

**MIKROENKAPSULASI KALIUM IODAT MENGGUNAKAN PENYALUT  
MALTODEKSTRIN DENGAN METODE SEMPROT KERING**

**EDFANO STIAWAN ARMAY  
0706197300**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI SARJANA FARMASI EKSTENSI  
DEPOK  
2010**

**MIKROENKAPSULASI KALIUM IODAT MENGGUNAKAN PENYALUT  
MALTODEKSTRIN DENGAN METODE SEMPROT KERING**

**Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi**

**Oleh :  
EDFANO STIAWAN ARMAY  
0706197300**



**DEPOK  
2010**

**SKRIPSI : MIKROENKAPSULASI KALIUM IODAT MENGGUNAKAN  
PENYALUT MALTODEKSTRIN DENGAN METODE  
SEMPROT KERING**

**NAMA : EDFANO STIAWAN ARMAY**

**NPM : 0706197300**

**SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI**

**DEPOK, JANUARI 2010**



**Sutriyo, MSi**

**PEMBIMBING I**



**Drs. Hayun, MSi**

**PEMBIMBING II**

<b>Tanggal Lulus Ujian Sidang Sarjana :</b>	8 Januari 2010
<b>Penguji I : Dr. Hasan Rachmat M</b>	.....
<b>Penguji II : Dr. Abdul Mun'im, MS</b>	.....
<b>Penguji III : Dr. Nelly D. Leswara</b>	.....

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur hanyalah untuk Allah SWT atas kuasa dan pertolongan-Nya dalam proses penyusunan skripsi ini. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW, sang teladan. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan rasa terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Ibu Dr. Yahdiana Harahap, MS selaku Ketua Departemen Farmasi FMIPA UI.
2. Bapak Dr. Abdul Mun'im, MSi selaku Ketua Program Sarjana Ekstensi Departemen Farmasi FMIPA UI.
3. Bapak Sutriyo, MSi selaku dosen pembimbing I dan Drs. Hayun, MSi selaku dosen pembimbing II atas bimbingan, saran, dan dukungan yang begitu besar selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Arry Yanuar, MSi selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan saran selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Farmasi FMIPA UI.
5. Seluruh dosen/staf pengajar Departemen Farmasi FMIPA UI atas ilmu pengetahuan, didikan, nasihat dan bantuan selama ini.

6. Keluargaku tercinta, Daddy, Mommy (alm.), Bang Nicko, Bang Doni, Bang Ocky, Dolly, Windy, dan Dita yang tak henti-hentinya memberikan semangat, dukungan dan doa.
7. Teman-teman KBI Farmasetika dan Kimia serta teman-teman angkatan 2007 program ekstensi farmasi atas kebersamaannya.
8. Seluruh teman-teman di Departemen Farmasi baik reguler maupun ekstensi atas saran, masukan dan dukungannya.
9. Seluruh karyawan dan laboran Departemen Farmasi atas begitu banyak bantuan selama penulis melakukan penelitian.
10. Teman-teman kosan Wisma Rizqullah atas saran, masukan dan dukungannya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.

Akhir kata, saya berharap Allah berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Penulis

2010

## ABSTRAK

Gangguan Akibat Kekurangan Iodium (GAKI) merupakan sekumpulan gejala atau kelainan yang ditimbulkan karena tubuh kekurangan iodium. Upaya penanggulangan masalah GAKI dapat dilakukan melalui suplementasi atau fortifikasi pangan dengan iodium. Masalah utama dalam fortifikasi pangan dengan iodium adalah tingkat kestabilan iodium yang rendah sehingga mudah mengalami penurunan kadar dan kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat mikrokapsul kalium iodat sebagai bahan baku dalam fortifikasi pangan menggunakan penyalut maltodekstrin dengan metode semprot kering. Mikrokapsul dibuat dalam tiga formula dengan konsentrasi kalium iodat sebesar 1%, 5%, dan 10% dari bobot penyalut. Evaluasi mikrokapsul yang dihasilkan meliputi bentuk dan morfologi, faktor perolehan kembali, distribusi ukuran partikel, kadar air, efisiensi penyerapan, kandungan zat aktif, dan uji stabilitas. Uji stabilitas dilakukan pada dua kondisi penyimpanan yaitu suhu kamar dan suhu 40°C dengan waktu penyimpanan selama 1 bulan. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyerapan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi kalium iodat yang digunakan dalam formula. Penurunan kadar kalium iodat dalam mikrokapsul pada suhu kamar lebih besar bila dibandingkan pada suhu 40°C.

Kata kunci: Iodium, kalium iodat, mikroenkapsulasi, semprot kering.

xi + 76 hal: gamb;tab;lamp

Bibliografi: 42 (1984-2009)

## ABSTRACT

Iodine Deficiency Disorders (IDD) is a group of symptoms or disorders caused due to iodine deficiency. In order to overcome the IDD problem can be done by supplementation or food fortification with iodine. The main problem in the fortification of food with iodine is the low stability of iodine that makes the decrease of the content and quality. The aim of this research was to produce microcapsules potassium iodate as raw material of food fortification using maltodextrin as an encapsulating agent by spray drying method. Microcapsules were made in three formulas with potassium iodate concentration of 1%, 5%, and 10% based on the weight of encapsulating agent. Evaluation of microcapsules included shape and morphology, recovery factor, particle size distribution, water content, entrapment efficiency, drug loading, and stability testing. Stability testing carried out at two storage conditions that were room temperature and 40°C during a month. The result showed that the entrapment efficiency decreased as followed by increasing the concentration of potassium iodate which used in the formula. The decrease of potassium iodate content in microcapsules at room temperature was bigger than at 40°C.

