

**NANOENKAPSULASI MINYAK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix*)
DENGAN MATRIKS *STARCH* MENGGUNAKAN METODE *FREEZE
DRYING***

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
Gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Diajukan oleh:

NINING YOVIANI

No. Mahasiswa: 13612139

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

**NANOENKAPSULASI MINYAK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix*)
DENGAN MATRIKS STARCH MENGGUNAKAN METODE FREEZE
DRYING**

oleh :

Nining Yoviani

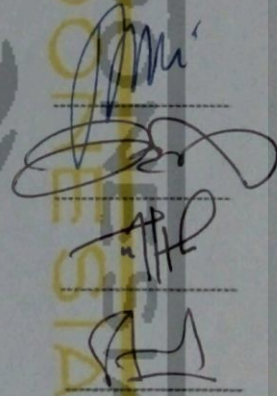
No. Mahasiswa: 13612139

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi Program Studi Kimia Fakultas
Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 2 Oktober 2017

Dewan Penguji

1. Dr. Dwiarto Rubiyanto, S.Si., M.Si.
2. Nurcahyo Iman Prakoso, S.Si., M.Sc.
3. Ika Yanti, S.Si., M.Sc.
4. Dhina Fitriastuti, S.Si., M.Sc.



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



(Drs. Alhyar, M.Sc., Ph.D.)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nining Yoviani

Nomor Mahasiswa : 13612139

Jurusan : Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditinjau sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah.

Apabila kemudian hari terbukti dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 2 Oktober 2017

Yang membuat pernyataan,



Nining Yoviani

Bismillahirrohmanirrohim.

**Kupersembahkan tulisan ini untuk keluarga Enang Sunardi terkhusus
bapak dan ibu tercinta yang selalu menginspirasi, mendukung dan
mendo'akan Ananda, serta untuk kakak, adik, dan Abd kholiq andianto yang
tersayang. terima kasih telah menjadi orangtua dan keluarga yang luar
biasa.**



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **NANOENKAPSULASI MINYAK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix*) DENGAN MATRIKS STARCH MENGGUNAKAN METODE *FREEZE DRYING*** untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Islam Indonesia.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta dan Ibunda yang kusayangi yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, kesehatan, karunia dan keberkahan di dunia maupun di akhirat kelak atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, nikmat, petunjuk dan karunia-Nya serta memberikan perlindungan, kemudahan serta kesabaran dalam setiap pekerjaan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dan penulisan dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

3. Ibu Dr. Is Fatimah, M.Sc. selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Dwiarto Rubiyanto, M.Si selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Bapak Nurcahyo Iman Prakoso, M.Sc selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Seluruh keluarga besar Sunardi dan Abd kholiq andianto yang selalu ada dalam suka duka.
7. Teman-teman seperjuangan Perdana, Yudi Tri, Alfajrianti, sahabat saya Muhamad Heriyono, Eko Saputra, dan Nova Paramitha, yang selalu memotivasi dan menginspirasi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena masih banyak kekurangan yang ada pada penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 21 September 2017

Penulis

(Nining Yoviani)
NIM: 13612139

**NANOENKAPSULASI MINYAK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix*)
DENGAN MATRIKS STARCH MENGGUNAKAN METODE *FREEZE
DRYING***

INTISARI

NINING YOVIANI

NIM: 13612139

Nanoenkapsulasi merupakan proses penyalutan bahan inti berbentuk cairan atau padat menggunakan suatu enkapsulan khusus yang membuat partikel-partikel inti mempunyai sifat fisikokimia yang diinginkan. Minyak daun jeruk purut adalah minyak atsiri daun jeruk purut yang didapat dari ekstraksi daun jeruk purut. *Starch* atau pati merupakan polisakarida hasil sintesis dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas minyak daun jeruk purut sebagai nanoenkapsulasi dan mengetahui karakteristik fisik nanoenkapsulasi yang dihasilkan melalui metode *freeze drying* yang optimal. Ekstraksi minyak daun jeruk purut dilakukan dengan metode destilasi uap air. Hasil rendemen minyak daun jeruk purut 1,12%. Pada penelitian ini dibuat nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut menggunakan starch sebagai penyalut. Proses pengeringan menggunakan metode *freeze drying*. Hasil pengamatan gambar SEM menunjukkan produk kapsul yang dihasilkan adalah berbentuk serpihan film, berongga, tidak beraturan dan terjadi 4 aglomerasi. Tetapi telah adanya interaksi antara minyak daun jeruk purut dengan starch sebagai bahan penyalut. Sedangkan, menggunakan GC-MS, dalam nanoenkapsulasi masih terdapat senyawa utama dari minyak daun jeruk purut yaitu *beta citronellol* (10,51%) dan *citronellal* (5,38%).

Kata Kunci : nanoenkapsulasi, minyak daun jeruk purut, *freez drying*, SEM.

NANOENCAPSULATION OF KAFFIR LIME (*Citrus hystrix*) WITH MATRIKS STARCH BY USING *DRYING FREEZE*

Abstrac

NINING YOVIANI

NIM: 13612139

Nanoencapsulation is a liquid or solid core coating process by using a special encapsulation that makes the core particles have desirable physicochemical properties. *Citrus hystrix* leaves oil is an essential oil of *Citrus hystrix* leaves obtained from the extraction of *Citrus hystrix* leaves. *Starch* or extract is a synthized polysaccharide of green plants through the process of photosynthesis. This study aims to determine the effectiveness of *Citrus hystrix* oil as nanoencapsulation and to know the physical characteristics of nanoencapsulation produced through *freeze drying* optimal method. The extraction of *Citrus hystrix* oil was done by steam distillation method. The result of *Citrus hystrix* oil yield was 1.12% In this study, nanoencapsulation *Citrus hystrix* oil was made by using *Starch* is coating. The drying process used *freeze drying* method. The result of SEM image observation showed that capsule products resulted was shaped film, hollow, irregular and 4 agglomertion. Although, there has ben an interaction between *Citrus hystrix* oil and *Starchas* coating mterial. Meanwhile, using GC-MS, in nanoencapsulation there were still major compounds of *Citrus hystrix* leaves oil, they were *betacitronellol* (10.51%) and *citronellal* (5.38%).

Keywords: nanoencapsulation, *Citrus hystrix* leaves oil, *freez a drying*, SEM.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I . PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III. DASAR TEORI	9
3.1. Daun Jeruk Purut.....	9
3.1.1. Taksonomi	9
3.1.2. Morfologi	10
3.1.3. Senyawa	10

3.1.4. Minyak	11
3.2. Nanoenkapsulasi	11
3.2.1. Definisi Nanoenkapsulasi	11
3.2.2. Morfologi Nanoenkapsulasi	12
3.2.3. Tujuan Nanoenkapsulasi	13
3.2.4. Komponen Mikroenkapsulasi	14
3.2.5. Pemilihan Bahan Penyalut	15
3.3. Strach	16
3.4. Pengeringan Beku (<i>Freeze Drying</i>)	17
3.5. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	21
3.5.1. Pengertian	21
3.5.2. Cara Kerja SEM	22
3.5.3. Bagian-bagian SEM	23
3.6. <i>Gas Chromatography Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	25
3.6.1. Pengertian	25
3.6.2. Prinsip Dasar	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	28
4.1. Alat	28
4.2. Bahan	28
4.3. Cara Kerja	28
4.3.1 Nanoenkapsulasi Minyak Daun Jeruk Purut.....	28
4.3.2. Karakterisasi Hasil Pembuatan Nanoenkapsulasi	28

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	30
5.1. Uji Organoleptik.....	30
5.2. Nanoenkapsulasi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut dengan Penyalut Starch	31
5.3. Analisis Kandungan Senyawa Minyak Daun Jeruk Purut Menggunakan GC-MS (<i>Gass Chromatography</i> <i>Mass Spectroscopy</i>).....	32
5.4. Karakterisasi Nanoenkapsulasi Dengan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	36
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	38
6.1. Kesimpulan	38
6.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Daun Jeruk Purut	9
Gambar 2 Struktur Pada Nanosphere dan Nanoenkapsulasi	12
Gambar 3 Skema Instrumen SEM.....	25
Gambar 4 Skema Kerja GC-MS.....	28
Gambar 5 Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut	30
Gambar 6 Nanoenkapsulasi Minyak Daun Jeruk Purut Setelah Freeze Drying.....	32
Gambar 7 Hasil SEM Nanoenkapsulasi Minyak Daun Jeruk Purut	33
Gambar 8 Kromatogram Minyak Daun Jeruk Purut	37



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan Metode Dan Mutu Produk Antara Pengeringan Beku Dan Pegeringan Konvensional	20
Tabel 2. Formulasi bahan penyalut starch dengan minyak daun jeruk purut	29
Tabel 3. Perbandingan bahan penyalut starch dengan minyak daun jeruk purut	31
Tabel 4. Hasil analisis GC-MS kandungan senyawa dalam minyak atsiri daun jeruk purut (<i>Citrus hystrix</i>)	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan rendemen minyak daun jeruk purut.....	44
Lampiran 2. Hasil SEM.....	45
Lampiran 3. Hasil kromatogram GC-MS.....	46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jeruk (atau *limau/limo*) purut (*Citrus hystrix* D.C.) merupakan tumbuhan perdu yang dimanfaatkan terutama buah dan daunnya sebagai bumbu penyedap masakan. Dalam perdagangan internasional dikenal sebagai *kaffir lime* (Munawaroh dan Handayani, 2010).

Minyak atsiri banyak dibutuhkan diberbagai industri, seperti pada industri kosmetik (sabun, pasta gigi, shampo, lotion dan parfum) pada industri makanan digunakan sebagai bahan penyedap atau penambah cita rasa; dalam industri farmasi atau obat – obatan (antinyeri, anti infeksi, pembunuh bakteri); bahkan dapat digunakan pula sebagai insektisida. Oleh karena itu, minyak atsiri banyak dicari oleh berbagai negara (Lutony *et al.*, 2000).

Minyak atsiri merupakan komponen aroma yang bersifat volatil dan berbentuk cair yang biasanya didapatkan dari tanaman (Supriyadi *et al.*, 2013). Sifat minyak atsiri yang mudah menguap menjadi salah satu kendala dalam pengaplikasiannya. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut, salah satunya adalah dengan metode mikroenkapsulasi.

