD) dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Konsentrasi larutan bahan penyalut sebesar 5% dan 10% b/v total campuran. Suspensi ditambahkan *emulsifier* yaitu tween 80 sebanyak 2 ml. Larutan kurkumin pekat 2,5% b/v sebanyak 20 ml dimasukkan dalam suspensi pati. Tera menggunakan aquades hingga volume total campuran 200 ml. Homogenisasi menggunakan *ultra turrax* larutan selama 30 menit dengan kecepatan 11.500 rpm. Suspensi dilakukan pengeringan dengan *spray dryer* dengan kondisi suhu *inlet* sekitar 90°C dan suhu *outlet* 130°C, kemudian dilakukan pengukuran beberapa parameter meliputi rendemen, kadar air, aktivitas antioksidan, kelarutan dalam air, higroskopisitas, efisiensi enkapsulasi (EE), *drug loading* (DL). Diagram alir pembuatan kurkumin terenkapsulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.

3.4 Parameter Penelitian

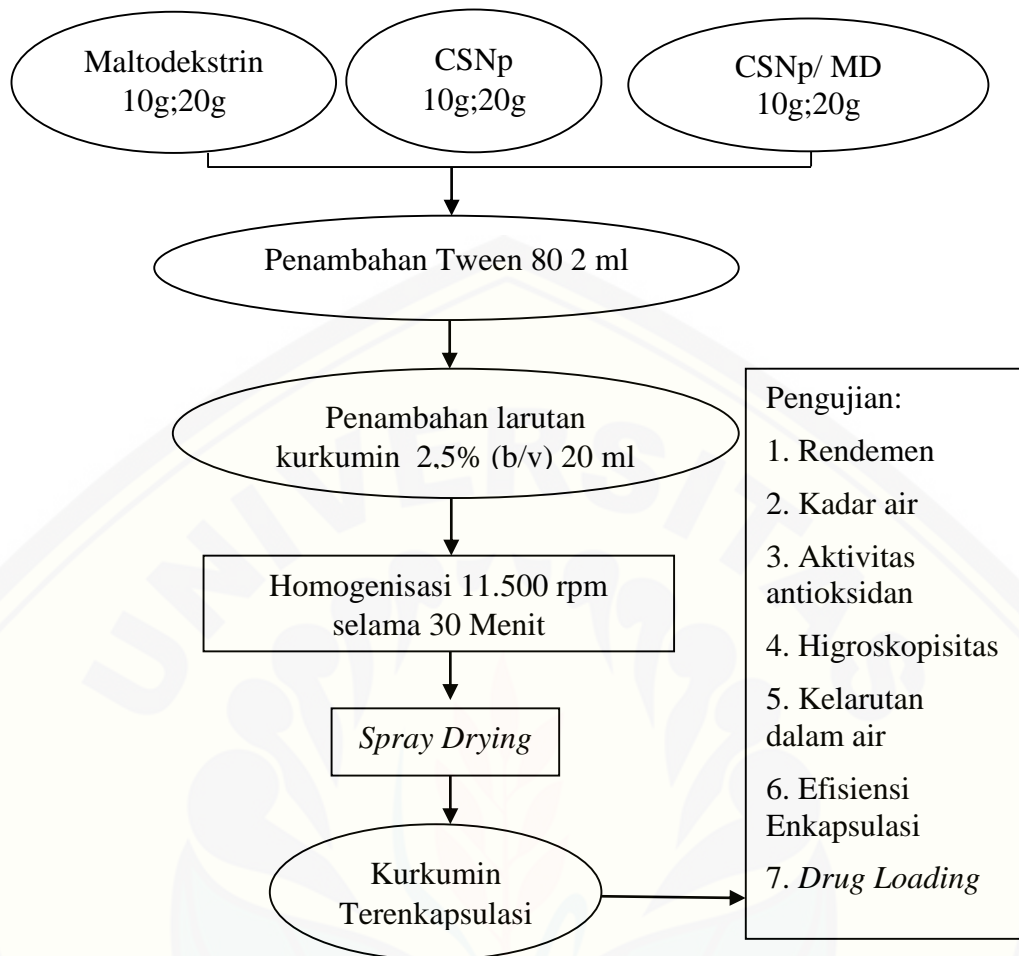
Beberapa parameter yang diuji dalam penelitian ini, antara lain :

- a. Pengujian ukuran partikel menggunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS) (Burgess *et al.*, 2004)
- b. Rendemen (Gardjito *et al.*, 2006)
- c. Kadar air (AOAC., 2005)
- d. Efisiensi enkapsulasi dan *drug loading* (Yuliani *et al.*, 2007)
- e. Kelarutan dalam air (Cano-Chauca *et al.*, 2005)
- f. Higroskopisitas (Cai dan Corke., 2000)
- g. Penentuan aktivitas antioksidan metode DPPH (Gadow *et al.*, 1997)

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Ukuran Partikel (PSA)

Ukuran partikel pati diukur menggunakan prinsip *dynamic light scattering* menggunakan alat Malvern Zetasier Nano (Malvern Instruments Ltd, UK). Pengujian dilakukan pada suhu 25°C dengan waktu pembacaan 20 menit/sampel.



Gambar 3.3 Pembuatan kurkumin terenkapsulasi

Sampel dilarutkan dalam aquades dengan konsentrasi 1% (g nanopartikel pati kering/ml aquades) dan dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 1,5 ml atau setinggi 15 mm. Kuvet dimasukkan pada alat zetasier nano dan hasil pengujian akan muncul pada layar komputer (Burgess *et al.*, 2004)

3.5.2 Rendemen

Prinsip rendemen adalah menghitung jumlah produk yang dihasilkan per bahan yang digunakan. Rendemen dihitung berdasarkan berat mikrokapsul per berat bahan total yang digunakan. Bahan yang digunakan terdiri dari berat ekstrak dan berat bahan penyalut. Hasil pembagian berat kapsul dengan bahan total kemudian dikalikan 100 sehingga rendemen dapat dinyatakan persen (Gardjito *et al.*, 2006).

$$\text{Rendemen (wb)} = \frac{\text{Berat mikrokapsul}}{\text{Berat total bahan}} \times 100\%$$

3.5.3 Kadar Air

Kadar air ditentukan dengan metode gravimetri (AOAC, 2005) yaitu sampel dikeringkan dengan menggunakan oven langsung pada suhu 105°C. Prinsipnya adalah menguapkan molekul air (H₂O) bebas yang ada dalam sampel. Sampel ditimbang sampai didapat bobot konstan yang diasumsikan semua air yang terkandung dalam sampel sudah diuapkan. Selisih bobot sebelum dan sesudah pengeringan merupakan banyaknya air yang diuapkan. Cawan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100-105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Timbang sampel sebanyak 0,2 g dalam cawan yang sudah dikeringkan (B), kemudian dioven pada suhu 100-105°C dinginkan dalam desikator selama 30 menit dan dilakukan penimbangan (C). Tahap ini diulangi hingga dicapai bobot yang konstan. Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Keterangan :