Keywords: Iodine, potassium iodate, microencapsulation, spray drying.

xi + 76 pages: figs; tabs; appendix

Bibliography: 42 (1984-2009)

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar belakang .....	1
B. Tujuan penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
A. Mikroenkapsulasi .....	4
B. Metode Semprot Kering .....	11
C. Iodium .....	14
D. Maltodekstrin .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	28
A. Bahan .....	28
B. Alat .....	28
C. Cara kerja .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
A. Hasil .....	36



B. Pembahasan .....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
A. Kesimpulan .....	51
B. Saran .....	51
DAFTAR ACUAN .....	52



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema bentuk mikrokapsul: (A) Mikrokapsul dengan satu inti. (B) Mikrokapsul dengan banyak inti .....	4
2. Pelepasan obat secara difusi pada sistem reservoir .....	7
3. Pelepasan obat secara difusi pada sistem matriks .....	8
4. Skema alat Spray Drying: (1) inlet udara kering + filtrasi; (2) pemanasan; (3) ruang desikasi; (4) cyclone; (5) penampung serbuk mikrosfer kering; (6) outlet udara + filtrasi; (A) larutan, suspensi dan emulsi untuk di semprot; (B) udara bertekanan atau nitrogen; (C) spray nozzle .....	12
5. Struktur Kimia Tetraiodotironin (tiroksin) dan triiodotironin .....	15
6. Struktur Kimia Maltodekstrin .....	25
7. (a) Kalium iodat standar, (b) Maltodekstrin, (c) Mikrokapsul formula I, (d) Mikrokapsul formula II, (e) Mikrokapsul formula III .....	56
8. Mikrofotograf perbesaran 1000x, (a) Kalium iodat, (b) Maltodekstrin, (c) Mikrokapsul formula I .....	57
9. Distribusi ukuran partikel mikrokapsul .....	58
10. Kurva serapan hasil reaksi antara larutan standar kalium iodat pada konsentrasi 5 $\mu\text{mol/L}$ dengan KI dalam suasana asam .....	59
11. Kurva kalibrasi larutan standar kalium iodat pada $\lambda$ maks 287 nm .....	59
12. Kurva uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu kamar setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	60
13. Kurva uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu 40°C setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	60
14. Kurva uji stabilitas standar kalium iodat setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	61

15. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula I setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	61
16. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula II setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	62
17. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula III setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	62
18. a) Alat semprot kering, b) Alat <i>Scanning Electron Microscope</i> , c) Alat <i>Particle Size Analyzer</i> , d) Spektrofotometri UV-Vis .....	63



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Angka Kecukupan Iodium yang Dianjurkan (WHO, UNICEF, dan ICCIDD) .....	18
2. Kelarutan senyawa Iodium dalam air .....	21
3. Penggunaan Maltodekstrin dalam Farmasetika .....	27
4. Formula mikrokapsul kalium iodat .....	29
5. Distribusi ukuran partikel mikrokapsul .....	64
6. Median dan rata-rata diameter ukuran partikel mikrokapsul .....	64
7. Faktor perolehan kembali pembuatan mikrokapsul kalium iodat dengan metode semprot kering .....	64
8. Hasil uji kadar air mikrokapsul .....	65
9. Data serapan larutan standar kalium iodat pada $\lambda$ maks 287 nm .....	65
10. Uji perolehan kembali (UPK) dan presisi larutan standar kalium iodat pada konsentrasi 5 $\mu\text{mol/L}$ .....	66
11. Efisiensi penyerapan kalium iodat dalam mikrokapsul .....	66
12. Uji perolehan kembali (UPK) kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul .....	67
13. Ringkasan hasil evaluasi mikrokapsul kalium iodat dari ketiga formula .....	67
14. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul formula I (1%) setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	68
15. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul formula II (5%) setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	68
16. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul formula III (10%) setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	69

17. Data uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu kamar setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	69
18. Data uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu 40°C setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	70
19. Persentase rata-rata penurunan kadar kalium iodat dalam mikrokapsul setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	70



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Distribusi ukuran partikel formula I .....	71
2. Distribusi ukuran partikel formula II .....	72
3. Distribusi ukuran partikel formula III .....	73
4. Perhitungan kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul .....	74
5. Perhitungan kadar kalium iodat dalam mikrokapsul setelah penyimpanan selama 4 minggu .....	75
6. Sertifikat analisis kalium iodat .....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Iodium merupakan salah satu mineral penting bagi kehidupan manusia karena iodium sangat diperlukan untuk pertumbuhan, perkembangan serta fungsi otak. Kebutuhan rata-rata per-orang dewasa perhari sangat sedikit yaitu 0,15 mg atau 150 µg (1). Kekurangan iodium dinyatakan sebagai gangguan akibat kekurangan iodium (GAKI) (2). Kekurangan iodium akan mengalami gangguan fisik maupun mental mulai dari yang ringan sampai berat. Gangguan pertumbuhan fisik antara lain mencakup penyakit gondok, badan kerdil, gangguan motorik seperti kesulitan untuk berdiri atau berjalan normal, bisu tuli atau mata juling. Sedangkan gangguan mental termasuk berkurangnya kecerdasan (1).

Pada umumnya kekurangan iodium pada manusia merupakan akibat dari kekurangan iodium dalam tanah tempat tinggal mereka karena iodium tidak dapat diproduksi oleh tubuh seperti halnya besi, kalsium atau vitamin (3, 4). Iodium diperoleh dari luar tubuh secara alamiah melalui serapan dari iodium yang terkandung dalam makanan dan minuman (5). Perbedaan tanah, pupuk, dan lingkungan akan memproduksi hasil pertanian dengan kadar iodium berbeda-beda (3). Salah satu upaya penanggulangan kekurangan

iodium ialah melalui fortifikasi bahan pangan dengan iodium atau dikenal dengan istilah fortifikasi iodium.

Fortifikasi iodium adalah penambahan iodium dalam jumlah tertentu pada suatu produk pangan sedemikian rupa sehingga produk tersebut dapat berfungsi sebagai sumber penyedia iodium, terutama bagi masyarakat yang kekurangan iodium (6). Berbagai cara telah dilakukan antara lain, fortifikasi iodium pada garam, fortifikasi iodium pada air minum, suplementasi iodium pada hewan, suntikan minyak iodium dan suplementasi kapsul iodium. Penggunaan masing-masing metode sangat tergantung dari tingkat masalah yang ada (8).

Iodium merupakan salah satu mineral yang bersifat sensitif terhadap panas dan cahaya (8). Kandungan iodium yang ditambahkan ke dalam bahan pangan dapat mudah menghilang atau berkurang. Kehilangan iodium dapat disebabkan peningkatan oksidasi iodida oleh kandungan air, kelembapan, pemaparan terhadap panas dan cahaya, atau pengotor-pengotor yang terdapat di dalam garam (7). Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu metode yang dapat meningkatkan stabilitas iodium terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan kadar iodium dalam garam beriodium dan makanan.

Mikroenkapsulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Mikroenkapsulasi adalah suatu cara penyalutan tipis pada partikel kecil zat padat, tetesan cairan atau dispersi (10). Mikroenkapsulasi bertujuan untuk mencegah rusaknya bahan



yang reaktif terhadap pengaruh lingkungannya seperti panas, cahaya dan reaksi kimia.