Mikroenkapsulasi merupakan teknik untuk melindungi bahan inti (*core*) yang semula berbentuk cair menjadi bentuk padatan sehingga mudah dalam penanganannya serta dapat melindungi bahan inti dari kehilangan *flavour* (Soottitantawat *et al.*, 2004).

Teknologi mikroenkapsulasi juga dikenal sebagai proses kemasan bahan cair atau padat micronized dalam bentuk mikrokapsul. Proses ini memberikan materi perlindungan pada senyawa volatil dari kontak langsung dengan lingkungan dan juga memberikan pelepasan yang terkontrol. Berbagai pendekatan manufaktur telah dilakukan dalam memproduksi mikrokapsul dan proses yang paling umum digunakan termasuk koaservasi kompleks, *spray drying*, ekstrusi sentrifugal, coating suspensi udara, *pan coating*, proses pengerasan emulsi, polimerisasi interface dan in-situ polimerisasi (Kao *et al.*, 2009).

Nanoenkapsulasi pada sistem emulsi berbasis minyak dalam air telah banyak dilakukan terhadap komponen bioaktif yang bersifat lipofilik seperti minyak jeruk (Akhtar dan Dickinson, 2007), minyak jahe (Toure *et al.*, 2007), minyak alpukat (Bae dan Lee, 2008), asam linoleat terkonjugasi (Choy *et al.*, 2010) dan kurkumin (Gomez-Estaca *et al.*, 2010). Namun, nanoenkapsulasi pada sistem dispersi untuk komponen bioaktif yang bersifat hidrofilik yang larut dalam air masih jarang dilakukan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk merancang proses minyak daun jeruk purut menggunakan bahan penyalut *starch*. Karakteristik nanoenkapsulasi yang dihasilkan diuji dalam berbagai kondisi eksperimental seperti studi GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) untuk mempelajari komponen-komponen senyawa partikel nanoenkapsulasi, serta studi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mempelajari morfologi permukaan pada nanokapsul.

Nanoenkapsulasi telah banyak diterapkan di bidang farmasi dan kesehatan. Di industri pangan, penerapan teknologi nanoenkapsulasi akan memberikan beberapa keunggulan diantaranya dalam hal peningkatan rasa, warna, tekstur, flavor, konsistensi produk, absorpsifitas dan ketersediaan komponen bioaktif dari senyawa inti yang dienkapsulasi.

Proses pembuatan nanoenkapsulasi memiliki dua metode yaitu metode *spray drying* dan *freeze drying*. Namun, *freeze drying* memiliki keunggulan dibandingkan metode *spray drying* yaitu laju pengeringan yang lebih cepat dan lebih komplit serta mutu produk yang tidak menyebabkan permukaan yang keriput, lebih porus, densitas lebih rendah, mudah disegarkan kembali, warna normal, mutu flavor dan nilai gizi lebih dapat dipertahankan (Hariyadi, 2013).

Maltodekstrin sering juga digunakan sebagai enkapsulan untuk melindungi komponen bioaktif dari oksidasi. Maltodekstrin mempunyai kelarutan tinggi, tidak mempunyai rasa dan aroma. Beberapa penelitian tentang maltodekstrin yang digunakan untuk melindungi *core* antara lain pada vitamin C pada jus buah dan meningkatkan stabilitas produk bubuk aserola (Desobry *et al.*, 1997; Tax *et al.*, 2003; Righetto dan Netto, 2005). Bahkan maltodekstrin dapat meningkatkan kandungan fenol dan antosianin tepung ubi jalar ungu jika dibandingkan dengan yang tidak dienkapsulasi dengan maltodekstrin (Ahmed *et al.*, 2010).

Starch adalah cadangan pangan utama pada tanaman dan membentuk sebagian besar dari asupan kalori harian pada manusia diet. industri pati sudah menjadi bahan

baku utama produksi sebagai produk termasuk produk *bio-ethanol*, *coating* dan *anti-staling agent*. Berdasarkan latar belakang, tersebut maka dilakukanlah penelitian mengenai pembuatan nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut menggunakan penyalut *starch* dengan metode *freeze drying*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana efektifitas minyak daun jeruk purut dalam skala nanoenkapsulasi setelah proses enkapsulan?
2. Bagaimana karakteristik hasil nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut melalui proses pengeringan menggunakan teknik *freeze dring*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, didapatkan tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui efektivitas daun jeruk purut sebagai nanoenkapsulasi.
2. Mengetahui karakteristik fisik hasil nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut yang dihasilkan melalui proses pengeringan menggunakan metode *freeze drying* yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat diharapkan dapat memberikan manfaat bagi :

1. Pengembangan penelitian tentang sediaan nanoenkapsulasi pada minyak daun jeruk purut.
2. Dapat dimanfaatkan industri minyak atsiri sebagai alternatif untuk meperlambat proses penguapan pada senyawa volatil dalam minyak atsiri.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Nanoenkapsulasi merupakan proses penyalutan bahan inti berbentuk cairan atau padat menggunakan suatu enkapsulan khusus yang membuat partikel-partikel inti mempunyai sifat fisikokimia yang diinginkan (Deladino *et al.*, 2008). Nanoenkapsulasi menghasilkan partikel dengan diameter mikrometer sampai nanometer (Zuidan dan Nedovic, 2010).

Terdapat tiga teknik nanoenkapsulasi bahan makanan, yaitu secara fisika, kimia, dan kombinasi fisika dan kimia. Nanoenkapsulasi secara fisika dapat dilakukan dengan metode *spray-drying*, *spray cooling/chilling*, *freeze drying*, *spinning disk*, *fluidized bed*, *extrusion*, dan *co-crystalization*. Proses nanoenkapsulasi secara kimia adalah dengan *interfacial*, *polymerization*, dan *two step desolvation*. Sedangkan nanoenkapsulasi yang dilakukan kombinasi secara fisika dan kimia dilakukan dengan *coaservation* atau fase pemisahan. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai pelapis atau enkapsulan menurut (Selim *et al.*, 2008) diantaranya : pati, gum arab, metilselulosa, gelatin, sirup jagung, maltodekstrin, disakarida, dan sodium kasein.

Starch pati merupakan polisakarida hasil sintesis dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Pati memiliki bentuk kristal bergranula yang tidak larut dalam air pada temperatur ruangan yang memiliki ukuran dan bentuk tergantung pada jenis tanamannya. Pati digunakan sebagai pengental dan penstabil dalam makanan. Pati alami (native) menyebabkan beberapa permasalahan yang berhubungan dengan retrogradasi, kestabilan rendah, dan ketahanan pasta yang

rendah. Hal tersebut menjadi alasan dilakukan modifikasi pati (Fortuna *et al.*, 2001).

Salah satu bahan baku pembuatan pati adalah singkong yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Produksi Singkong di Indonesia pada tahun 2008 mencapai 21.593.053 ton (BPS, 2009). Harga singkong perkilo adalah Rp. 460,00. Dari jumlah produksi yang besar dan harga yang murah, maka singkong mempunyai prospek yang bagus sebagai bahan baku pembuatan pati alami (nativestarches) dalam skala besar.

Pati alami dapat dimodifikasi dengan cara fisika atau kimia (Daramola, 2006). Modifikasi pati secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, *oksidasi*, *crosslinking*, *starch esters*, *starch ethers*, dan *kationik*. Modifikasi pati secara kimia dapat menyebabkan terjadinya *cross-linking* sehingga dapat memperkuat ikatan hidrogen dalam molekul pati (Yavuz, 2003). *Cross-link* dapat terjadi karena adanya *cross-link agent*. *Cross-link agent* yang umum digunakan adalah *epichlorohydrin*, *adipic acid anhydride* dan *vinyl acetate* (Raina, 2005). Sebagai alternatifnya, dibutuhkan *cross-link agent* dari bahan alami.

Penelitian karakterisasi nanoenkapsulasi minyak atsiri sudah banyak digunakan dengan menggunakan berbagai penyalut dan metode. Fernandes (2014) telah melakukan penelitian menggunakan gum arabic, *starch*, maltodekstrin, dan inulin sebagai penyalut nanoenkapsulasi minyak mawar (*rosemarry essential oil*) dengan metode pengeringan *spray drying*. Fracareli (2012) telah melakukan penelitian menggunakan Gum Arabic sebagai penyalut mikroenkapsulasi minyak dari biji kopi.

Hasil penelitian terdahulu ini menunjukkan bahwa bahan penyalut maltodekstrin dan starch lebih efektif melindungi bahan aktif dibandingkan dengan bahan penyalut lainnya. Maltodekstrin dan starch juga mudah diperoleh dan terjangkau dari segi biaya.

Faktor lain yang menentukan keberhasilan nanoenkapsulasi dengan metode *freeze drying* adalah kondisi *freeze drying* (suhu inlet dan laju alir umpan). Ketidaksesuaian kondisi pengeringan dengan kestabilan bahan penyalut terhadap dingin dapat menyebabkan penurunan retensi dan kerusakan struktur nanokapsul.

Saat ini metode pengeringan *freeze drying* atau dikenal dengan pengeringan beku merupakan cara yang dianggap paling baik dalam pengeringan bahan pangan. Dalam hal industri khususnya farmasi, *freedrying* sangat penting. Pengeringan dalam bidang farmasi bertujuan menghilangkan zat cair yang terkandung dalam suatu produk (vaksin) serta pengawetan produk untuk jangka waktu yang lama dan mempertahankan produk tanpa merusak kandungannya. Mekanisme kerja metode pengeringan ini dalam beberapa tahap, awalnya semua bahan dibekukan sehingga membentuk kristal-kristal es, kemudian diberikan suatu pemanasan sehingga temperatur produk naik kemudian kristal-kristal es yang terbentuk selama tahap pembekuan akan menyublim secara langsung dari es menjadi uap air tanpa melewati fase cair dalam ruang hampa udara. *Freeze drying* merupakan suatu sistem yang kompleks dan memiliki beberapa tahapan proses.