A: berat cawan kosong (g)

B: berat cawan + sampel awal (g)

C: berat cawan + sampel kering (g)

3.5.4 Efisiensi Enkapsulasi dan *Drug Loading* (Yuliani *et al.*, 2007)

Sampel sebanyak 0,5 g (a) ditimbang kemudian 5 ml etanol dan diaduk dengan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 2 jam, kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Hasil saringan diambil 1 ml dan dimasukkan ke botol kaca yang telah diketahui beratnya (b). Botol kaca kemudian dioven dengan suhu 60°C dan ditimbang hingga konstan (c). Kurkumin yang tertinggal dihitung sebagai kurkumin permukaan dengan persamaan:

$$\text{Kadar kurkumin permukaan} = \frac{c-b}{a} \times 100\%$$

Kadar kurkumin total diamati untuk mengetahui jumlah kurkumin baik yang terdapat di dalam maupun yang menempel di permukaan kapsul. Sampel sebanyak 0,5 g ditambahkan dengan 5 ml etanol 99% kemudian digerus selama 10 menit dan

dimaserasi dengan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 2 jam. Hasil ekstraksi kemudian ditampung dalam botol kaca yang diketahui bobotnya (b) dan dioven dengan suhu 60°C. Botol kaca berisi residu ditimbang hingga konstan (c) dan kadar minyak total dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar kurkumin total} = \frac{c-b}{a} \times 100\%$$

Hasil perhitungan kurkumin total kemudian digunakan untuk menentukan efisiensi enkapsulasi yaitu persentase kurkumin dalam mikrokapsul dibagi kurkumin total dan *drug loading* yaitu kurkumin total dibagi berat mikrokapsul.

$$\text{Efisiensi enkapsulasi} = \frac{\text{Kadar kurkumin (Total-Permukaan)}}{\text{Kadar kurkumin total}} \times 100\%$$

$$\text{Drug loading} = \frac{\text{Kadar kurkumin Total}}{\text{Berat mikrokapsul}} \times 100\%$$

3.5.5 Kelarutan dalam air (Cano-Chauca *et al.*, 2005)

Sejumlah 1 g mikrokapsul ditimbang (a) dan ditambahkan 100 ml aquades, dan disaring dengan penyaring vakum. Kertas saring sebelum digunakan dikeringkan terlebih dahulu dalam oven 105°C sekitar 30 menit kemudian ditimbang (b). Kertas saring beserta residu bahan dikeringkan kembali di dalam oven pada 105°C sekitar 3 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang (c).

$$\text{Kelarutan (\%)} = \left(1 - \frac{c-b}{\frac{100-\%KA}{100} \times a} \right) \times 100\%$$

3.5.6 Higroskopisitas (Cai dan Corke, 2000)

Sebanyak 1 g sampel mikrokapsul dimasukkan ke dalam desikator tanpa silica dengan larutan garam NaCl jenuh (RH 75,2%) pada suhu 25 °C selama 1 minggu. Higroskopisitas ditentukan sebagai bobot air yang diserap oleh mikrokapsul per 100 g padatan kering (g/100 g).

3.5.7 Penentuan aktivitas antioksidan metode DPPH (Gadow *et al.*, 1997)

Penentuan aktivitas antioksidan diawali dengan membuat reagen DPPH. Reagen DPPH dibuat dengan cara melarutkan 0,0158 g *1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl* dalam etanol PA 99% hingga mencapai 100 ml

(konsentrasi 400 $\mu\text{mol/l}$). Larutan DPPH kemudian disimpan dalam wadah bersih dan gelap. Penentuan daya antioksidan, sebanyak 0,1 ml sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan 2 ml larutan DPPH. Setelah penambahan larutan DPPH, suspensi tersebut ditambahkan etanol PA 99% hingga tanda batas dan dihomogenkan menggunakan vortex hingga larut. Campuran kemudian ditempatkan pada ruang gelap selama 30 menit dan diamati absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer, sedangkan blanko dibuat dari DPPH tanpa penambahan sampel dengan cara yang sama. Penentuan aktivitas antioksidan kurkumin terenkapsulasi, sebanyak 0,5 g mikro kapsul dihancurkan perlahan dengan penambahan etanol PA 99% dan disaring menggunakan kertas saring hingga didapatkan 10 ml suspensi, kemudian dilakukan cara yang sama seperti penentuan aktivitas antioksidan kurkumin. Aktivitas antioksidan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\% penghambatan)} = \frac{ABS (\text{Blanko} - \text{Sampel})}{ABS \text{ Blanko}} \times 100\%$$

3.6. Analisa Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan dianalisis secara statistik menggunakan prog IBM SPSS 25.0 dengan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Hasil beda nyata dilakukan uji lanjut menggunakan metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Data hasil penelitian disusun dalam tabel dan disajikan dalam bentuk diagram batang kemudian diinterpretasikan sesuai dengan pengamatan yang dilakukan selama penelitian.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Mikrokapsul dengan bahan penyalut CSNp memiliki efisiensi enkapsulasi, kelarutan dan higroskopisitas lebih rendah daripada mikrokapsul dengan penyalut maltodekstrin. Mikrokapsul dengan penyalut CSNp memiliki *drug loading* dan aktivitas antioksidan lebih tinggi daripada mikrokapsul dengan bahan penyalut maltodekstrin.
2. Mikrokapsul dengan konsentrasi penyalut 5% memiliki efisiensi enkapsulasi lebih rendah daripada mikrokapsul dengan konsentrasi penyalut 10%. Mikrokapsul dengan konsentrasi penyalut 5% memiliki kelarutan, higroskopisitas, *drug loading* dan aktivitas antioksidan lebih tinggi daripada mikrokapsul dengan konsentrasi penyalut 10%.