Pada penelitian ini akan dilakukan mikroenkapsulasi kalium iodat ( $KIO_3$ ) sebagai sumber iodium menggunakan penyalut maltodekstrin dengan metode *spray dryer* atau semprot kering. Maltodekstrin merupakan bahan penyalut yang umum digunakan pada industri makanan dan farmasi. Sedangkan metode semprot kering merupakan suatu metode pengeringan yang prosesnya mudah dan cepat serta dapat digunakan untuk skala yang besar. Melalui penelitian ini diharapkan akan menghasilkan mikrokapsul kalium iodat yang lebih stabil dengan menyediakan pembatas fisik (*physical barrier*) antara iodium dengan keadaan lingkungan (11).

## **B. TUJUAN PENELITIAN**

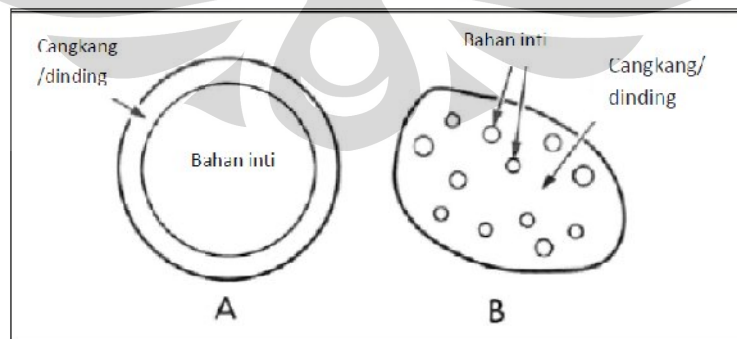
1. Membuat mikrokapsul kalium iodat menggunakan penyalut maltodekstrin dengan metode semprot kering.
2. Mengetahui stabilitas mikrokapsul kalium iodat pada kondisi penyimpanan suhu kamar dan suhu 40°C dengan waktu penyimpanan selama 1 bulan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. MIKROENKAPSULASI

Mikroenkapsulasi adalah suatu cara penggunaan penyalut yang relatif tipis pada partikel-partikel kecil zat padat atau tetesan cairan dan dispersi (10). Istilah mikroenkapsulasi telah diartikan secara umum meliputi mikrokapsul, mikropartikel, nanokapsul, atau zat aktif yang terperangkap atau terperap. Mikrokapsul dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan keberadaan bahan inti (partikel padat atau tetesan cairan) yang didistribusikan ke dalam sistem, yaitu bahan inti sebagian besar terkonsentrasi di tengah dikelilingi oleh lapisan yang kontinu dari bahan penyalut (tipe reservoir) dan bahan inti tersebar merata diseluruh matriks (tipe matriks) (12). Ukuran partikel yang dihasilkan dari mikroenkapsulasi berkisar 1 hingga 1000  $\mu\text{m}$  (13).



Gambar 1. Skema bentuk mikrokapsul: (A) Mikrokapsul dengan satu inti. (B) Mikrokapsul dengan banyak inti (14).

Tujuan utama dan keuntungan dari mikroenkapsulasi antara lain (15):

1. Melindungi zat aktif terhadap faktor eksternal, seperti suhu, kelembaban, interaksi dengan senyawa lain atau radiasi UV.
2. Mengurangi penguapan atau menurunkan kecepatan pelepasan zat aktif dari kapsul ke lingkungan.
3. Menutupi sifat tertentu dari zat aktif, seperti bau, rasa, sifat katalitik.
4. Melindungi zat aktif terhadap keadaan lingkungan yang tidak terkendali, seperti racun pestisida.

Teknologi mikroenkapsulasi juga masih memiliki banyak permasalahan, antara lain (10):

1. Tidak ada satu proses mikroenkapsulasi yang dapat diterapkan untuk semua bahan obat atau bahan inti.
2. Kesulitan dalam proses penyalutan, seperti penyalutan tidak sempurna
3. Stabilitas bahan obat yang kurang memadai.
4. Karakter pelepasan dari produk tersalut yang tidak tetap dan tidak dapat diproduksi kembali.
5. Keterbatasan biaya dalam mengaplikasikan metode mikroenkapsulasi.

### **1. Bahan Pembentuk Mikrokapsul**

Pada prinsipnya ada tiga bahan yang dapat terlibat dalam proses mikroenkapsulasi, yaitu (10, 14, 16):

### 1. Bahan inti

Inti adalah bahan spesifik yang akan dilapisi, dapat berupa bahan padat atau cair. Komposisi material inti dapat bervariasi, misalnya pada bahan inti cair dapat terdiri dari bahan terdispersi atau terlarut. Sedangkan bahan inti padat dapat berupa zat tunggal atau campuran zat aktif dengan bahan pembawa lain seperti stabilisator, pengencer, pengisi, penghambat atau pemacu pelepasan bahan aktif dan sebagainya. Bahan inti yang digunakan sebaiknya tidak bereaksi dengan bahan penyalut dan pelarut yang digunakan.

### 2. Bahan Penyalut

Bahan penyalut yang digunakan untuk mikroenkapsulasi harus mampu memberikan suatu lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti, dapat bercampur secara kimia dan tidak bereaksi dengan bahan inti (bersifat inert), serta dapat memberikan sifat penyalutan yang diinginkan seperti kekuatan, fleksibilitas, impermeabilitas, sifat-sifat optik, dan stabilitas. Selain itu, bahan penyalut yang digunakan mudah diperbaiki pada keadaan dan batas tertentu. Bahan penyalut yang digunakan dapat berupa polimer alam, semi sintetik maupun sintetik.

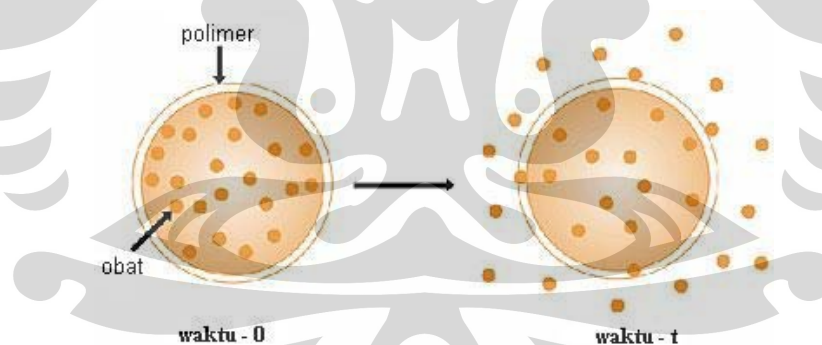
### 3. Pelarut

Pelarut adalah bahan yang digunakan untuk melarutkan bahan penyalut dan mendispersikan bahan inti. Pemilihan pelarut biasanya berdasarkan sifat kelarutan dari bahan inti dan bahan penyalut, sehingga pelarut yang digunakan tersebut tidak atau hanya sedikit melarutkan bahan

inti tetapi juga dapat melarutkan bahan penyalut. Untuk melarutkan penyalut juga dapat digunakan pelarut tunggal atau campuran.