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Daun Jeruk Purut

3.1.1 Taksonomi

Tanaman jeruk purut menurut ilmu biologi memiliki sistematika klarifikasi sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Sub-kelas	: Rosidae
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Sapindales
Famili	: Rutaceae
Genus	: Citrus
Spesies	: <i>C. X hystrix</i>



Gambar 1. Daun jeruk purut

3.1.2 Morfologi

Jeruk purut dapat tumbuh hingga 2-12 meter, batangnya kecil, bengkok, dan bercabang rendah. Batang yang sudah tua bentuknya bulat, hijau tua, polos atau berbintik. Daunnya majemuk, menyirip, beranak daun satu. Tangkai daun melebar menyerupai anak daun. Anak daun berbentuk bulat telur sampai lonjong, pangkal membundar atau tumpul, ujung tumpul sampai meruncing, tapi beringgit, panjang 8-15 cm, lebar 2-6 cm, kedua permukaan licin dengan bintik-bintik kecil berwarna jernih, permukaan atas warnanya hijau tua agak mengkilap, permukaan bawah hijau muda, atau hijau kekuningan, buram, apabila diremas berbau harum. Bunga berbentuk bulat telur, keras, kulitnya tebal dan berkerut, warnanya hijau, berbenjol-benjol, rasanya sangat asam dan agak pahit. Buah matang berwarna sedikit kuning (Dalimartha, 2006).

3.1.3 Senyawa

Tanaman jeruk purut memiliki metabolit sekunder yang berupa senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif dapat diartikan sebagai metabolit sekunder yang memiliki efek farmakologis dan/atau toksikologis pada manusia dan hewan, tidak termasuk nutrisi yang berada pada tumbuhan (seperti vitamin dan mineral). Metabolit sekunder tidak digunakan tumbuhan sebagai bahan utama dalam proses pertumbuhan dan perkembangan, akan tetapi sebagai senyawa yang sifatnya melindungi tanaman. Oleh karena itu, produk metabolit sekunder memiliki kuantitas yang lebih sedikit dibandingkan dengan produk metabolit primer dan merupakan hasil sampingan dari biosintesis primer (Bernhoft, 2010).

Jeruk purut mengandung zat seperti *narigenin* dan *hesperidin* yang digolongkan sebagai flavonoida (Han *et al.*, 2012).

3.1.4 Minyak

Minyak daun jeruk purut diperoleh dengan metode distilasi uap tanaman jeruk purut. Menurut (Sato *et al.*, 1990) kandungan minyak atsiri pada daun jeruk purut ini mengandung 54 jenis komponen kimia, dengan l-sitronelal sebagai komponen utama (81,49%) dan geraniol (0,31%). Tahun 1996, Jantan *et al.*, melaporkan bahwa sitronelal, sitronelol dan sitronelil asetat merupakan tiga komponen utama yang terdapat pada minyak daun jeruk purut masing-masing sebanyak 72,4%, 6,7%, dan 4,1%.

Minyak yang dihasilkan dari daun jeruk purut yang berasal dari spesies lain terutama kaya akan β -pinene, sabinene, dan limonene (Kamiyama dan Amaha, 1972; Jantan 1996). Perbedaan komposisi yang mencolok inilah yang membedakan minyak daun jeruk purut dari minyak daun jeruk lainnya.

3.2 Nanoenkapsulasi

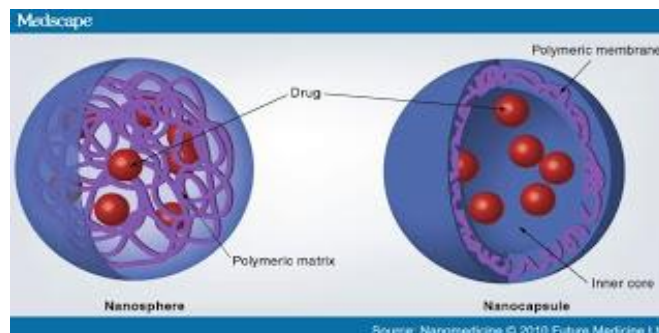
3.2.1 Definisi nanoenkapsulasi

Nanoenkapsulasi merupakan proses penyalutan bahan inti berbentuk cairan atau padat menggunakan suatu enkapsulan khusus yang membuat partikel-partikel inti mempunyai sifat fisikokimia yang diinginkan (Deladino *et al.*, 2008). Nanoenkapsulasi menghasilkan partikel dengan diameter mikrometer sampai nanometer (Zuidan dan Nedovic, 2010).

Terdapat tiga teknik nanoenkapsulasi bahan makanan, yaitu secara fisika, kimia, dan kombinasi fisika dan kimia. Nanoenkapsulasi secara fisika dapat dilakukan dengan metode *spray-drying*, *spray cooling/chilling*, *freeze drying*, *spinning disk*, *fluidized bed*, *extrusion*, dan *co-crystallization*. Proses nanoenkapsulasi secara kimia adalah dengan *interfacial*, *polymerization*, dan *two step desolvation*. Sedangkan nanoenkapsulasi yang dilakukan kombinasi secara fisika dan kimia dilakukan dengan *coaservation* atau fase pemisahan. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai pelapis atau enkapsulan menurut Selim *et al.*, pada tahun 2008 diantaranya : pati, gum arab, metilselulosa, gelatin, sirup jagung, maltodekstrin, disakarida, dan sodium kasein.

3.2.2 Morfologi Nanoenkapsulasi

Nanopartikel merupakan partikel berukuran koloid dengan diameter berkisar antara 10-1000 nm dan dinyatakan sebagai nanoenkapsulasi dan *nanosphere*. Nanoenkapsulasi adalah sistem vasikular dimana komponen bioaktif terperangkap pada sebuah rongga yang dikelilingi oleh membran polimer yang unik. Nanosphere adalah sistem matrik dimana komponen bioaktif tersebar secara merata. Nanoenkapsulasi didefinisikan sebagai teknologi untuk mengenkapsulasi zat/bahan dalam atau mengacu untuk pengemasam bioaktif pada skala nano (Lopez *et al.*, 2006).



Gambar 2. Struktur pada nanosphere dan nanoenkapsulasi (Nanomedicine 2010)

Nanoenkapsulasi merupakan inovasi pengembangan teknik enkapsulasi yang dilakukan untuk mendapatkan ukuran enkapsulan yang tergolong sangat kecil, berukuran nanometer. Aplikasi nanoteknologi dilakukan sebagai usaha untuk meningkatkan kelarutan, menstabilkan dari kondisi thermal, serta mempermudah pencernaan senyawa yang dikandung didalam bahan yang dienkapsulasi. Ukuran diameter mikroenkapsulasi antara 3-800 μm , sedangkan pada nanoenkapsulasi bahan yang dienkapsulasi hanya memiliki ukuran 10-1000 nm. Pembuatan nanoenkapsulasi dapat menggunakan senyawa yang lipofilik dan hidrofilik. Senyawa hidrofilik bersifat larut dalam air namun tidak dalam lemak dan pelarut organik, sedangkan senyawa lipofilik tidak larut dalam air namun justru larut dalam pelarut lemak serta organik. (Ezhilarasi, *et al.*, 2012).

3.2.3 Tujuan Nanoenkapsulasi

Proses nanoenkapsulasi memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Perlindungan bahan inti yang sensitif atau tidak stabil dari pengaruh lingkungan sebelum digunakan.
2. Memperbaiki kelarutan, kemampuan dispersi, dan sifat alir bahan inti.

3. Peningkatan waktu simpan dengan mencegah reaksi degradasi (oksidasi, dehidrasi).
4. Mengatur pelepasan bahan inti.
5. Mengurangi bahaya dari bahan inti toksik.
6. Menutupi bau dan rasa yang tidak enak
7. Mengubah bentuk cairan menjadi padatan
8. Mengurangi sifat iritasi bahan inti terhadap lambung dan saluran pencernaan
9. Mencegah inkompatibilitas antara komposisi dalam sediaan
10. Menurangi sifat higroskopis bahan inti (Ghosh, 2006; Deasy, 1984)

3.2.4 Komponen Nanoenkapsulasi

Komponen nanoenkapsul terdiri dari bahan inti dan bahan penyalut.

a. Bahan inti

Bahan inti adalah bahan spesifik yang akan disalut, dapat berupa zat padat, cair maupun gas (Lachman *et al.*, 1994; Ghosh 2006). Inti zat padat dapat berupa campuran dari bagian-bagian yang aktif, stabilisator, pengencer, pengisi dan penghambat atau pemacu pelepasan (Lachman, *et al.*, 1994). Inti zat cair dapat terdiri dari senyawa polar atau non polar sebagai bahan aktif atau sebagai media bagi bahan aktif dalam bentuk larutan, suspensi, atau emulsi (Lachman *et al.*, 1994; Mathiowitz, 1999).

Kompabilitas dari bahan inti dengan bahan penyalut menjadi kriteria yang penting untuk meningkatkan efisiensi nanokapsulasi. Bahan inti sebaiknya tidak larut dan tidak bereaksi dengan bahan penyalut dan pelarut yang digunakan. Ukuran bahan inti juga memegang peranan penting untuk difusi, permeabilitas, dan pengendalian pelepasan bahan inti (Ghosh, 2006; Swarbrick *et al.*, 1994). Nanokapsul dapat mengandung bahan inti sampai 99% dihitung terhadap berat nanokapsul (Lachman *et al.*, 1994).

b. Bahan Penyalut

Bahan penyalut adalah bahan yang digunakan untuk melapisi bahan inti. Bahan penyalut harus mampu memberikan suatu lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti, dapat bercampur secara kimia dan tidak bereaksi dengan bahan inti, dan dapat memberikan sifat penyalutan yang diinginkan seperti kekuatan, fleksibilitas, impermeabilitas, sifat-sifat optik dan stabilitas (Lachman *et al.*, 1994). Bahan penyalut yang digunakan dapat berupa karbohidrat, protein, dan polimer sintetik (Ghosh, 2006). Jumlah polimer penyalut dapat bervariasi dari 1 hingga 70% dari berat mikrokapsul, biasanya antara 3 hingga 30% dengan ketebalan 0,1 hingga 60 nm (Swarbrick *et al.*, 1994).

3.2.5 Pemilihan bahan penyalut

Pemilihan bahan penyalut didasarkan kepada (Lachman *et al.*, 1994)

- a. Tujuan penyalutan yaitu stabilitas, pencegahan penguapan, karakteristik pelepasan zat, perlindungan terhadap kondisi lingkungan.