5.2 Saran

Meskipun penggunaan penyalut CSNp memiliki mikrokapsul dengan *drug loading* dan aktivitas antioksidan yang tinggi, namun terdapat kelemahan seperti efisiensi enkapsulasi yang rendah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan yaitu adanya penelitian lebih lanjut untuk upaya peningkatan efisiensi enkapsulasi yaitu dengan menambah emulsifier (Paramera *et al.*, 2011). Menurut paramera (2011) penambahan emulsifier dapat meningkatkan efisiensi enkapsulasi hingga 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anal, A., dan H. Singh. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends Food Science & Technology* 18(5): 240-251
- AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists*. Washington: Benjamin Franklin Station.
- Bansal, S. S., Goel, M., Aqil, F., Vadhanam, M. V., dan Gupta, R. C. 2011. Advanced drug delivery systems of curcumin for cancer chemoprevention. *Cancer prevention research* 4: 1158-1171.
- Barros, F. A. R. D., dan P. C. Stringheta. 2006. Microencapsulamento de antocianinas-uma alternativa para o aumento de sua aplicabilidade como ingrediente alimentício. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*. 36 :18-24.
- Barthold, S., M. Hittinger., D. Primavessy., A. Zapp., H. Gross., dan M. Schneider. 2019. Preparation of maltodextrin nanoparticles and encapsulation of bovine serum albumin – Influence of formulation parameters. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 142: 405-410.
- Benichou, A., A. Aserin., dan N. Garti. 2002. Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsion. *J. Dispersion Sci and Technol* 23: 93-123.
- Benita, S., B. Magenheimer., dan P. Wehrl. 1996. The use of factorial design in the development of nanoparticulate dosage forms. *Microencapsulation, Methods and Industrial Applications* 5: 93-132.
- Bisht, S., G. Feldmann., S. Soni., R. Ravi., C. Karikar., dan A. Maitra. 2007. Polymeric nanoparticle encapsulated curcumin ("nanocurcumin"): a novel strategy for human cancer therapy. *Journal of Nanobiotechnology* 5(1): 3.
- Boutbol, A., Giampaoli, P., Feigenbaum, A., V. Ducruet. 2002. Influence of the nature and treatment of starch on aroma retention. *Carbohydrate Polymers* 47: 73-82.
- Brazel, C. S., dan S. L. Rosen. 2013. *Fundamental principles of polymeric materials*. Hoboken, N.J: Wiley.
- Burgess, D. J., E. Duffy., F. Etzler., A. J. Hickey. 2004. Particle size analysis: AAPS workshop report, cosponsored by the food and drug administration and the united states pharmacopeia. *The American Association of Pharmaceutical Scientists Journal Article* 6(3): 1-12.

- Calahorra, A., Akhtar, M., dan Sarkar, A. 2018. Recent advances in emulsion-based delivery approaches for curcumin: From encapsulation to bioaccessibility. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 155–169.
- Cano-Chauca, M., P.C. Stringheta., A.M Ramos., dan J. Cal-Vidal. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 420-428.
- Chevalier, Y., dan M. A. Bolzinger. 2013. Emulsions stabilized with solid nanoparticles: pickering emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 439: 23-34.
- Chin, S. F., K. S. Iyer, dan M. Saunders. 2009. Encapsulation and sustained release of curcumin using superparamagnetic silica reservoirs. *Chemistry* 15(23): 5661-5665.
- Copeland, L., J. Blazek., H. Salman., dan M. C. Tang. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloid* 23: 1527-1534.
- Corre, D. L., Bras, J., dan A. Dufresne. 2010. Starch nanoparticle: A Review *Biomacromolecules*. 11: 1139-1153.
- Corre, D. L., Bras, J., dan A. Dufresne. 2012. properties on starch nanocrystals thermal properties. *Carbohydrates Polymers* 87: 658-666.
- Corson, T. W., dan C. M. Crews. 2007. Molecular understanding and modern application of traditional medicines: triumphs and trials. *Cell* 130(5): 769-774.
- Departemen Kesehatan RI. 2011. *Suplemen II farmakope herbal Indonesia*, Edisi I. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Dufresne, A. 2014. Crystalline starch based nanoparticles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 19: 397-408.
- Gadow, A., E. Joubert., dan C. F. Hansman. 1997. Comparison of the antioxidant activity of asphalatin with that of other plant phenol of roibos tea (*Asphalatus linearis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 632-638.
- Gamse, T. 2002. *Liquid-Liquid Extraction and Solid-Liquid Extraction*. Institute of Thermal Process and Environmental Engineering Graz University of Technology. 2-24.

- Gardjito, M., Murdiati, A., dan Aini, N. 2006. Mikroenkapsulasi β -karoten buah labu kuning dengan enkapsulan whey dan karbohidrat microencapsulation of β -carotene extract from winter squash fruit using whey and carbohydrate as encapsulant). *Jurnal Teknologi Pertanian* 2(1): 13-18.
- Gharsallaoui, A., G. Roudaut., O. Chambin., A. Voilley., dan R. Saruel. 2007. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International* 40(9): 1107-1121.
- Gibson, G. R. 2004. Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(2): 287-298.
- Gong, C., Wu, Q., Wang, Y., Zhang, D., Luo, F., Zhao, X., Wei, Y., dan Qian, Z. 2013. A biodegradable hydrogel system containing curcumin encapsulated in micelles for cutaneous wound healing. *Biomaterials* 34: 6377-6387.
- Griffin, V. K. dan J. R. Brooks. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *Journal Food Science* 54: 190-191.
- Harbone, J. B. 1996. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. Bandung: Terbitan Kedua. Institut Teknologi Bandung.
- Harborne, J. 1999. The comparative biochemistry of phytoalexin induction in plants. *Biochemical Systematics and Ecology* 27(4): 335-367.
- Harjanti, R. S. 2008. Pemungutan kurkumin dari kunyit (*curcuma domestica* val.) dan pemakaiannya sebagai indikator analisis volumetri. *Jurnal Rekayasa Proses* 2(2): 51-53.
- Hasan, M., Belhaj, N., Benachour, H., Barberi-Heyob, M., Kahn, C. J. F., Jabbari, E., Linder, M., dan E. Arab-Tehrany. 2014. Liposome encapsulation of curcumin: Physicochemical characterizations and effects on MCF7 cancer cell proliferation. *International Journal of Pharmaceutics* 461: 519-528.
- Hasan, N. 2012. Studi formulasi dan karakterisasi sediaan gel bioadhesi vagina dari mikrokapsul ekstrak etanol propolis trigona sp. *Tesis*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hasna, T., R. B. Anandhito., L. U. Khasanah., R. Utami., dan G. J. Manuhara. 2018. Pengaruh kombinasi maltodekstrin dan whey sebagai bahan penyalut pada karakteristik mikrokapsul oleoresin kayu manis (*Cinnamomum burmanii*). *Agritech*, 38(3): 259-264.