## 2. Mekanisme Pelepasan Obat dalam Mikrokapsul

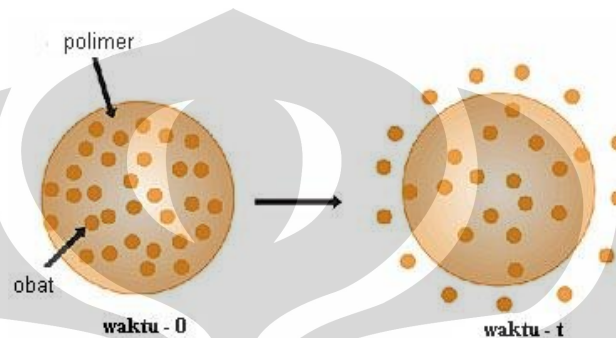
Pelepasan obat dalam mikrokapsul berhubungan erat dengan dengan polimer yang digunakan. Sistem pelepasan polimerik dapat diklasifikasikan menjadi sistem reservoir dan sistem matriks. Pada sistem reservoir, obat terdapat dalam inti yang dikelilingi oleh polimer yang dibentuk sebagai *diffusion barrier*. Pelepasan obat terjadi melalui disolusi ke dalam polimer dan kemudian difusi melalui dinding polimer. Membran polimer yang digunakan menentukan kecepatan pelepasan obat dari sistem (17).



Gambar 2. Pelepasan obat secara difusi pada sistem reservoir (18).

Pada sistem matriks, obat secara seragam terlarut dan terdispersi di dalam polimer. Pada sistem ini, pelepasan obat difasilitasi oleh disolusi yang bertahap dari matriks dan dikendalikan oleh kelarutan dan porositas matriks.

Sistem matriks dapat memberikan pelepasan obat yang tidak konstan, karena dengan meningkatnya jarak difusi menyebabkan molekul obat yang berada di bagian tengah membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berdifusi keluar dari matriks (19).



Gambar 3. Pelepasan obat secara difusi pada sistem matriks (18).

### 3. Metode Pembuatan Mikrokapsul

Metode mikroenkapsulasi yang saat ini sedang diterapkan di bidang farmasi meliputi suspensi udara, pemisahan fase koaservasi, semprot kering dan beku, panci penyalut serta teknik penguapan pelarut (10).

#### 1. Suspensi Udara

Prinsip metode ini adalah partikel inti didispersikan kedalam arus udara panas dan pada tempat-tempat tertentu mengalami penyalutan oleh larutan penyalut yang disemprotkan secara suspensi. Inti yang digunakan pada metode suspensi udara harus tahan terhadap panas (17).

## 2. Koaservasi

Prinsip metode ini adalah menurunkan solubilitas polimer dengan penambahan senyawa non pelarut. Pada titik tertentu, akan terbentuk dua fase cair, yang terdiri dari larutan polimer dan fase cair supernatan. Zat aktif akan dilarutkan atau didispersikan ke dalam larutan polimer dan akan terjerap di dalamnya (17). Metode koaservasi meliputi tiga tahapan yang dilakukan dibawah pengocokan terus-menerus, yaitu: pembentukan tiga fase kimia yang tidak tercampurkan (fase cairan pembawa, fase bahan inti dan fase bahan penyalut), penempatan larutan polimer penyalut pada bahan inti, dan pengerasan penyalut.

Berdasarkan jumlah polimer yang terlibat, koaservasi dibagi menjadi dua yaitu koaservasi sederhana yang hanya melibatkan satu polimer (contoh: gelatin, PVA, CMC) dan koaservasi kompleks yang melibatkan dua polimer hidrofilik yang muatannya berlawanan (contoh: sistem gelatin-gom arab) (13).

## 3. Penguapan Pelarut

Prinsipnya adalah emulsifikasi obat yang terdapat dalam larutan polimer ke dalam medium pendispersi. Pada metode ini bahan penyalut dilarutkan dalam pelarut organik yang mudah menguap dan tidak bercampur dengan fase pembawa, kemudian bahan inti yang akan dimikroenkapsulasi dilarutkan atau didispersikan ke dalam larutan polimer. Selanjutnya campuran bahan inti dan penyalut didispersikan ke dalam fase pembawa untuk

membentuk emulsi dan pelarut diuapkan sehingga terbentuk mikrokapsul. Penguapan pelarut dapat dilakukan dengan pemanasan, penurunan tekanan, pengadukan, pendinginan atau pembekuan (10, 14).

#### 4. Penyalutan dalam Panci

Dalam metode ini penyalut dilarutkan dalam pelarut organik yang mudah menguap. Larutan tersebut disebarkan pada permukaan partikel inti yang berada pada panci penyalut yang berputar. Hasil yang didapat pada metode ini dikeringkan dengan udara panas (17).

#### 5. Semprot Kering

Semprot kering merupakan proses satu tahap dalam sistem tertutup yang dapat diaplikasikan pada berbagai material secara luas (13). Proses semprot kering berjalan secara kontinu yang melibatkan kombinasi beberapa tahap yaitu atomisasi, pencampuran udara dan penyemprotan, penguapan dan pemisahan produk (12). Prinsip metode ini adalah obat dilarutkan atau disuspensikan dalam pelarut yang cocok (air atau non-air) yang mengandung material polimer. Larutan atau suspensi diatomisasi kedalam ruang dengan udara bertekanan dan tetesan-tetesan hasil atomisasi tersebut dikeringkan oleh gas pembawa yang dipanaskan (13). Mikrokapsul yang dihasilkan biasanya mempunyai ukuran partikel yang sangat kecil ( $<100 \mu\text{m}$ ) (16). Metode ini akan dibahas selengkapnya pada poin B.