- b. Cocok dan tepat, baik dengan inti maupun tujuan penyalutan.
- c. Sesuai dengan metode yang akan digunakan.

3.3.Starch

Starch atau pati merupakan polisakarida hasil sintesis dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Pati memiliki bentuk kristal bergranula yang tidak larut dalam air pada temperatur ruangan yang memiliki ukuran dan bentuk tergantung pada jenis tanamannya. Pati digunakan sebagai pengental dan penstabil dalam makanan. Pati alami (native) menyebabkan beberapa permasalahan yang berhubungan dengan retrogradasi, kestabilan rendah, dan ketahanan pasta yang rendah. Hal tersebut menjadi alasan dilakukan modifikasi pati (Fortuna *et al.*, 2001).

Salah satu bahan baku pembuatan pati adalah singkong yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Produksi Singkong di Indonesia pada tahun 2008 mencapai 21.593.053 ton (BPS, 2009). Harga singkong perkilo adalah Rp. 460,00. Dari jumlah produksi yang besar dan harga yang murah, maka singkong mempunyai prospek yang bagus sebagai bahan baku pembuatan pati alami (nativestarches) dalam skala besar.

Pati alami dapat dimodifikasi dengan cara fisika atau kimia (Daramola, 2006). Modifikasi pati secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, *oksidasi*, *crosslinking*, *starch esters*, *stacrh ethers*, dan *kationik*. Modifikasi pati secara kimia dapat menyebabkan terjadinya *cross-linking* sehingga dapat memperkuat ikatan hidrogen dalam molekul pati (Yavuz, 2003). *Cross-link* dapat

terjadi karena adanya *cross-link agent*. *Cross-link agent* yang umum digunakan adalah *epichlorohydrin*, *adipic acid anhydride* dan *vinyl acetate* (Raina, 2005). Sebagai alternatifnya, dibutuhkan *cross-link agent* dari bahan alami.

3.4 Pengeringan Beku (*Freeze Drying*)

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metoda pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Pengeringan beku merupakan proses pengeluaran air dalam keadaan beku dari suatu produk melalui cara sublimasi, yang dilakukan pada suhu dan tekanan rendah (Fajri, 2002).

Proses pembekuan pada pengeringan beku akan menentukan hasil akhir produk yang dikeringkan. Pembekuan lambat akan menyebabkan terbentuknya kristal es yang besar yang tersusun pada ruang antar sel dengan ukuran pori-pori yang besar dan ukuran pori yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan suhu yang digunakan pada proses pembekuan (Heldman *et al.*, 1981).

Fennema (1964) menyatakan bahwa ada 4 faktor yang mempengaruhi laju pembekuan bahan pangan, yaitu; (1) beda suhu antara produk dengan medium pendingin, (2) cara pindah panas ke dalam produk dan di dalam produk, (3) ukuran, bentuk dan tipe kemasan, (4) ukuran, bentuk dan sifat termofisik bahan yang dibekukan.

Liapis *et al.*, (1995) mengatakan bahwa proses pengeringan beku melibatkan tiga tahap berikut :

- a. Tahap pembekuan; pada tahap ini bahan pangan atau larutan didinginkan hingga suhu di mana seluruh bahan menjadi beku.
- b. Tahap pengeringan utama; di sini air dan pelarut dalam keadaan beku dikeluarkan secara sublimasi. Dalam hal ini tekanan ruang harus kurang atau mendekati tekanan uap kesetimbangan air di bahan baku. Karena bahan pangan atau larutan bukan air murni tapi merupakan campuran bersama komponen-komponen lain, maka pembekuan harus dibawah 0 °C dan biasanya di bawah -10 °C atau lebih rendah, untuk tekanan kira-kira 2 mmHg atau lebih kecil. Tahap utama ini berakhir bila semua air beku telah tersublimasi.
- c. Tahap pengeringan sekunder; tahap ini mencakup pengeluaran uap air hasil sublimasi atau air terikat yang ada di lapisan kering. Tahap pengeringan sekunder dimulai segera setelah tahap pengeringan utama berakhir.

Dalam pengeringan beku terdapat dua macam pindah panas yang dominan, yaitu pindah panas secara radiasi dan pindah panas secara konduksi, sedangkan pindah panas secara konveksi sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Pindah panas secara radiasi berlangsung dari pelat pemanas ke permukaan bahan yang dikeringkan, sedangkan pindah panas secara konduksi berlangsung dari permukaan lapisan kering ke permukaan sublimasi.

Menurut Harper *et al* (1962), secara prinsip pada pengeringan beku, kalor yang masuk dapat dinaikan sampai bahan beku mulai akan mencair, tetapi karena lapisan kering merupakan penghantar panas yang buruk (isolator), maka panas tidak

dapat merambat secara maksimal. Pada proses pindah panas konduksi ini terjadi dua kondisi, yaitu kondisi aliran mantap (*steady state*) dan kondisi aliran tidak mantap (*unsteady state*). Jika panas yang masuk ke dalam bahan sama dengan panas yang keluar melalui uap air, maka suhu pada beberapa titik pada bahan pangan tidak tergantung pada waktu dan kondisi, yang disebut “*steadystate*”. Sebaliknya jika panas yang masuk tidak sama dengan panas yang keluar dan kandungan panas bahan berubah terhadap waktu, maka hal tersebut menunjukkan keadaan tidak mantap atau keadaan “*unsteady state*” (Frank, 1986).

Pada proses pengeringan beku akan terdapat tiga lapisan pada bahan, yaitu lapisan beku yang terdapat pada bagian dalam bahan, lapisan kering yang terdapat pada bagian permukaan bahan dan lapisan transisi yang merupakan permukaan sublimasi. Selama proses pengeringan beku, permukaan sublimasi akan bergerak ke bagian dalam dan lapisan kering yang berada pada bagian luar akan semakin tebal (Frank, 1986).

Pengeringan beku telah dikenal dan diakui sebagai metode pengeringan yang dapat memberikan mutu hasil pengeringan paling baik dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya (Liapis *et al.*, 1995). Proses pengeringan beku terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pembekuan, tahap pengeringan primer dan tahap pengeringan sekunder (Liapis *et al.*, 1995). Keunggulan produk hasil pengeringan beku antara lain adalah mempunyai struktur yang tidak mengkerut sehingga memungkinkan rehidrasi yang cepat, retensi flavor tinggi karena pengeringan berlangsung pada suhu rendah, daya hidup, dan rekonstitusi sel-sel hidup pada produk kering beku tetap tinggi. Keunggulan produk hasil

pengeringan beku dibandingkan dengan pengeringan konvensional dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan metode dan mutu produk antara pengeringan beku dan pengeringan konvensional (Fajri, 2002).

Parameter	Pengeringan Konvensional	Pengeringan Beku
Suhu proses	100-200 °C	Cukup rendah untuk mencegah pencarian
Tekanan	Atmosfer	Vakum (dibawah titik tripel air yaitu 610 Pa)
Penguapan air	Dari permukaan bahan	Sublimasi
Produk	Kering, padat dan mengerut	Kering dan berongg
Bau	Berubah	Tetap
Warna	Lebih gelap	Tetap
Citra rasa	Berubah	Tetap
Rehidrasi	Lambat dan tidak sempurna	Cepat dan lebih sempurna
Stabilitas penyimpanan	Baik	Sangat baik
Biaya	Rendah	Tinggi

Namun pengeringan beku memerlukan biaya yang tinggi karena rendahnya laju pengeringan dan berlangsung pada kondisi hampa udara. Karena itu pengeringan beku banyak digunakan untuk mengeringkan bahan makanan yang bersifat sulit kering, seperti kopi, bawang, sop, makanan laut tertentu, buah-buahan dan obat-obatan (Liapis *et al.*, 1995).

3.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

3.5.1 Pengertian

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk/ retakan) benda padat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filamen yang dipanaskan, disebut *electron gun*.

Sebuah ruang vakum diperlukan untuk preparasi cuplikan. Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. *Scanning coil* yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau *detector backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas dipermukaan *Cathode Ray Tube* (CRT) sebagai topografi Gambar. (Kroschwitz dalam Gunawan *et al.*, 2010). Pada sistem ini berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, bayangannya diperbesar dengan lensa objektif dan diproyeksikan pada layar (Gabriel dalam Gunawan *et al.*, 2010).

- a. Cuplikan yang akan dianalisis dalam kolom SEM perlu disiapkan dahulu, walaupun telah ada jenis SEM yang tidak memerlukan penyepuhan (*coating*) cuplikan. Terdapat tiga tahap persiapan cuplikan, antara lain (Gedde dalam Gunawan *et al.*, 2010). Pelet dipotong menggunakan gergaji intan. Seluruh kandungan air, larutan dan semua benda yang dapat menguap apabila divakum, dibersihkan
- b. Cuplikan dikeringkan pada 60 °C minimal 1 jam

- c. Cuplikan non logam harus dilapisi dengan emas tipis. Cuplikan logam dapat langsung dimasukkan dalam ruang cuplikan

Sistem penyinaran dan lensa pada SEM sama dengan mikroskop cahaya biasa.

Pada pengamatan yang menggunakan SEM lapisan cuplikan harus bersifat konduktif agar dapat memantulkan berkas elektron dan mengalirkannya ke ground. Bila lapisan cuplikan tidak bersifat konduktif maka perlu dilapisi dengan emas.

Pada pembentukan lapisan konduktif, spesimen yang akan dilapisi diletakkan pada tempat sampel disekeliling anoda. Ruang dalam tabung kaca dibuat mempunyai suhu rendah dengan memasang tutup kaca dibuat mempunyai suhu rendah dengan memasang tutup kaca rapat dan gas yang ada dalam tabung dipompa keluar. Antara katoda dan anoda dipasang tegangan 1,2 kV sehingga terjadi ionisasi udara yang bertekanan rendah. Elektron bergerak menuju anoda dan ion positif dengan energi yang tinggi bergerak menumbuk katoda emas. Hal ini menyebabkan partikel emas menghambur dan mengendap dipermukaan spesimen. Pelapisan ini dilakukan selama 4 menit.