- Heger, M., Golen, R. F. v., Broekgaarden, M., dan M. C. Michel. (2014). The molecular basis for the pharmacokinetics and pharmacodynamics of curcumin and its metabolites in relation to cancer. *Pharmacological Reviews* 66: 222-307.
- Hinrichs, W. L., Mancenido, F. A., Sanders, N. N., Braeckmans, K., De Smedt S, C., dan J. Demeester. 2006. The choice of a suitable oligosaccharide to prevent aggregation of PEGylated nanoparticles during freeze thawing and freeze drying. *International Journal of Pharmaceutical*. 311(1-2): 237-44.
- Huda, M. 2012. Pembuatan nanopartikel lipid padat untuk meningkatkan laju disolusi kurkumin. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Husniati. 2009. Studi karakterisasi sifat fungsi maltodekstrin dari pati singkong. *Jurnal Riset Industri* 3(2): 133-138.
- Institute of Food Technologies. 2005. *Functional foods: opportunities and challenges*. Institute of Food Technologists.
- Jain, K. 2008. *The handbook of nanomedicine*. Basel: Humana Press.
- Jiang, T., C. Wu., Y. Gao, W. Zhu, L. Wan, Z. Wang dan S. Wang. 2014. Preparation of novel porous starch microsphere foam for loading and release of poorly water soluble drug. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 40(2): 252–259.
- Jovanovic, S. V., Steenken, S., Boone, C. W., dan Simic, M. G. 1999. H-atom transfer is a preferred antioxidant mechanism of curcumin. *Journal of the American Chemical Society*, 121: 9677-9681.
- Jurenka, J. S. 2009. Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of *Curcuma longa*: a review of preclinical and clinical research. *Alternative Medicine Review*, 14(2): 141-153.
- Kailasapathy, K. 2002. Microencapsulation of probiotic bacteria: technology and potential applications. *Current Issues Intestinal Microbiology* 3(2): 39-48.
- Kennedy, J. F., C.J Knill C.J., dan D. W Tatlor. 1995. Maltodekstrin. Dalam: Kearsley MW, Dziedzic SZ, eds. *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*. Backie Academic and Professional, 65-78.
- Kesumawardhany, B. dan S. R. Mita. 2016. Pengaruh penambahan tween 80 sebagai enhancer dalam sediaan transdermal. *Farmaka* 14(2). Bandung: Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran.

- Khasanah, L. U., Anandhito, B. K., Rachmawaty, T., Utami, R., G. Jati. Manuhar. 2015. Pengaruh rasio bahan penyalut maltodekstrin, gum arab, dan susu skim terhadap karakteristik fisik dan kimia mikrokapsul oleoresin daun kayu manis. *Agritech* 35(4): 414:421.
- Koswara. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebookpangan.com.
- Krasaekoopt, W., B. Bhandari, dan H. Deeth. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal* 13(1): 3-13.
- Liana, W. A. 2016. Formulasi enkapsulasi dan karakterisasi nanoemulsi ekstrak kurkuminoid berbasis medium chain triglycerides (MCT). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Marefati, A., Bertrand, M., Sjöo, M., Dejmek, P., dan M. Rayner. 2017. Storage and digestion stability of encapsulated curcumin in emulsions based on starch granule Pickering stabilization. *Food Hydrocolloids*, 63: 309-320.
- Marzuki, I. 2012. Pelepasan Terkendali Kalium Klorida dalam Mikrosfer Kitosan dengan Metode Tautan Silang. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Mohanraj, V. J., dan Chen, Y. 2006. Nanoparticles-A Review. *Journal Pharmaceutical* 561-573.
- Mulik, R. S., Mönkkönen, J., Juvonen, R. O., Mahadik, K. R., dan A. R. Paradkar. 2012. Apoe3 mediated polymeric nanoparticles containing curcumin: apoptosis induced in vitro anticancer activity against neuroblastoma cells. *Int. Journal Pharmaceutical* 437: 29-41.
- Nanocomposix. 2012. *Nanocomposix's guide to dynamic light scattering measurement and analysis* Vol 1.3. San Diego: NanoComposix.
- Nugroho, A. N. 1998. *Manfaat dan prospek pengembangan kunyit*. Ungaran: PT. Trubus Agriwidya.
- Nurlaili, F. A., P. Darmadji., dan Y. Pranoto. 2014. Mikroenkapsulasi oleoresin ampas jahe (*zingiber officinale* var.rubrum) dengan penyalut maltodekstrin. *Agritech*. 34(1).
- O'Riordan, K. O., D. Andrews, K. Buckle, dan P. Conway. 2001. Evaluation of microencapsulation of a bifidobacterium strain with starch as an approach to prolonging viability during storage. *Journal Applied Microbiology* 91: 1059-1066.

- Oktavianingsih, W., Hariyani, N., dan F. K. Hartati. 2018. Analisis residu etanol pada maserat curcumin rimpang kunyit (*Curcuma longa* Linn). *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri* 3(1): 27-31.
- 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.
- Paramera, E. I., Konteles, S. J. dan V. T. Karathanos. 2011. Stability and release properties of curcumin encapsulated in *Saccharomyces cerevisiae*, β -cyclodextrin, and modified starch. *Journal Food Chemistry*. 125:913-922.
- Park, H. R., Rho, S.J., dan Kim, Y. R. 2019. Solubility, stability, and bioaccessibility improvement of curcumin encapsulated using 4- α -glucanotransferase-modified rice starch with reversible pH-induced aggregation property. *Food Hydrocolloids* 95: 19-32.
- Pasaribu, F. J. 2015. Enkapsulasi ekstrak temulawak menggunakan matriks pati tapioka dan sagu nanokristalin dan maltodekstrin. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Paulos, G., Mrestani, Y., Heyroth, F., Gebre-Mariam, T., dan R. H. H. Neubert. 2016. Fabrication of acetylated dioscorea starch nanoparticles: optimization of formulation and process variables. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 31: 83-92.
- Payton, F., Sandusky, P., dan Alworth, W. L. 2007. NMR study of the solution structure of curcumin. *Journal of Natural Products*, 70: 143-146.
- Poshadri, A. dan A. Kuna. 2010. Microencapsulation Technology: A Review. *J.Res.*
- Purnomo, W., L. U. Khasanah., dan R. B. K. Anandito. 2014. Pengaruh ratio kombinasi maltodekstrin, karagenan dan whey terhadap karakteristik mikroenkapsulan pewarna alami daun jati (*Tectona grandis* L.f). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3: 121-129.
- Qin, Y., Liu, C., Jiang, S., Xiong, L., Sun, Q., 2016. Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: Influence of amylose content and starch type. *Industrial Crops and Products* 87: 182–190.
- Ray, S., Raychaudhuri, U., dan R. Chakraborty. 2016. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience* 13: 76-83
- Reineccius, G. A. 2004. The spray drying of food flavours. *Drying Technology* 22(6): 1289-1324.