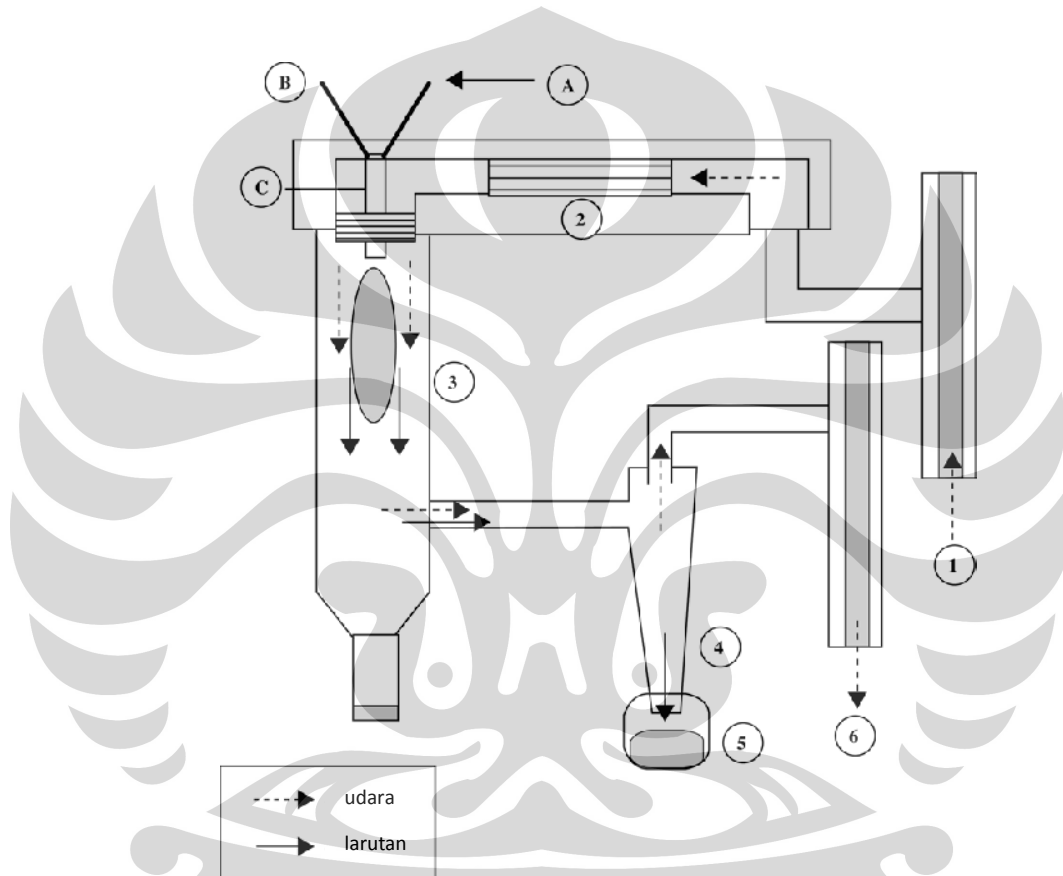
## B. METODE SEMPROT KERING

### 1. Formulasi Sediaan Mikrokapsul

Langkah pertama dalam proses enkapsulasi semprot kering adalah emulsifikasi atau dispersi bahan inti ke dalam larutan penyalut (14). Proses berawal dengan persiapan larutan matriks yang mana bahan aktif untuk dienkapsulasi akan dimasukkan. Matriks dipilih berdasarkan pada penggunaan akhir mikrokapsul yang dilarutkan dalam pelarut dimana bahan aktif inti biasanya tidak larut/*water-insoluble* (padat) atau tidak bercampur/*water-immiscible* (cair) (12). Bahan penyalut umumnya adalah polimer yang larut air seperti gum arab atau pati termodifikasi (14). Bahan aktif inti kemudian ditambahkan ke dalam larutan penyalut. Pengadukan yang kuat akan membentuk dispersi (untuk bahan inti padat) dan emulsi (untuk bahan inti cair) (12).

Campuran bahan inti dan penyalut (dispersi atau emulsi) dialirkan kedalam alat semprot kering, dimana proses pengeringan memberikan beberapa tahapan, yaitu: pertama, campuran bahan inti dan penyalut diubah ke dalam bentuk droplet dengan atomiser. Kedua, udara panas mengalir bersamaan atau berlawanan arah sehingga terjadi penguapan pelarut pada partikel hasil atomisasi. Oleh karena semprot kering merupakan proses yang sangat cepat, komposisi fisik dari droplet dapat dilihat dan ditentukan berdasarkan struktur serbuk partikel yang dihasilkan. Partikel kering terdiri

dari matriks di mana bahan inti terdispersi dengan ukuran mikron di dalamnya. Partikel kering kemudian jatuh ke bawah melewati medium gas pengering dan dikumpulkan (12).



Gambar 4. Skema alat Spray Drying: (1) inlet udara kering + filtrasi; (2) pemanasan; (3) ruang desikasi; (4) cyclone; (5) penampung serbuk mikrosfer kering; (6) outlet udara + filtrasi; (A) larutan, suspensi dan emulsi untuk di semprot; (B) udara bertekanan atau nitrogen; (C) spray nozzle. (20)

## 2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Semprot Kering

Kelebihan dari metode semprot kering adalah teknologinya sudah banyak dikuasai sehingga mudah diperoleh, mampu memproduksi mikrokapsul dalam jumlah besar, bahan penyalut yang cocok untuk semprot kering juga layak sebagai bahan makanan, dan bahan penyalut yang digunakan larut dalam air sehingga dapat melepaskan bahan inti tanpa ada bahan penyalut yang mengendap (14). Bahan inti yang sensitif panas dapat disalut dengan menggunakan metode ini karena pemaparan pada temperatur yang tinggi sangat singkat, biasanya rentang dari 5 hingga 30 detik (17). Meskipun temperatur udara tinggi (berkisar 160° hingga 280°C) dalam ruangan pengeringan, penguapan air yang cepat dari bahan penyalut menjaga temperatur inti dibawah 100 °C (16).

Metode semprot kering memiliki beberapa masalah dan keterbatasan, misalnya apabila air dipilih sebagai pelarut, mikroenkapsulasi terbatas hanya untuk bahan penyalut yang larut atau terdispersi dalam air. Bahan penyalut dengan sifat tersebut terbatas karena beberapa jenis bahan penyalut membentuk larutan yang terlalu kental untuk disemprot melalui *nozzle*. Keterbatasan lainnya adalah mikrokapsul hanya membawa kurang lebih 20-30% material inti. Masalah yang sering terjadi adalah bahan inti yang bebas atau muncul di permukaan mikrokapsul (14).