3.5.2 Cara kerja SEM

Cara kerja SEM yaitu sebuah elektron diemisikan dari katoda tungsten dan diarahkan ke suatu anoda. Tungsten digunakan karena mempunyai titik lebur yang paling tinggi dan tekanan uap paling rendah dari semua jenis logam, sehingga dapat dipanaskan untuk keperluan pemancaran elektron. Berkas elektron yang memiliki beberapa ratus eV dipusatkan oleh satu atau dua lensa kondenser kedalam suatu

berkas cahaya dengan spot 1 nm hingga 5 nm. Berkas cahaya dipancarkan melalui sepasang coil scan pada lensa objektif yang dapat membelokkan berkas cahaya secara horizontal dan vertika sehingga membentuk daerah permukaan sampel persegi empat.

Ketika berkas elektron pertama saling berinteraksi dengan sampel, maka elektron kehilangan energi oleh penyebaran berulang dan penyerapan dengan setetes volume spesimen yang dikenal sebagai volume interaksi yang meluas kurang dari 100 nm sampai sekitar 5 nm pada permukaan. Ukuran dari volume interaksi tergantung pada berkas cahaya yang mempercepat tegangan, nomor atom spesimen dan kepadatan spesimen. Energi berubah diantara berkas elektron dan hasil sampel hasil pada emisi elektron dan sampel hasil pada emisi elektron dan radiasi elektromagnet yang dapat dideteksi untuk menghasilkan suatu gambar.

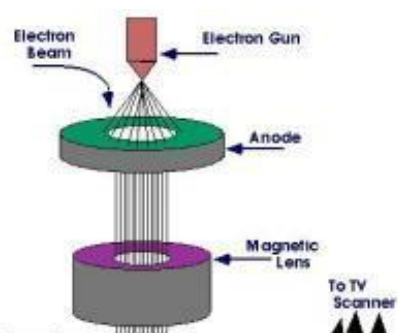
3.5.3 Bagian-bagian SEM

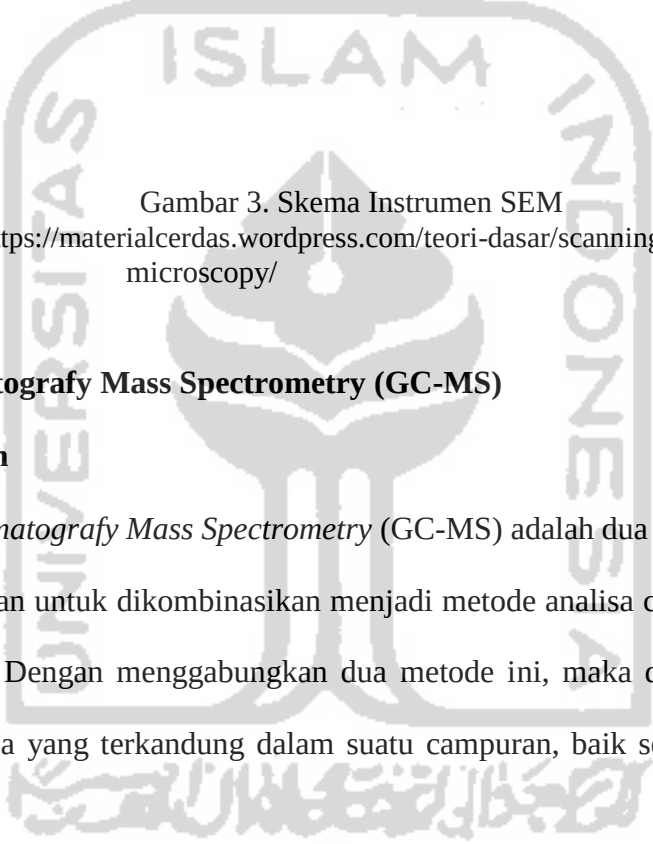
Kolom SEM terdiri dari elektron gun, 2 buah lensa kondenser, 1 buah lensa objektif, dan sistem deteksi elektron, dan 1 set deflektor, semua beroperasi di dalam vakum. *Elektron gun* menyediakan sumber elektron dan mempercepatnya menjadi energi antara 1-30 keV. Bagian dari sinar silang yang terkecil pada sumber, dinamakan “*crossover*” diperbesar oleh sistem lensa elektron tiga bagian, sehingga sebuah elektron dengan diameter 1-10 nm membawa arus 1-100 pA terbentuk pada permukaan spesimen. Pada arus yang lebih tinggi, 1-10 nA diameter dari elektron dapat meningkat hingga 0,1 sampai 1 μm .

Pada kebanyakan SEM, sinar berkas elektron muncul dari lensa akhir hingga wadah spesimen, dimana sinar tersebut berinteraksi dengan daerah dekat permukaan dari spesimen hingga kedalaman hampir $1\text{ }\mu\text{m}$, dan sinyal elektron yang terbentuk digunakan untuk membentuk gambar.

Sistem defleksi didepan lensa akhir mengamati elektron yang bersebrangan dengan spesimen dan beroperasi secara sinkron dengan monitor komputer atau *Cathode-ray tube* (CRT). Dua pasang dari gulungan defleksi magnet biasanya digunakan. Perbesar gambar M_1 dari spesimen ke ditetapkan sebagai rasio dari ukuran linear dari layar yang dilihat terhadap ukuran linier dari pola scan pada spesimen. Perbesaran dapat ditingkatkan secara sederhana dengan mengurangi arus dari gulungan scan, menjaga ukuran gambar pada CRT yang konstan.

Detektor elektron digunakan untuk mengumpulkan bermacam jenis sinyal yang terbentuk dari sinar primer atau interaksi spesimen. Dikarenakan sinar primer menembus permukaan spesimen, elektron yang tersebar dari beberapa kedalaman, beberapa terbebas dari permukaan. Elektron yang tersebar yang terbebas dari dekat permukaan spesimen dikenal sebagai elektron sekunder, dan terbentuk oleh tumbukan kaku. Elektron yang tersebar balik dari tingkat kedalam dinamakan *backscattered electrons* dan mereka terbentuk dari tumbukan yang elastik. Elektron sekunder dan *backscattered electrons*, membentuk satu sinyal yang digunakan untuk membentuk gambar SEM (Khursheed, 2011).





Gambar 3. Skema Instrumen SEM

Sumber : <https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/>

3.6 Gas Cromatografy Mass Spectrometry (GC-MS)

3.6.1 Pengertian

Gas Cromatografy Mass Spectrometry (GC-MS) adalah dua metode analisis yang dihubungkan untuk dikombinasikan menjadi metode analisa campuran suatu senyawa kimia. Dengan menggabungkan dua metode ini, maka dapat diketahui senyawa apa saja yang terkandung dalam suatu campuran, baik secara kualitatif atau kuantitatif.

Kromatografi gas berfungsi sebagai alat pemisah berbagai komponen campuran dalam sampel, sedangkan spektrofotometer massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing komponen yang telah dipisahkan pada sistem kromatografi gas. Spektrofotometer massa merupakan alat analisis yang mempunyai kemampuan aplikasi yang paling luas, yang dapat dipergunakan untuk memperoleh informasi mengenai komposisi sampel dasar dari suatu bahan, struktur

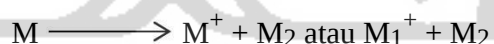
dari molekul anorganik, organik dan biologi, komposisi kualitatif dan kuantitatif dari kompleks, struktur dan komposisi dari permukaan padat dan perbandingan isotropik atom atom didalam sampel (Skoog *et al.*, 1997).

3.6.2 Prinsip Dasar

Metode spektroskopi massa didasarkan pada perubahan komponen cuplikan menjadi ion-ion gas dan memisahkannya berdasarkan perbandingan massa terhadap muatan (m/z). Bila suatu molekul berbentuk gas disinari oleh elektron berenergi tinggi didalam sistem hampa akan terjadi ionisasi, ion molekul akan terbentuk dan ion molekul yang tidak stabil pecah menjadi ion ion yang lebih kecil. Lepasnya elektron dari molekul menghasilkan radikal kation dan proses ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

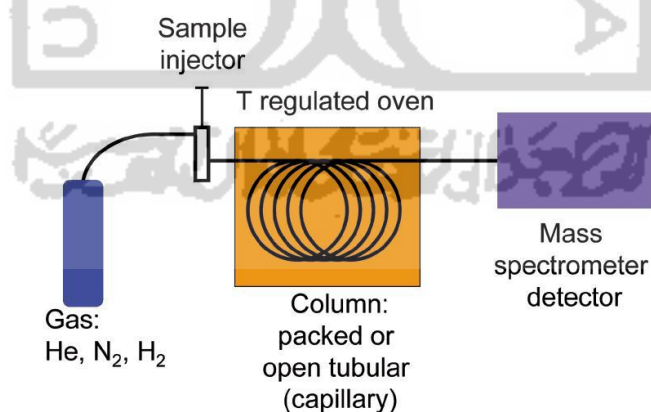


Ion molekul M^+ biasanya terurai kembali menjadi sepasang pecahan atau fragmen yang dapat berupa radikal dan ion atau molekul yang lebih kecil dan radikal kation.



Dari kromatogram GC-MS akan diperoleh informasi jumlah senyawa yang terdeteksi dan dari spektra GC-MS akan diperoleh informasi struktur senyawa yang terdeteksi. Dalam kromatografi gas, fasa gerak adalah gas pembawa, biasanya suatu gas inert seperti helium atau gas yang tidak rekatif seperti nitrogen. Fasa gerak membawa sampel melalui fasa diam yang ditempatkan pada suatu kolom. Sampel dalam fasa gerak berinteraksi dengan fasa diam dengan kecepatan yang berbeda-beda. Saat terjadi interaksi, yang tercepat berinteraksi akan keluar dari kolom

lebih dulu sedangkan yang lambat akan keluar paling akhir. Detektor akan memberikan sinyal yang kemudian ditampilkan dalam komputer sebagai kromatogram. Pada kromatogram sumbu x menunjukkan waktu retensi, R_t (*Retention time*, waktu saat sampel diinjeksikan sampai elusi berakhir), sedangkan sumbu y menunjukkan intensitas sinyal. Dalam detektor selain memberikan sinyal sebagai kromatogram, komponen yang telah terpisah akan ditembak oleh elektron sehingga akan terpecah menjadi fragmen-fragmen dengan perbandingan massa dan muatan tertentu (m/z). Fragmen-fragmen dengan m/z ditampilkan komputer sebagai spektra massa, dimana sumbu x menunjukkan perbandingan m/z sedangkan sumbu y menunjukkan intensitas. Dari spektra tersebut dapat diketahui struktur senyawa dengan cara membandingkannya dengan spektra massa senyawa standard dari *literature*. Pendekatan pustaka terhadap spektra massa dapat digunakan untuk identifikasi bila indeks kemiripan atau *Similarity Indeks* (SI) $\geq 80\%$ (Howe *et al.*, 1981).