- Research and Market. 2014. Functional food and nutraceuticals market (2014 2020) - by type (foods, beverages, supplements); benefits (health and wellness, disease prevention, fitness, beauty); origin & ingredient. [online]. Tersedia di http://www.researchandmarkets.com/research/m9qvs /global _functional. Diakses 2016 Maret 20.
- Risch, S. 1995. Encapsulation: Overview of Uses and Techniques. *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, 2-7.
- Rosmawani, M., M. Ahmad., dan J. M. Daud. 2007. Potensi kurkumin sebagai penunjuk ph semula jadi untuk pembangunan sensor optik ph. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 11(2): 351-360.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., dan P. J. Weller. 2003. *Handbook of pharmaceutical excipients*. Edisi IV. London: Publisher-Science and Practice Royal Pharmaceutical Society of Great Britain. Hal. 181-185, 453-455.
- Roy, P., Das, S., Bera, T., Mondol, S., dan A. Mukherjee. 2010. Andrographoide nanoparticles in leishmaniasis: characterization and in vitro evaluations. *International Journal Nanomedicine* 5: 1113-1121.
- Rukmini, A., S. Raharjo., P. Hastuti., dan S. Supriyadi. 2012. Formulation and stability of water-in-virgin coconut oil microemulsion using ternary food grade nonionic surfactants. *International Food Research Journal* 19(1): 259-264.
- Sadeghi, A., Shahidi. F., S. Mortazavi. A., dan N. Mahalati. 2008. Evaluation of different parameters effect on maltodextrin production by α -amilase termamyl 2-x. *World Applied Science J* 3: 34-39.
- Sadeghi, R., Daniella, Z., Uzun, S., dan J. Kokini. 2017. Effects of starch composition and type of non-solvent on the formation of starch nanoparticles and improvement of curcumin stability in aqueous media, *Journal of Cereal Science* doi: 10.1016/j.jcs.2017.05.020.
- Sadek, P. 2002. *The HPLC solvent guide*. New Jersey. John Wiley & Son.
- Sarker, S. D., dan L. Nahar. 2007. *Bioactivity of turmeric in turmeric: the genus curcuma*. Taylor and Francis Group, LLC 258-285.
- Sethi, P., A. Jyoti., E. Hussain., dan D. Sharma. 2009. Curcumin Attenuates Aluminium Induced Functional Neurotoxicity in Rats. *Pharmacology Biochemistry And Behavior* 93(1): 31-39.
- Shaikh, J., D. D. Ankola., V. Beniwal., D. Singh., dan M. N. V. Kumar. 2009. Nanoparticle encapsulation improves oral bioavailability of curcumin by at

least 9-fold when compared to curcumin administered with piperine as absorption enhancer. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 37(3 4): 223-230.

Sidik, M. W., dan A. Muhtadi. 1995. *Temulawak (Curcuma xanthorrhiza)*. Yayasan Pengembangan Obat Bahan Alam Phytomedica.

Srihari, E., Lingganingrum F. S., Hervita, R., dan H. Wijaya. 2010. Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan santan kelapa bubuk. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. ISSN : 1411- 4216.

Sumanti, D. M. 2016. Pengaruh konsentrasi susu skim dan maltodekstrin sebagai penyalut terhadap viabilitas dan karakteristik mikroenkapsulasi suspensi bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode *freeze drying*. *Jurnal Penelitian Pangan Volume 1.1*. P - ISSN: 2528-3537.

Suriadi, P. 1992. Modifikasi Pati dari Beberapa Varietas Jagung (*Zea may*) dengan Cara Oksidasi. Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Tiyaboonchai, W. 2003. Chitosan nanoparticles: a promising system for drug delivery. *Naresuan University Journal* 11(3): 51-62.

Tonnesen, H. H., Másson, M., dan T. Loftsson. 2002. Studies of curcumin and curcuminoids XXVII (Cyclodextrin complexation: solubility, chemical and photochemical stability). *International Journal of Pharmaceutics* 244: 127-135.

Uniqema. 2004. *The HLB Systems, a Time Saving Guide to Surfactant Selection. Presentation to the Midwest Chapter of The Society of Cosmetic Chemists, Marc 9th 2004*.

Van der Goot, H. 1997. The Chemistry and quantitative structure activity relationships of curcumin, in recent development in curcumin pharmacology. *Proceedings of the International Symposium on Curcumin Pharmacology (15cp)*.

Wade, A., dan P. J. Weller. 1994. *Handbook of Pharmaceutical Excipients second edition*. 71-73, 204-206 229-231, 310-313, 538-540. London: Pharmaceutical Press.

Wang, Y., M. Pan., A. Cheng., L. Lin., Y. Ho., C. Hsieh., dan J. Lin. 1997. Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 15(12): 1867-1876.

- Winarti, C. 2014. Produksi pati garut nanopartikel sebagai matriks enkapsulasi bahan bioaktif herbal. *Disertasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yuliani, S., Desmawarni., N. Harimurti., dan S. S. Yuliani. 2007. Pengaruh laju alir umpan dan suhu inlet *spray drying* pada karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe. *Jurnal Pascapanen* 4(1): 18-26.
- Yundhana, Y. 2008. Mikroenkapsulasi obat anti peradangan ketoprofen yang tersalut gel kitosan-karboksi metil selulosa. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- Zaibunnisa, A. H., Norashikin, S., Mamot, S., dan H. Osman. 2009. Stability of curcumin in turmeric oleoresin – β -cyclodextrin inclusion complex during storage. *The Malaysian Journal of Analytical Science* 13 (2): 165.
- Zhang, S. Zhang, Y. R., Wang X. L., dan Y. Z. Wang. 2009. High carbonyl content oxidized starch prepared by hydrogen peroxide and its thermoplastic application. *Starch* 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* 87: 2554-2562.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Data hasil pengukuran rendemen

Tabel 1.2 Data hasil pengukuran rendemen

Perlakuan	Total Bahan (g)			Hasil Produk (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	10,5	10,5	10,5	3,78	4,54	5,58
J1K2	20,5	20,5	20,5	6,01	7,87	8,91
J2K1	10,5	10,5	10,5	2,639	2,31	3,75
J2K2	20,5	20,5	20,5	8,78	5,13	6,21
J3K1	10,5	10,5	10,5	4,6	4,47	5,1
J3K2	20,5	20,5	20,5	11,03	8,86	9,62

Tabel 1.2 Data hasil perhitungan rendemen

Perlakuan	Rendemen (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3		
J1K1	36,00	43,24	53,14	44,13	8,61
J1K2	29,32	38,39	43,46	37,06	7,17
J2K1	25,13	22,00	35,71	27,62	7,19
J2K2	42,83	25,02	30,29	32,72	9,15
J3K1	43,81	42,57	48,57	44,98	3,17
J3K2	53,80	43,22	46,93	47,98	5,37

Tabel 1.3 Analisis varian rendemen dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	946.901	5	189,380	3,793	0,027
Intercept	27491,154	1	27491,154	550,540	0,000
Jenis Penyalut (J)	819,416	2	409,708	8,205	0,006
Konsentrasi Penyalut (K)	0,530	1	0,530	0,011	0,920
J*K	126,955	2	63,478	1,271	0,316
Error	599,218	12	49,935		
Total	29037,274	18			