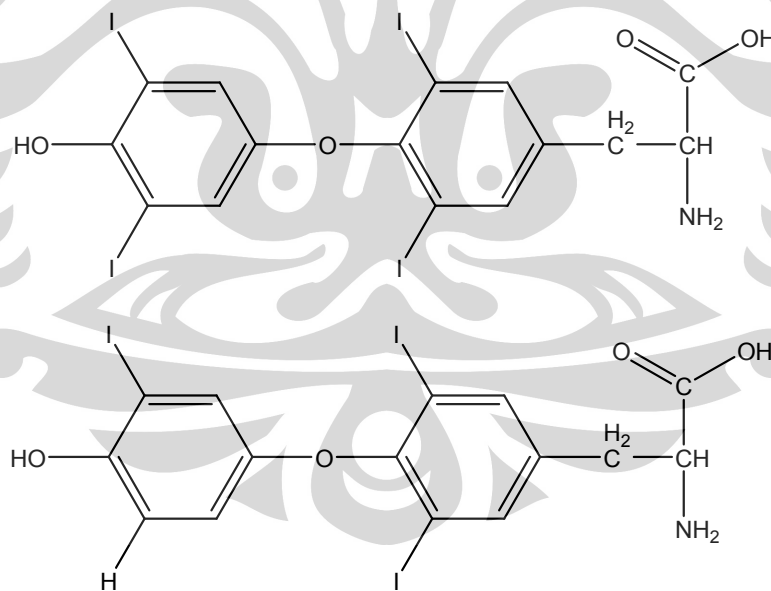
## C. IODIUM

### 1. Aspek Farmakologi

Iodium merupakan bagian dari hormon tiroid yaitu tiroksin tetraiodotironin ( $T_4$ ) dan triiodotironin ( $T_3$ ) (21). Iodium ada di dalam tubuh dalam jumlah sangat sedikit, yaitu sebanyak kurang lebih 0,00004% dari berat badan atau sekitar 15 – 25 mg. Sekitar 75% iodium ini ada dalam kelenjar tiroid, yang digunakan untuk mensintesis hormon tiroksin atau tetraiodotironin ( $T_4$ ) dan triiodotironin ( $T_3$ ). Hormon-hormon ini diperlukan untuk pertumbuhan normal, perkembangan fisik dan mental hewan dan manusia (2).

Iodium dalam makanan berupa iodida, iodium, dan kompleks iodium; kemudian diubah menjadi iodida sebelum diserap oleh usus halus. Setelah diabsorpsi iodida akan masuk ke aliran darah dan diserap oleh kelenjar tiroid sebanyak 1/3 dan sisanya diekskresikan melalui ginjal, pernapasan, dan feses. Penyerapan iodida oleh kelenjar tiroid melalui suatu sistem transportasi aktif, yaitu suatu sistem penyerapan yang membutuhkan energi dan disebut '*iodine pump*'. Proses penyerapan ini diatur oleh hormon *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH). Iodida yang terdapat di kelenjar tiroid kemudian dilepas di koloid yang terdapat antara sel-sel tiroid dan di oksidasi oleh hidrogen peroksidase yang berasal dari *thyroid peroxidase system* (8). Di dalam kelenjar tiroid iodida di oksidasi dengan cepat menjadi iodium dan

terikat pada molekul tirosin dari *thyroglobulin* (22). *Thyroglobulin* merupakan glukoprotein yang mengandung asam amino-iodium dan merupakan tempat penyimpanan  $T_4$  dan sekitar 90 % iodium berada di kelenjar. Enzim itu juga membantu pembentukan monoiodotirosin (MIT) dan diiodotirosin (DIT) dengan penggabungan iodium kedalam residu tirosil dari *thyroglobulin*. Penggabungan oksidatif berikutnya dari iodotirosin ke dalam hormon tiroid membentuk tiroksin ( $T_4$ ) dan triiodotironin ( $T_3$ ) juga dilaksanakan oleh peroksidase yang sama (23). Enzim proteolitik akan melepaskan  $T_4$  dan  $T_3$  ke darah, sedangkan iodotirosin yang tidak terpakai akan dikembalikan ke *thyroglobulin* (8).



Gambar 5. Struktur Kimia Tetraiodotironin (tiroksin) dan triiodotironin

Konsentrasi hormon tiroid didalam darah diatur oleh hipotalamus melalui pengontrolan pengeluaran hormon TSH yang dikeluarkan kelenjar pituitari. Sekresi TSH juga dikontrol oleh hormon yang mengeluarkan tirotrofin atau *Tyrotropin Releasing Hormone* (TRH) yang juga dikeluarkan oleh hipotalamus (2). TSH di kelenjar gondok akan melepaskan residu iodium-tirosin dari protein. Residu iodium kemudian diubah menjadi  $T_4$  dan  $T_3$  yang dalam darah berada dalam perbandingan 4 : 1. Di antara dua bentuk hormon tersebut  $T_3$  lebih aktif.  $T_4$  dapat diubah menjadi  $T_3$  dengan melepaskan satu iodium. Proses perubahan  $T_4$  menjadi  $T_3$  memerlukan bantuan selenium (8).

Fungsi utama hormon tiroid adalah untuk mengatur pertumbuhan dan perkembangan. Hormon tiroid mengontrol kecepatan tiap sel menggunakan oksigen. Dengan demikian, hormon tiroid mengontrol kecepatan pelepasan energi dari zat gizi yang menghasilkan energi. Tiroksin dapat merangsang metabolisme sampai 30%. Di samping itu, kedua hormon ini mengatur suhu tubuh, reproduksi, pembentukan sel darah merah serta fungsi otot dan saraf. Iodium berperan pula dalam perubahan karoten menjadi bentuk aktif vitamin A, sintesis protein dan absorpsi karbohidrat dalam saluran cerna. Iodium berperan pula dalam sintesis kolesterol darah (2).

Iodium tidak dapat diproduksi oleh tubuh dan tumbuhan seperti halnya besi, kalsium, dan vitamin. Iodium terdapat pada tanah dan masuk ke tumbuhan yang tumbuh di atasnya (4). Iodium banyak ditemukan dalam susunan batu, tanah tertentu dan dalam air laut. Kadarnya di dunia anorganik

sangat beragam, kadar iodium rata-rata di udara  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , di dalam tanah  $300 \mu\text{g}/\text{kg}$ , air tawar  $5 \mu\text{g}/\text{liter}$ , dan di air laut  $50 \mu\text{g}/\text{liter}$  (22).