Gambar 4. Skema kerja GC-MS

Sumber : www.mohtaufik.com/2013/11/sekilas-tentang-gas-chromatographymass.html

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat

Peralatan yang digunakan adalah beker glass, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 10 mL, plastik wrap, magnet stirrer, *hotplate magnetic*, pengaduk kaca, vial untuk wadah minyak atsiri, gelas beker HERMA 300 mL, gelas beker HERMA 100 mL, sendok sungu, kaca arloji, neraca analitik, oven vakum, GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah minyak daun jeruk purut produksi ceos, *Starch*, etanol (p.a) dan aquades.

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Pembuatan Nanoenkapsulasi Minyak Daun Jeruk purut

Produk nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut menggunakan penyalut *Starch* mengacu pada prosedur (Fernandes 2013) yang dimodifikasi. Sebanyak 5 gram *starch*, ditambahkan 10 mL akuades sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam pada temperatur ruang dengan kecepatan pengadukan ± 800 rpm. Disiapkan vial sebanyak 5 buah. Masing-masing diisi 2 mL *starch* yang telah dibuat, kemudian ditambahkan minyak daun jeruk purut sesuai pada Tabel 2. Setelah penambahan selesai, diaduk lagi selama 15 menit dengan kecepatan 500

rpm tanpa pemanasan. Setelah itu, dimasukkan dalam alat *freeze dryer* pada suhu -45°C selama 24 jam untuk proses enkapsulasi sampai menjadi serbuk kering.

Tabel 2. Formulasi bahan penyalut starch dengan minyak daun jeruk purut

Satuan	Starch (gram)	Minyak daun jeruk purut (mL)	Keterangan
1	2	1	-
2	2	1,5	-
3	2	2	Terbentuk serbuk
4	2	2,5	-
5	2	3	-

Lima formulasi nanoenkapsulasi yang telah dibuat, hanya 1 yang berhasil menjadi nanoenkapsulasi yaitu variasi 3. Nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut kemudian dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui apakah kandungan minyak daun jeruk purut (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*) dan morfologinya menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

4.3.2 Karakterisasi hasil pembuatan nanoenkapsulasi

Nanokapsulasi minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) dikarakterisasi menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*) untuk mengetahui apakah kandungan minyak daun jeruk purut masih terkandung dalam produk nanoenkapsulasi, dan karakterisasi nanokapsulasi dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah untuk mengetahui karakteristik fisik nanoenkapsulasi yang dihasilkan atau morfologi permukaan senyawa tersebut.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Uji organoleptik

Minyak jeruk purut produksi ceos dilakukan uji organoleptik, antara lain :

- a. Bentuk : Cair (Minyak)
- b. Warna : Bening kekuningan
- c. Bau : Khas daun jeruk purut



Gambar 5. Minyak atsiri daun jeruk purut

Rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 1,119%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wijaya (1995), Sait dan Lubis (1991) dan Wibowo (1994) bahwasanya rendemen minyak daun jeruk purut berkisar antara 1,93% - 2,75% (bk). Lutony dan Rahmayati (1994) menyatakan bahwa rendemen minyak atsiri dipengaruhi oleh antara lain faktor pengadaan bahan baku dan penanganan pasca panennya. Selain itu, adanya perbedaan rendemen yang dihasilkan bergantung terhadap kondisi lingkungan dan psikologi dari tanaman daun jeruk purut itu sendiri.

5.2 Nanoenkapsulasi Minyak Atsiri Daun jeruk purut dengan Penyalut Starch

Proses nanoenkapsulasi minyak atsiri daun jeruk purut ini menggunakan starch sebagai penyalut, sedangkan minyak daun jeruk purut sebagai bahan aktif.

Tabel 3. Perbandingan bahan penyalut starch dengan minyak daun jeruk purut

Variasi	Starch (gram)	Minyak daun jeruk purut (mL)
1	2	1
2	2	1,5
3	2	2
4	2	2,5
5	2	3

Tahap selanjutnya yaitu *freeze drying* untuk proses pembekuan suspensi menjadi nanoenkapsulasi. Dimana proses *freeze drying* berlangsung tiga tahap yaitu tahap pembekuan, pengeringan primer dan pengeringan sekunder. Tahap pembekuan adalah tahap dimana terjadi pemadatan pada sampel. Proses pembekuan dilakukan dengan membuat lapisan produk pada sampel. Faktor utama proses pembekuan yang akan mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan adalah faktor kecepatan pembekuan. Proses pemadatan akan mempengaruhi struktur hasil dan karakteristik morfologi dari produk akhir. Pengeringan primer adalah proses dimana pelarut tidak terikat di sublimasi. Pada tahap ini menggunakan tekanan rendah karena sublimasi dari pelarut membutuhkan tekanan dibawah tekanan uap kesetimbangan pelarut. Tahap selanjutnya yaitu pengeringan sekunder, dimana sampel akan dibersihkan dari pelarut yang belum terbekukan. Laju pengeringan pada tahap ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan tahap pengeringan primer karena struktur berpori dari bahan. Setelah proses *freeze drying*, sampel yang awalnya berupa cairan menjadi padatan berwarna putih kekuningan.

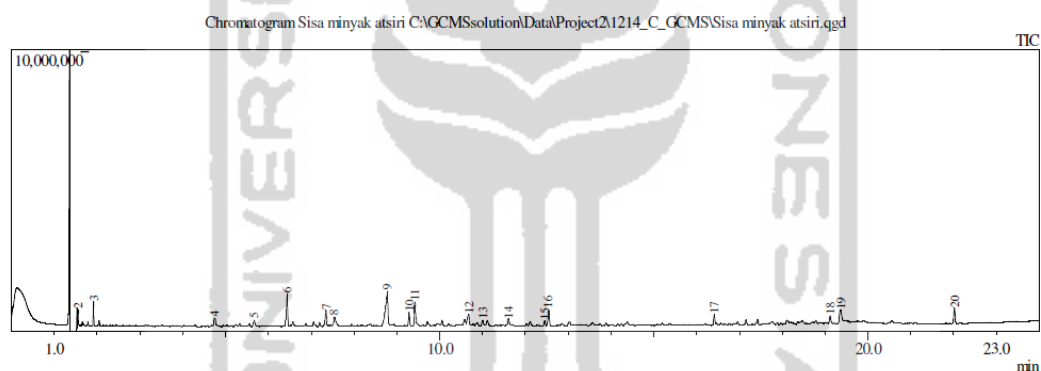


Gambar 6. Nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut setelah *freeze drying*

5.3 Analisis kandungan senyawa minyak daun jeruk purut menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*)

Analisis hasil minyak atsiri daun jeruk purut menggunakan GC-MS dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui presentase dan kandungan senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri daun jeruk purut. Pada alat ini ada dua gabungan metode yaitu proses pemisahan komponen dengan cara kromatografi gas dan pengukur massa dengan cara spektrometri massa. Pada kromatografi gas, komponen minyak atsiri daun jeruk purut yang memiliki afinitas rendah terhadap fase diam akan bergerak keluar terlebih dahulu dari kolom karena kecilnya interaksi komponen terhadap fase diam, sehingga waktu retensi yang dimiliki oleh komponen tersebut kecil, sebaliknya komponen minyak atsiri daun jeruk purut yang memiliki afinitas besar terhadap fase diam akan keluar dari kolom dengan waktu retensi yang lebih besar, karena interaksinya terhadap fase diam juga besar sehingga ia akan lebih lama keluar dari kolom dibandingkan dengan komponen afinitas yang kecil terhadap fase diam.

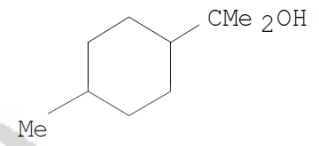
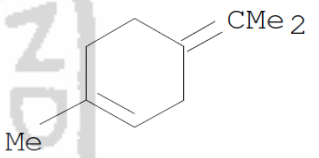
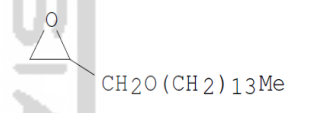
Puncak-puncak kromatogram yang merupakan hasil pemisahan komponen-komponen minyak atsiri daun jeruk purut akan diterima oleh detektor spektrometri massa dalam bentuk molekul. Molekul-molekul senyawa tersebut akan terionisasi karena dibombardir oleh elektron berenergi tinggi yang berasal dari sumber elektron tegangan dari detektor spektrometri massa. Molekul-molekul yang telah terionisasi tersebut akan terdeteksi berdasarkan massanya yang digambarkan sebagai spektra hasil spektrometri massa. Hasil pemisahan komponen-komponen minyak atsiri daun jeruk purut secara kromatografi gas-spektrometri massa dapat dilihat pada Gambar 7.