Tabel 1.4 Hasil uji beda rendemen dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J1K1	44,13	bc
J1K2	37,06	abc
J2K1	27,62	a
J2K2	32,72	ab
J3K1	44,98	bc
J3K2	47,98	c

Contoh Perhitungan :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Mikrokapsul}}{\text{Berat Total Bahan}} \times 100$$

$$\text{Rendemen [J1K1U1] (\%)} = \frac{3,75}{10,5} \times 100$$

$$\text{Rendemen [J1K1U1] (\%)} = 36\%$$

Lampiran 4.2 Data hasil pengukuran kadar air

Tabel 2.1 Data hasil pengukuran kadar air (KA)

Perlakuan	Berat Cawan (g)			Berat Cawan+Sampel (g)			Berat Cawan+Sampel Kering (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	17,21284	17,78823	17,84792	17,40834	17,98323	18,03839	17,39343	17,96760	18,02268
J1K2	17,34735	9,90914	10,34810	17,54492	10,08039	10,55030	17,52957	10,06543	10,53375
J2K1	17,47769	12,57446	12,46788	17,65779	12,76758	12,66105	17,64223	12,75295	12,64617
J2K2	16,64903	17,45562	18,99665	16,83525	17,64430	19,20292	16,81848	17,62713	19,18601
J3K1	11,62447	12,27278	16,75960	11,82677	12,46984	16,95572	11,81042	12,45495	16,94051
J3K2	15,08144	14,82167	16,98027	15,28185	15,01585	17,17937	15,26576	15,00024	17,16241

Tabel 2.2 Data hasil perhitungan kadar air (KA)

Perlakuan	Berat Sampel (g)			Berat air (g)			Kadar Air (%)			Rata - rata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3		
J1K1	0,19550	0,19500	0,19047	0,01491	0,01563	0,01571	7,63	8,01	8,26	7,96	0,31
J1K2	0,19757	0,17125	0,20220	0,01535	0,01496	0,01655	7,77	8,73	8,18	8,23	0,48
J2K1	0,18010	0,19312	0,19317	0,01556	0,01463	0,01488	8,64	7,57	7,70	7,97	0,58
J2K2	0,18622	0,18868	0,20627	0,01677	0,01717	0,01691	9,01	9,10	8,20	8,77	0,49
J3K1	0,20230	0,19706	0,19612	0,01635	0,01489	0,01521	8,08	7,56	7,75	7,80	0,26
J3K2	0,20041	0,19418	0,19910	0,01609	0,01561	0,01696	8,03	8,04	8,52	8,19	0,28

Tabel 2.3 Analisis varian kadar air dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,741	5	0,348	1,962	0,157
Intercept	1196,915	1	1196,915	6742,958	0,000
Jenis Penyalut (J)	0,449	2	0,224	1,264	0,318
Konsentrasi Penyalut (K)	1,065	1	1,065	6,000	0,031
J*K	0,228	2	0,114	0,641	0,544
Error	2,130	12	0,178		
Total	1200,787	18			

Contoh Perhitungan :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat Cawan+Sampel} - \text{Berat Cawan+Sampel Kering}}{\text{Berat Cawan+Sampel} - \text{Berat Cawan Kosong}} \times 100$$

$$\text{Kadar air [J1K1U1] (\%)} = \frac{17,40834 - 17,39343}{17,40834 - 17,21284} \times 100$$

$$\text{Kadar air [J1K1U1] (\%)} = 7,63\%$$

Lampiran 4.3 Data hasil pengukuran efisiensi enkapsulasi

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran efisiensi enkapsulasi

Perlakuan	Berat Botol Kaca (g)			Berat Botol Kaca+Eksrak (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	12,58483	17,47283	16,75648	12,60831	17,49838	16,78097
J1K2	10,34643	12,26998	11,65094	10,36564	12,29085	11,67284
J2K1	12,56942	16,75751	17,53865	12,59443	16,79114	17,56807
J2K2	11,62318	12,46472	14,91892	11,63553	12,47642	14,92813
J3K1	15,08085	18,59191	18,15376	15,10072	18,60925	18,17209
J3K2	16,64325	16,68736	18,73130	16,65330	16,69725	18,74292

Tabel 3.2 Data hasil perhitungan efisiensi enkapsulasi

Perlakuan	Berat Ekstrak di Permukaan (g)			Berat Ekstrak di Kapsul (g)			Efisiensi Enkapsulasi (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3		
J1K1	0,02348	0,02555	0,02449	0,00700	0,00602	0,00767	19,26	15,86	20,04	18,38	2,22
J1K2	0,01921	0,02087	0,02190	0,00631	0,00646	0,00860	20,81	19,85	23,91	13,06	2,12
J2K1	0,02501	0,03363	0,02942	0,00526	0,00561	0,00551	14,40	11,77	13,03	13,07	1,31
J2K2	0,01235	0,01170	0,00921	0,00342	0,00409	0,00232	18,14	21,85	16,77	32,72	2,63
J3K1	0,01987	0,01734	0,01833	0,00785	0,00846	0,00887	24,02	28,07	27,91	26,67	2,30
J3K2	0,01005	0,00989	0,01162	0,00934	0,01027	0,01112	42,64	45,38	43,79	47,98	1,42

Tabel 3.3 Analisis varian efisiensi enkapsulasi dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1744.274	5	348,855	82,541	0,000
Intercept	10132,710	1	10132,710	2397,464	0,000
Jenis Penyalut (J)	1238,140	2	619,070	146,476	0,000
Konsentrasi Penyalut (K)	341,040	1	341,040	80,692	0,000
J*K	165,094	2	82,547	19,531	0,000
Error	50,717	12	4,226		
Total	11927,701	18			

Tabel 3.4 Hasil uji beda efisiensi enkapsulasi dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J1K1	18,38	b
J1K2	21,52	b
J2K1	13,07	a
J2K2	32,72	b
J3K1	26,67	c
J3K2	47,98	d

Contoh Perhitungan :

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{\text{Berat Kurkumin di dalam Mikrokapsul} \times \text{FP}}{\text{Berat Total Kurkumin}} \times 100$$

$$\text{Enkapsulasi Enkapsulasi [J1K1U1] (\%)} = \frac{0,00700 \times 4}{0,14540} \times 100$$

$$\text{Enkapsulasi Enkapsulasi [J1K1U1] (\%)} = 19,26\%$$

Lampiran 4.4 Data hasil pengukuran *drug loading*Tabel 4.1 Data hasil pengukuran *drug loading*