Iodium diperoleh dari luar tubuh (secara alamiah) melalui serapan dari iodium yang terkandung dalam makanan dan minuman (5). Kandungan iodium dalam bahan makanan sangat bervariasi, tetapi sumber bahan makanan yang berasal dari laut merupakan sumber iodium terbaik. Ikan yang berasal dari laut mengandung iodium hampir 30 kali lipat dibandingkan ikan air tawar. Sumber iodium yang berasal dari tanaman lebih banyak terdapat pada sayuran daun dibandingkan dengan bagian umbi. Selain bahan makanan, iodium dapat diperoleh dari garam yang telah difortifikasi dengan iodium (8).

Mineral (iodium) ini dibutuhkan sejumlah  $100\text{-}300 \mu\text{g}/\text{hari}$  dan sampai dengan  $1 \text{ mg}/\text{hari}$  mungkin dikonsumsi dengan aman. Kebutuhan iodium meningkat pada anak yang sedang tumbuh dan wanita pada masa hamil dan laktasi (21). Jumlah kebutuhan iodium setiap hari untuk mencegah terjadinya defisiensi tergantung dari umur dan kondisi fisiologi, tetapi tidak dipengaruhi jenis kelamin. Ibu hamil dan menyusui memerlukan jumlah yang lebih banyak dibandingkan kelompok umur yang lain. Angka kecukupan iodium setiap harinya sangat kecil yaitu antara  $90 \mu\text{g} - 200 \mu\text{g}/\text{hari}$  tergantung dari kelompok umur dan kondisi fisiologinya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 (8).

Tabel 1. Angka Kecukupan Iodium yang Dianjurkan (WHO, UNICEF, dan ICCIDD)

Kelompok Umur atau Kondisi	Iodium ( $\mu\text{g}/\text{hari}$ )
0 – 5 tahun	90
6 – 12 tahun	120
12 tahun ke atas	150
Ibu hamil dan menyusui	200

Sumber: WHO, 1996 (8)

Keadaan defisiensi iodium mengakibatkan terjadinya hiperplasia dan hipertrofi kelenjar tiroid (goiter endemik) (21). Bila tubuh kekurangan iodium, kadar tiroksin dalam darah menjadi rendah. Kadar tiroksin rendah akan merangsang kelenjar pituitary untuk memproduksi lebih banyak hormon TSH (*Tyroid Stimulating Hormon*) (3). Hormon TSH meningkat agar kelenjar tiroid mampu menyerap lebih banyak iodium. Bila kekurangan berlanjut, sel kelenjar tiroid membesar dalam usaha meningkatkan pengambilan iodium oleh kelenjar tersebut. Bila pembesaran ini menumpuk dinamakan gondok sederhana. Bila terdapat secara meluas di suatu daerah di namakan gondok endemik (2).

Gejala kekurangan iodium adalah malas dan lamban, kelenjar tiroid membesar, pada ibu hamil dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan janin, dan dalam keadaan berat bayi lahir dalam keadaan cacat mental yang permanen serta hambatan pertumbuhan yang dikenal dengan kretinisme. Seorang anak yang menderita kretinisme mempunyai



bentuk tubuh yang abnormal dan IQ sekitar 20. Kekurangan iodium pada anak-anak menyebabkan kemampuan belajar yang rendah (2).

Suplemen iodium dalam dosis terlalu tinggi dapat menyebabkan pembesaran kelenjar tiroid, seperti halnya kekurangan iodium. Dalam keadaan berat hal ini dapat menutup jalan pernapasan sehingga menimbulkan sesak napas (2).

## 2. Sifat dan Karakteristik Iodium

Iodium merupakan keping atau granul yang berat dan memiliki warna hitam keabu-abuan, mempunyai bau yang khas dan berkilau seperti metal. Iodium sangat sukar larut dalam air, mudah larut dalam karbon disulfida, dalam kloroform, dan dalam eter serta larut dalam etanol dan dalam larutan iodida (24).

Iodium tergolong dalam kelompok halogen, oleh karena itu tidak ditemukan dalam keadaan bebas di alam. Tingkat oksidasi yang umum untuk iodium adalah -1, +5, +7 yang masing-masing dikenal sebagai iodida, iodat, dan periodat. Berat molekul iodium adalah 126,9 dengan titik didih 184°C. Iodium hanya sedikit larut dalam dalam air mencapai 0,34 g/L pada suhu 25°C. Iodium dapat bereaksi dengan beberapa logam tetapi tidak dapat bereaksi dengan emas, platina, atau logam mulia lainnya (25).

Pasangan redoks iodium-iodida ( $I_2/I^-$ ) mempunyai daya oksidasi yang tidak begitu tinggi. Paro-reaksi nya sebagai berikut:



Harga potensial elektrodanya menunjukkan bahwa iodium adalah oksidator lemah dan ion iodida adalah reduktor yang agak lemah. Ini berarti bahwa pasangan redoks  $I_2/I^-$  dapat digunakan untuk penentuan oksidator dan reduktor, sesuai dengan bagan reaksi berikut:



Reaksi ini berjalan kearah kanan jika pasangan redoks yang akan ditentukan mempunyai potensial yang lebih rendah dari +0,54 V (iodium mengoksidasi bentuk tereduksi dari pasangan redoks yang akan ditentukan). Jika potensialnya lebih tinggi, maka reaksi akan berlangsung ke arah kiri (bentuk teroksidasi dari pasangan redoks itu akan mengoksidasi ion iodida) (26). Dalam proses analitis, iodium digunakan sebagai zat pengoksid (iodimetri) dan ion iodida digunakan sebagai zat pereduksi (iodometri) (27).

Iodium merupakan salah satu mineral yang bersifat sensitif terhadap panas dan cahaya (8). Kandungan iodium yang ditambahkan ke dalam bahan pangan dapat mudah menghilang atau berkurang. Kehilangan iodium dapat disebabkan peningkatan oksidasi iodida oleh kandungan air, kelembapan, pemaparan terhadap panas dan cahaya, atau pengotor-pengotor yang terdapat di dalam garam (7). Disamping itu, ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakstabilan iodium dalam garam beriodium dan makanan antara lain lama penyimpanan, kelembaban relatif (RH), pH, suhu, penambahan bahan kimia (kalsium fosfat dan ferro sulfat), proses

pemasakan/pemanasan dan cara penambahan garam beriodium ke dalam sediaan makanan (9).