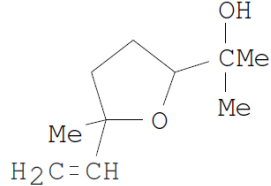
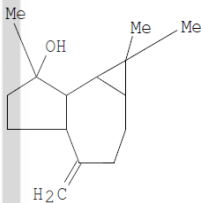
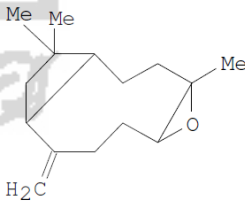
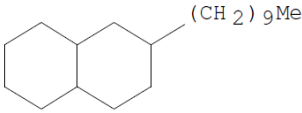


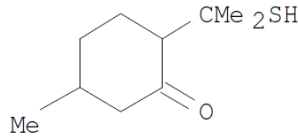
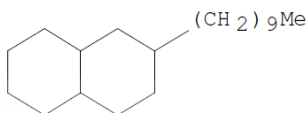
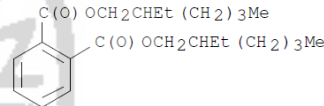
Gambar 7. Kromatogram minyak daun jeruk purut

Berdasarkan Gambar 7, dalam sampel minyak daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) diketahui bahwa terdapat 3 puncak dengan kelimpahan senyawa yang tinggi yaitu pada puncak 1,6 dan 9. Puncak 1 memiliki waktu retensi 1,357 dengan luas area 21031313 dengan kelimpahan senyawa 50,14%. Puncak 6 memiliki waktu retensi 6,439 dengan luas area 2254845 dengan kelimpahan senyawa 5,38%. Puncak 9 memiliki waktu retensi 8,780 dengan luas area 4406907 dengan kelimpahan senyawa 10,51%. Kelimpahan senyawa terbesar ditunjukkan pada puncak tertinggi yaitu pada puncak 1 dengan kelimpahan senyawa 50,14%.

Tabel 4. Hasil analisis GC-MS kandungan senyawa dalam minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*.)

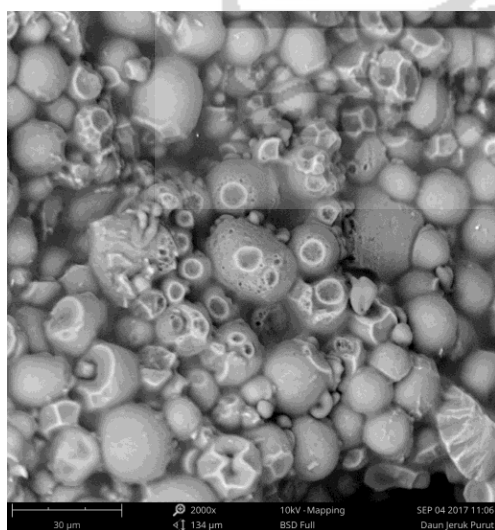
No.	Kandungan senyawa (%)	Senyawa teridentifikasi	Struktur kimia
1.	1,64	p-Methan-8-ol	
2.	1,10	Linalool	
3.	5,38	Citronella	$\text{OCHCH}_2\text{CHMeCH}_2\text{CH}_2\text{CH: CMe}_2$
4.	2,37	Ethanone	
5.	2,07	6-Oktan-1-ol, 3,7-Dimetil	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CHMeCH}_2\text{CH}_2\text{CH: CMe}_2$
6.	10,51	Betta citronellol	$\text{MeOC(O)CH}_2\text{CHMeCH}_2\text{CH}_2\text{CH: CMe}_2$

7.	2,08	Citronellyl asetat	$\text{Me}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CHMeCH}_2\text{CH}_2\text{OAc}$
8.	4,45	Sikloheksanol	
9.	2,12	Pentanal, 3-(Acetyloxy)-2,2,4-trimetil	$\text{MeCOCHMe}(\text{CH}_2)_3\text{Me}$
10.	0,97	2,6-Dimetil-1,7-oktadien-3-ol	
11.	0,78	Hydroxy citronellal	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CHMe}(\text{CH}_2)_3\text{CMe}_2\text{OH}$
12.	0,78	Spathulenol	
13.	2,86	Caryophyllen oxide	
14.	1,32	Etana	

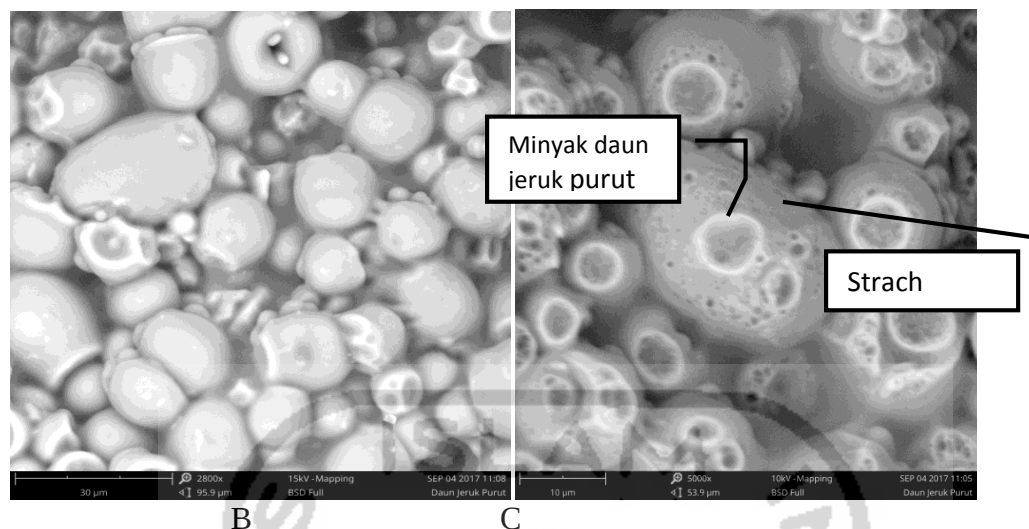
15.	1.35	8-mercapto-p-Methane-3-one	
16.	3,63	Etana,1,1-oxybis 1-ethoxy	
17.	2,61	1,2-benzenedikarbosilat acid	

5.4 Karakterisasi Nanoenkapsulasi Dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Karakterisasi nanoenkapsulasi dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) memiliki tujuan untuk n sampel nanoenkapsulasi lapisan atas M1 pada perbesaran 5000x dapat dilihat pada Gambar 7.



A



Gambar 8. Hasil SEM Nanoenkapsulasi Minyak Daun Jeruk Purut

Keterangan : (A) Hasil SEM dengan pembesaran 2000 kali

(B) Hasil SEM dengan pembesaran 2800 kali (C) hasil SEM dengan pembesaran 5000 kali

Berdasarkan Gambar 8 hasil pengujian menggunakan SEM, pada gambar bagian A menunjukkan nanoenkapsulasi dengan pembesaran 2000 kali memiliki diameter 20 μm dan 30 μm yang menunjukkan produk kapsul didalamnya berbentuk bulatan kecil dan bulatan besar yang tidak beraturan. Pada bagian B menunjukkan nanoenkapsulasi dengan pembesaran 2800 kali menunjukkan adanya serpihan film berbentuk bulat dan masi terdapat rongga diantara sekumpulan bulatan tersebut. Sedangkan bagian C menunjukkan nanoenkapsulasi dengan pembesaran 5000 kali memperlihatkan adanya buatan yang menunjukkan minyak daun jeruk purut yang dilapisi oleh strach.

Dari hasil morfologi SEM menunjukkan bahwa ukuran diameter produk ini sebanyak 20 μm dan 30 μm , hal tersebut menunjukkan bahwa produk tersebut bukan termaksud nanoenkapsulasi melainkan mikroenkapsulasi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil analisis SEM menyatakan minyak daun jeruk purut efektif digunakan dalam pembuatan nanoenkapsulasi dengan penyalut starch, dimana hasil produknya berbentuk powder.
2. Karakterisasi dan gambaran permukaan dari nanoenkapsulasi minyak daun jeruk purut yang dihasilkan melalui proses *freeze drying* berdasarkan hasil pengamatan SEM menunjukkan produk kapsul yang dihasilkan adalah berbentuk serpihan film, berongga, tidak beraturan dan terjadi 4 aglomerasi. Tetapi telah adanya interaksi antara minyak daun jeruk purut dengan starch sebagai bahan penyalut. Sedangkan, menggunakan GC-MS, dalam nanoenkapsulasi masih terdapat senyawa utama dari minyak daun jeruk purut.

6.2 Saran

Pembuatan nanoenkapsulasi sebaiknya dilakukan dengan metode *two step desolvation* dan *spry drying* yang dapat menghasilkan partikel dengan distribusi ukuran yang homogen, serta mampu menghasilkan produk enkapsulasi dengan dinding kapsul yang kuat, hal ini dikarenakan adanya penggunaan *agen cross-linking* yang berperan sebagai pengikat dan pengeras dinding kapsul.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M., and Dickinson, E. 2007. *Whey protein–maltodextrin conjugates asemulsifying agents: An alternative to gum arabic*. *Food Hydrocolloids*,21:607–616
- Bae, E.K., and Lee, S.J. 2008. *Microencapsulation of avocado oil by spray dryingusing whey protein and maltodextrin*.*Journal of Microencapsulation*,25:549-560.
- Chang, L.C. and Kinghorn, A.D.,(2001), '*Flavonoid as Cancer ChemopreventiveAgents*'. in : Trigali, C, *Bioactive Compounds from Natural Sources,Isolation, Characterisation and Biological Properties*, Taylor and Francis,New York.
- Dalimartha Setiawan. 2000.*Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Bogor : TrobusAgriwidya.
- De Leo, F dan Del Bosco, F.S.(2005). *Citrus Flavonoids as Bioactive Compounds:Role, Bioavailability, Socio-Economic Impact and BiotechnologicalApproach For Their Modification*, 9th ICABR International Conference on. *Agricultural Biotechnology: Ten Years Later*, Ravello, Italy.
- Daramola, B. and Osanyinlusi, S.A., *Investigation on Modification of CassavaStarch Using Active Components of Ginger Roots (Zingiber officinaleRoscoe)*, *African Journal of Biotechnology*, 2006, vol. 5, pp. 917-920.
- Daramola, B. dan Osanyinlusi, S.A.(2006). *Investigation on Modification ofCassava Starch Using Active Components of Ginger Roots*.*AfricanJournal of Biotechnology*. 5 (10): 917-920.
- Ezhilarasi, P.N., Karthik, P., Chhanwal, N., dan Anandharamakrishnan, C. 2012.*Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components : A Review*. *J Food Bioprocess Technol. Food and Bioprocess Technology* Volume 6, Issue 3, pp 628-647
- Fajri, I. 2002. *Mempelajari proses Pembuatan Tepung dari Whey Tahu denganPengering Semprot dan Pengering Beku serta Analisis Sifat Fungsional Tepung yang Dihasilkan*. [Program Pasca Sarjana]. Institut Pertanian Bogor.