Perlakuan	Berat Botol Kaca (g)			Berat Botol Kaca+Eksrak (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	17,66677	9,89141	16,74877	17,69725	9,92298	16,78093
J1K2	18,99781	17,45715	14,89561	19,02333	17,48448	14,92611
J2K1	17,34838	16,97958	11,08179	17,37865	17,01882	11,11672
J2K2	17,21038	14,81965	18,29611	17,22615	14,83544	18,30764
J3K1	17,84481	14,86223	18,05891	17,87253	14,88803	18,08611
J3K2	17,47529	17,12922	18,18863	17,49468	17,14938	18,21137

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan *drug loading*

Perlakuan	Berat Total Ekstrak (g)			<i>Drug Loading</i> (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3	U1	U2	U3		
J1K1	0,14540	0,15183	0,15313	29,08	30,37	30,63	30,02	0,83
J1K2	0,12129	0,13019	0,14390	24,26	26,04	28,78	26,36	2,28
J2K1	0,14609	0,19059	0,16914	29,22	38,12	33,83	33,72	4,45
J2K2	0,07543	0,07486	0,05533	15,09	14,97	11,07	13,71	2,29
J3K1	0,13075	0,12054	0,12713	26,15	24,11	25,43	25,23	1,04
J3K2	0,08761	0,09053	0,10258	17,52	18,11	20,52	18,71	1,59

Tabel 4.3 Analisis varian *drug loading* dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	808.124	5	161,625	28,097	0,000
Intercept	10915,721	1	10915,721	1897,583	0,000
Jenis Penyalut (J)	123,536	2	61,768	10,738	0,002
Konsentrasi Penyalut (K)	455,778	1	455,778	79,232	0,000
J*K	228,809	2	114,405	19,888	0,000
Error	69,029	12	5,752		
Total	11792,874	18			

Tabel 4.4 Hasil uji beda *drug loading* dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J1K1	30,02	de
J1K2	26,36	cd
J2K1	33,72	e
J2K2	13,71	a
J3K1	25,23	c
J3K2	18,71	b

Contoh perhitungan :

$$\text{Drug loading (\%)} = \frac{\text{Berat Total Kurkumin}}{\text{Berat Mikrokapsul}} \times 100$$

$$\text{Drug loading [J1K1U1] (\%)} = \frac{0,14540}{0,5} \times 100$$

$$\text{Drug loading [J1K1U1] (\%)} = 29,08\%$$

Lampiran 4.5 Data hasil pengukuran kelarutan

Tabel 5.1 Data hasil pengukuran kelarutan

Perlakuan	Kadar air (%)			Berat Kertas Saring (g)			Berat Kertas Saring+Sampel (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	7,63	8,02	8,25	0,34497	0,37557	0,35866	0,43033	0,45969	0,44633
J1K2	9,01	9,10	8,20	0,34083	0,33790	0,35520	0,45865	0,46096	0,47416
J2K1	7,77	8,74	8,18	0,34388	0,37289	0,36987	0,52448	0,54822	0,53454
J2K2	8,08	7,56	7,76	0,34760	0,35291	0,34288	0,56909	0,57689	0,56538
J3K1	8,64	7,58	7,70	0,35281	0,35973	0,33924	0,35525	0,36220	0,34166
J3K2	8,03	8,04	8,52	0,36688	0,37010	0,35883	0,36889	0,37203	0,36064

Tabel 5.2 Data hasil perhitungan kelarutan

Perlakuan	Berat Padatan Tidak Larut			Kelarutan (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3	U1	U2	U3		
J1K1	0,0854	0,0841	0,0877	81,52	81,71	80,89	81,37	0,43
J1K2	0,1178	0,1231	0,1190	74,10	72,92	74,08	73,70	0,68
J2K1	0,1806	0,1753	0,1647	60,84	61,58	64,13	62,18	1,73
J2K2	0,2215	0,2240	0,2225	51,81	51,54	51,76	51,70	0,14
J3K1	0,0024	0,0025	0,0024	99,47	99,47	99,48	99,47	0,01
J3K2	0,0020	0,0019	0,0018	99,56	99,58	99,60	99,58	0,02

Tabel 5.3 Analisis varian kelarutan dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5694,965	5	1138,993	1874,998	0,000
Intercept	109517,788	1	109517,788	180287,039	0,000
Jenis Penyalut (J)	5442,016	2	2721,008	4479,295	0,000
Konsentrasi Penyalut (K)	162,619	1	162,619	267,701	0,000
J*K	90,330	2	45,165	74,350	0,000
Error	7,290	12	0,607		
Total	115220,042	18			

Tabel 5.4 Hasil uji beda kelarutan dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J1K1	81,37	d
J1K2	73,70	c
J2K1	62,18	b
J2K2	51,70	a
J3K1	99,47	e
J3K2	99,58	e

Contoh Perhitungan :

$$\text{Kelarutan (\%)} = 1 - \frac{(\text{Berat Kertas Saring+Sampel}-\text{Berat Kertas Saring}) \times \text{FP}}{\frac{100-\% \text{Kadar Air}}{100} \times 1} \times 100$$

$$\text{Kelarutan [J1K1U1] (\%)} = 1 - \frac{0,43033 - 0,34497 \times 2}{\frac{100-7,63}{100} \times 1} \times 100$$

$$\text{Kelarutan [J1K1U1] (\%)} = 81,52\%$$

Lampiran 4.6 Data hasil pengukuran higroskopisitas

Tabel 6.1 Data hasil pengukuran higroskopisitas

Perlakuan	Berat Cawan+Sampel (g)			Berat Cawan+Sampel setelah 7 hari (g)			Berat Sampel Kering (g)		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
J1K1	17,48900	16,78919	17,86475	17,49562	16,79697	17,87128	0,17595	0,18120	0,18027
J1K2	17,70223	18,79226	16,86796	17,70843	18,79955	16,87463	0,17853	0,18024	0,18240
J2K1	17,58951	16,89747	17,84775	17,59600	16,90386	17,85348	0,18365	0,18393	0,18387
J2K2	17,33882	15,06107	16,77252	17,34434	15,06622	16,77815	0,18966	0,17912	0,18214
J3K1	18,58099	18,71500	16,88475	18,58870	18,72250	16,89316	0,18237	0,18907	0,18254
J3K2	18,31529	15,44058	15,19360	18,32163	15,44838	15,20049	0,17599	0,19562	0,18786

Tabel 6.2 Data hasil perhitungan higroskopisitas

Perlakuan	Berat Air yang Terserap (g)			Higroskopisitas (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3	U1	U2	U3		
J1K1	0,00662	0,00778	0,00653	3,76	4,29	3,62	3,89	0,35
J1K2	0,00620	0,00729	0,00667	3,47	4,04	3,66	3,72	0,29
J2K1	0,00649	0,00639	0,00573	3,53	3,47	3,12	3,37	0,23
J2K2	0,00552	0,00515	0,00563	2,91	2,88	3,09	2,96	0,11
J3K1	0,00771	0,00750	0,00841	4,23	3,97	4,61	4,27	0,32
J3K2	0,00634	0,00780	0,00689	3,60	3,99	3,67	3,75	0,21

Tabel 6.3 Analisis varian higroskopisitas dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,026	5	0,605	8,622	0,001
Intercept	241,361	1	241,361	3438,542	0,000
Jenis Penyalut (J)	2,327	2	1,163	16,573	0,000
Konsentrasi Penyalut (K)	0,604	1	0,604	8,598	0,013
J*K	0,096	2	0,048	0,682	0,524
Error	0,842	12	0,070		
Total	245,229	18			

Tabel 6.4 Hasil uji beda higroskopisitas dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J1K1	3,89	cd
J1K2	3,72	bc
J2K1	3,37	ab
J2K2	2,96	a
J3K1	4,27	d
J3K2	3,75	bc

Contoh Perhitungan :

$$\text{Higroskopisitas (\%)} = \frac{\text{Berat Cawan+Sampel+Air Terserap} - \text{Berat Cawan+Sampel}}{\text{Berat Sampel Kering}} \times 100$$

$$\text{Higroskopisitas [J1K1U1] (\%)} = \frac{17,49562 - 17,48900}{0,17595} \times 100$$

$$\text{Higroskopisitas [J1K1U1] (\%)} = 3,76\%$$

Lampiran 4.7 Data hasil pengukuran aktivitas antioksidan

Tabel 7.1 Data hasil pengukuran aktivitas antioksidan (AA)

Perlakuan	Nilai Absorbansi			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3		
Blanko	0,154	0,171	-	0,1625	0,0120
J1K1	0,0990	0,0955	0,1020	0,0988	0,0033
J1K2	0,1210	0,1215	0,1260	0,1228	0,0028
J2K1	0,0855	0,0730	0,0880	0,0822	0,0080
J2K2	0,1150	0,1190	0,0985	0,1108	0,0109
J3K1	0,1325	0,1290	0,1220	0,1278	0,0053
J3K2	0,1380	0,1485	0,1520	0,1462	0,0073

Tabel 7.2 Data hasil perhitungan persentase aktivitas antioksidan

Perlakuan	Aktivitas Antioksidan (%)			Rerata	Standart Deviasi
	U1	U2	U3		
J1K1	39,08	41,23	37,23	39,18	2,00
J1K2	25,54	25,23	22,46	24,41	1,69
J2K1	47,38	55,08	45,85	49,44	4,95
J2K2	29,23	26,77	39,38	31,79	6,69
J3K1	18,46	20,62	24,92	21,33	3,29
J3K2	15,08	8,62	6,46	10,05	4,48

Tabel 7.3 Analisis varian aktivitas antioksidan dengan SPSS 25 *two way* ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2901,439	5	580,288	32,545	0,000
Intercept	15524,124	1	15524,124	870,656	0,000
Jenis Penyalut (J)	1916,508	2	958,254	53,743	0,000
Konsentrasi Penyalut (K)	954,509	1	954,509	53,533	0,000
J*K	30,422	2	15,211	0,853	0,450
Error	213,964	12	17,830		
Total	18639,527	18			

Tabel 7.4 Hasil uji beda aktivitas antioksidan dengan metode Duncan pada taraf $p < 0,05$

Perlakuan	Rerata	Notasi
J3K2	10,0513	a
J3K1	21,3333	b
J1K2	24,4103	bc
J2K2	31,7949	cd
J1K1	39,1795	d
J2K1	49,4359	e

Contoh perhitungan :

$$\text{Persentase aktivitas antioksidan (\%)} = \frac{\text{Nilai abs blanko} - \text{nilai abs sampel}}{\text{Nilai abs blanko}} \times 100$$

$$\text{Persentase AA [J1K1U1] (\%)} = \frac{0,1625 - 0,099}{0,1625} \times 100$$

$$\text{Persentase AA [J1K1U1] (\%)} = 39,08\%$$

Lampiran 4.8 Dokumentasi



Gambar Rimpang Kunyit



Gambar Kunyit Setelah dikeringkan



Gambar Pengcilan Ukuran



Gambar Bubuk Kunyit



Gambar Ekstraksi



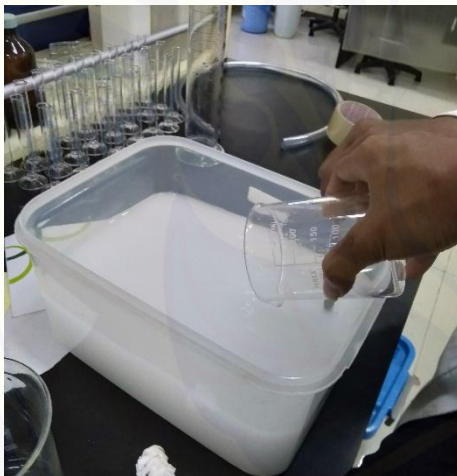
Gambar Pemekatan



Gambar Tepung jagung *native*



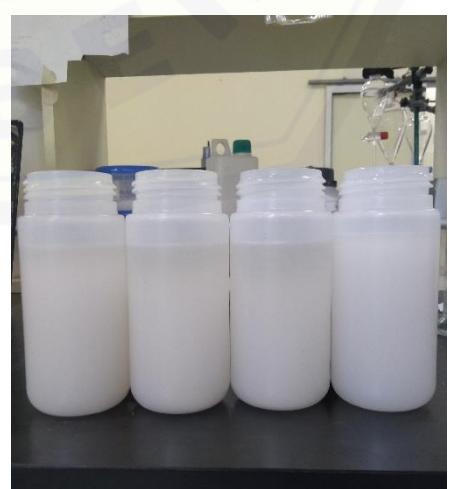
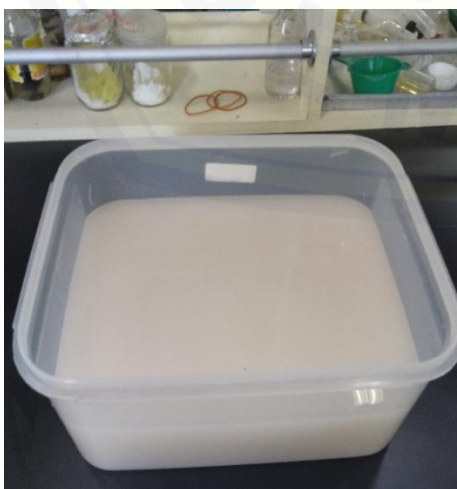
Gambar Hidrogen Peroksida



Gambar Suspensi pati jagung



Gambar Alat fotooksidasi



Gambar Hasil fotooksidasi



Gambar Preparasi Sentrifugasi



Gambar Pembuatan suspensi



Gambar Suspensi



Gambar Spray drying

Gambar Mikrokapsul



Gambar Uji aktivitas antioksidan