- Fernandes, soraia vilela borges, diego alvarenga botrel, 2013. Gum arabic/starch/maltodekstrin/inulin as wall materials on the microencapsulatin of rosemary essential oil. *Food Scntence Department, Federal University of Lavaras, 3700-000 Lavaras, MG, Brazil.*
- Fortuna T., Juszczak L., and Palasiński M., *Properties of Corn and Wheat StarchPhosphates Obtained from Granules Segregated According to Their Size*, 2001, EJPAU, Vol. 4.
- Frank K dan Mark S.B. 1986. *Principles of Food Science Part II. PhysicalPrincoples of Food Preservation*. New York : Harper and Row Publisher.
- Ghosh, S. K. 2006. Fuctional Coating and Microencapsulation: A GeneralPerspective. In *Functional Coating by Polymer Microencapsulation*. Weinheim: WILEY-VCH VerlagGmbH & Co. KgaA
- Guo, X.M., Lu, Q., Liu, Z.J., Wang, L.F., dan Feng, B. A.(2006). 'Effects of Dlimonene on leukimia cells HL-60 and K562 in vitro', *Zhongguo Shi YanXue Ye Xue Za Zhi*. 14(4):692-5.
- Gunawan, Budi dan Azhari, D.A.2010. *karakterisasi spektrofotometri IR danscanning electron microscopy (SEM) sensor gas dari bahan polimer ethelyn glycol (PEG)*, ISSN: 1979-6870
- Hariyadi, P. 2013. *Freeze Drying Technology: For Better Quality And Flavor OfDried Products*. Food Review Indonesia , Vol. 8 (No. 2)
- Harper, J. C., Chichester, C. O., dan Roberts, T. E. 1962. *Freeze Drying ofFood. Dielectric Heating Applied to Dehydrated Food Production*. Jurnal of Agricultural Engineering, February, 78-90.
- Heldman, D. R., dan Singh, R. P. 1981. *Food Process Engineering* 2 nd. AviPublishing Company, Inc. Westport, Conecticut, USA.
- Ketaren, S., 1985, *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Kao, E.S., Hso, J.D., Wang, C.J., Yang, S.H., Cheng, S.Y., dan Lee, H.J., 2009, *Polyphenols extracted from Hibiscus sabdariffa L. inhibited lipopolysaccharide-induced inflammation by improving antioxidative condition and regulating Cyclooxygenase 2 expression*, *Biosci, Biotechnol, Biochem*, 73. 385-390.
- Lachman, L., Herbert, L., dan Joseph, L. K (1994). *Teori dan Praktek FarmasiIndustri* (2nd ed.). (S. Suyatmi, Trans.) Jakarta: UI Press.

- Liapis, A. I., dan R. Bruttini. 1995. *Freeze Drying*, p. 309-343. In arun S.Mujumdar (ed). *Handbook of Industrial Drying*. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Luthony, T., dan Rahmawati, Y., 1994, *Produksi Dan Perdagangan Minyak Atsiri*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Mujumdar, Arun S, 2006, *Handbook of Industrial Drying*, National University of Singapore, CRC Press Online.
- Patel R., Patel M., dan Suthar A., 2009, *Spray Drying Technology: an Overview*, Department of Pharmaceutics, S. K. Patel College of Pharmaceutical Education and Research, Ganpat University, India.
- Raina, C. S., S. Singh, A.S. Bawa, and D.C. Saxena, *Rheological Properties of Chemically Modified Rice Starch Model Solution*, *Journal of Food Process Engineering*, 2005, Vol. 29, pp. 134-148.
- Robinson, T., 1991, *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*, ITB, Bandung.
- Sumitra, onit.2003.*Mengidentifikasi Bahan Kemasan Alami*. Direktorat pendidikan menengah kejuruan direktorat jendral pendidikan dan dan menengah departemen pendidikan nasional.
- Selim, K. A., Khalil, K. , Abdel-Bary, M, and Abdel-Azeim, N. 2008. *Extraction, encapsulation and utilization of red pigments from roselle (Hibiscus sabdariffa L.) as natural food colourants*. Alex. J. Sci. & Technol. Special volume Conference, pp. 7-20.
- Soottitantawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M., Forsell, P., dan Partanen, R., 2004, *Effect of water activity on the release characteristics and oxidative stability of D limonene encapsulated by spray drying*, *J of Agric Food Chem*, 52:1269-1276.
- Stwarbick, J., dan Boylan, J.C. 1994. *Encyclopedia of pharmaceutical Technology*(vol.9). New York: Marcel Dekker, Inc. 2315-2338.
- Skoog, D.A., Donald, M.W., James, H., dan Stanley, R.C., 2000, *Fundamental of Analytical Chemistry*, Brooks Cole.
- Vistanty, Hany, 2010, *Pengeringan Pasta Susu Kedelai Menggunakan Pengering Unggun Terfluidakan Partikel Inert*. Magister Teknik Kimia Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

Yavus, Hulya and Ceyhun B., *Preparation and Biogradation of Starch/Polycaprolactone Film*. Journal of Polymer and the Environment, 2003, Vol. 11.

Zuidam, N. J., and Nedovic', V. A. 2010. *Encapsulation Technologies for ActiveFood Ingredients and Food Processing*. Ebooksclub.org. Springer Science.



LAMPIRAN-LAMPIRAN



Lampiran 1

PERHITUNGAN

1. Penentuan Rendemen Minyak Daun jeruk purut

Diketahui :

Berat piknometer kosong = 8,72 gram

Berat piknometer + air = 10,49 gram

Berat piknometer + minyak = 10,96 gram

Ditanyakan : rendemen minyak daun jeruk purut ?

Penyelesaian

$$\text{volume piknometer} = \frac{1}{\text{berat piknometer isi air} - \text{berat piknometer kosong}}$$

$$= \frac{1}{10,49 \text{ gram} - 8,72 \text{ gram}}$$

$$= 0,565$$

$$\rho \text{ minyak daun jeruk} = \frac{\text{berat piknometer isi minyak} - \text{berat piknometer kosong}}{\text{volume piknometer}}$$

$$= \frac{10,96 \text{ gram} - 8,72 \text{ gram}}{0,565}$$

$$= 3,133$$

Berat minyak daun jeruk purut = ρ minyak daun jeruk purut x volume minyak

$$= 3,133 \times 25 \text{ mL}$$

$$= 78,325 \text{ gram}$$

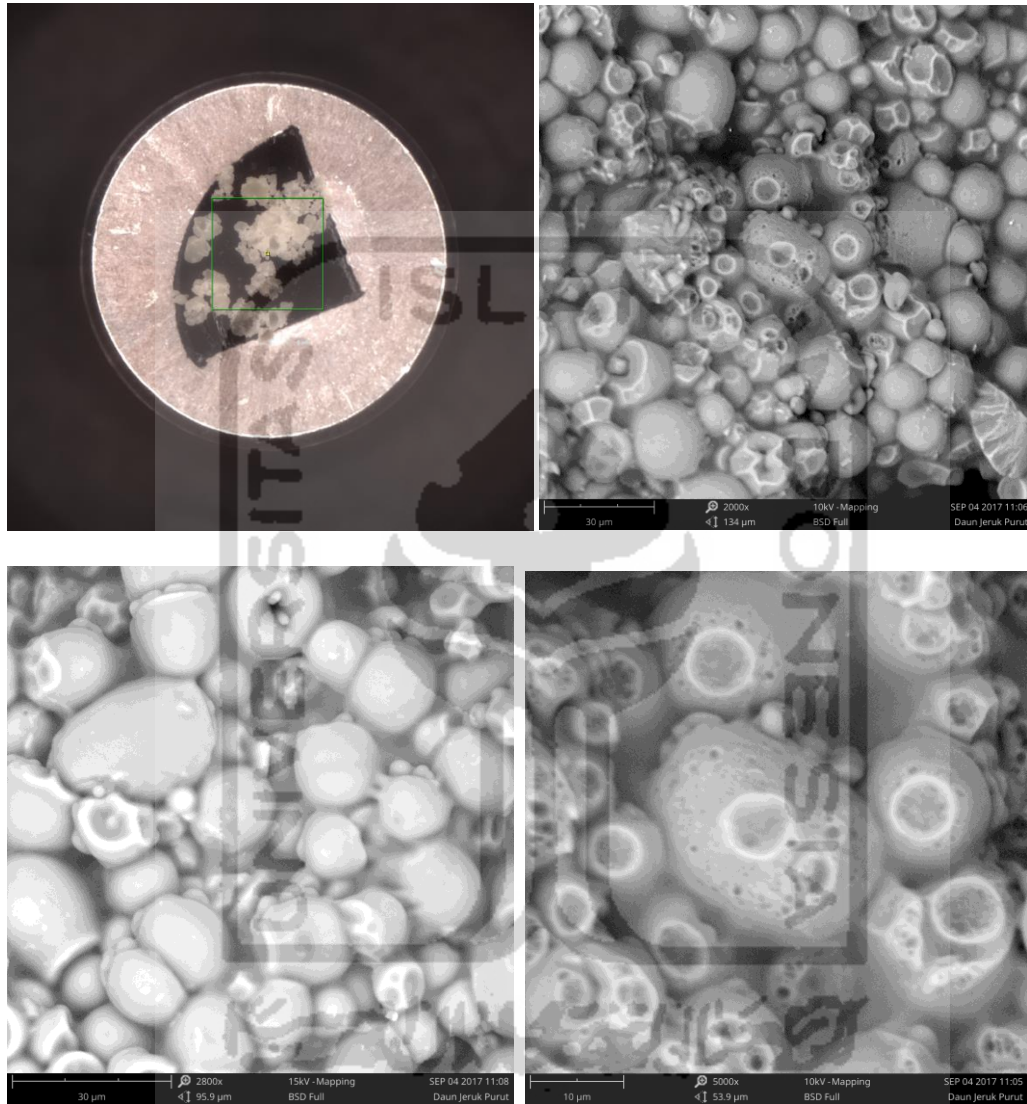
$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat minyak daun jeruk purut}}{\text{berat daun jeruk purut}} \times 100\%$$

$$= \frac{78,325 \text{ gram}}{7000 \text{ gram}} \times 100$$

$$= 1,119 \%$$

Lampiran 2

Hasil SEM



Lampiran 3

Hasil Kromatogram GC-MS