Ada dua bentuk kimia dari iodium yang sesuai untuk penggunaan sebagai fortifikan pangan, yaitu iodat dan iodida. Keduanya biasanya ditambahkan sebagai garam kalium, kadang-kadang sebagai garam natrium atau kalsium (7). Kalium iodida dan kalium iodat merupakan senyawa yang umum digunakan sebagai sumber iodium pada fortifikasi bahan pangan khususnya pada garam.

Tabel 2. Kelarutan senyawa iodium dalam air

Nama	Rumus Kimia	% Iodium	Kelarutan dalam Air (g/L)				
			0°C	20°C	30°C	40°C	60°C
Iodium	I <sub>2</sub>	100	-	-	0,3	0,4	0,6
Kalium Iodida	KI	76,5	1280	1440	1520	1600	1760
Kalium Iodat	KIO <sub>3</sub>	59,5	47,3	81,3	117	128	185

Sumber: Mannar and Dunn (1995) (28).

Kalium iodida (KI) sangat mudah larut dalam air. Dalam sebagian besar garam yang tidak murni, kalium iodida sangat tidak stabil oleh karena oksidasi dan migrasi, kemudian menyusul dengan penguapan. Oksidasi iodium terjadi jika kondisi penyimpanan yang lembab atau bercampur dengan udara, paparan terhadap sinar matahari atau panas, adanya pengotor atau uap air dalam garam, atau dalam lingkungan yang asam. Kehilangan yodium berkurang ketika garam yang di iodisasi dengan kalium iodida sangat murni

(halus) (>99,5%) dan kering (kelembaban <0,1%), serta dengan penambahan penstabil dan zat pengering (28).

Kalium iodida lebih murah daripada kalium iodat dan persentase berat iodium juga lebih besar. Namun, biaya keseluruhan mungkin lebih tinggi jika digunakan dalam garam yang tidak murni karena ketidakstabilannya dibandingkan dengan kalium iodat (28). KI hanya digunakan di negara-negara maju dengan iklim yang relatif dingin dan kelembapan udara yang rendah (4).

Kalium iodat ( $KIO_3$ ) kurang larut di dalam air daripada kalium iodida, lebih tahan terhadap oksidasi dan penguapan, dan lebih stabil di bawah kondisi iklim yang tidak menguntungkan, serta tidak memerlukan penambahan penstabil. Walaupun lebih mahal,  $KIO_3$  lebih disukai daripada KI, terutama di iklim panas dan lembab, dan direkomendasikan sebagai tambahan untuk pangan, termasuk garam (7).

Kalium iodat sebenarnya merupakan senyawa yang stabil bila dalam keadaan murni. Tetapi dalam penggunaannya untuk iodisasi garam kalium iodat sudah tidak dalam keadaan murni lagi karena sudah bercampur dengan garam beserta zat-zat lain yang terkandung di dalamnya. Seperti diketahui kalium iodat merupakan zat pengoksidasi (oksidator) kuat, maka adanya zat pereduksi (reduktor) dalam garam akan menyebabkan suatu reaksi yang menguraikan  $KIO_3$  dan membebaskan  $I_2$  yang berupa gas ke udara bebas. Reaksi ini dipercepat dengan suasana asam dari pengotor-pengotor dalam

garam. Kandungan air yang cukup tinggi merupakan pendorong terjadinya reaksi ini sebagai mediana (29).

### 3. Analisis Kandungan Iodium

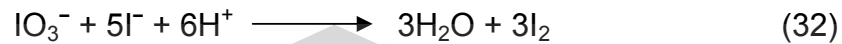
Ada beberapa metode analisis yang dapat digunakan dalam menentukan kandungan iodium dalam sampel. Sampel yang akan di analisa dapat berupa garam, bumbu dapur, atau bahan pangan lainnya yang sudah di fortifikasi dengan iodium ( $KIO_3$ ). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa metode analisis yang dapat digunakan antara lain titrasi iodometri (30), HPLC pasangan ion (9), *X-Ray Fluorescences* (31), *Neutron Activation Analysis* (11), dan spektrofotometri (32).

Beberapa prosedur analisis iodium di atas tampaknya kurang adekuat untuk analisis rutin yang mana membutuhkan beberapa langkah yang sulit dari perlakuan sampelnya dan/atau prosedur analisisnya sangat kurang teliti walaupun sensitif (32).

Metode spektrofotometri merupakan sebuah alternatif baru, sensitif dan mudah yang diperkenalkan untuk menentukan kandungan iodat dalam garam. Metode ini hanya membutuhkan sejumlah kecil garam dalam pembuatan larutan (0,1-0,2 g), terutama berguna untuk menentukan homogenitas dari distribusi iodat dalam sampel komersial (32).

Beberapa unsur dalam tabel berkala menyerap dengan kuat dalam daerah tampak atau ultraviolet, sekurang-kurangnya dalam keadaan

oksidasi tertentu, dan tahap-tahap pendahuluan dapat melibatkan reaksi redoks maupun pemisahan (27). Penentuan iodat dengan metode spektrofotometri dilakukan secara tidak langsung berdasarkan reaksi redoks dibawah ini:



Kalium iodat ditentukan secara spektrofotometri pada dua panjang gelombang maksimum (288 dan 352 nm), setelah dikonversi ke  $\text{I}_2$  oleh reaksi dengan iodida dalam keberadaan asam fosfat. Keberadaan iodida berlebih dan dalam medium asam agar mencegah ketidakseimbangan dari halogen oleh reaksi dengan air (32).

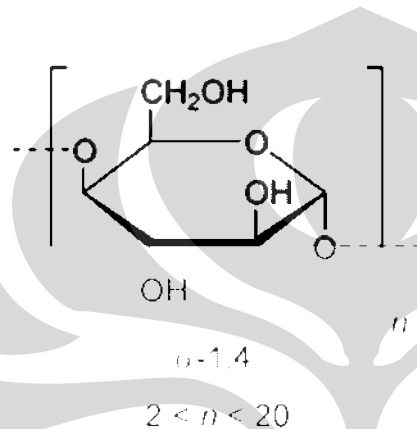
## D. MALTODEKSTRIN

### 1. Sifat dan Karakteristik Maltodekstrin

Maltodekstrin merupakan produk komersil dari hidrolisis pati yang diklasifikasikan berdasarkan *Dextrosa Equivalent* (DE) (33). *Dextrosa Equivalent* (DE) merupakan presentase hidrolisis atau pemutusan ikatan glukosida dari pati. DE 100 akan diperoleh pada D-glukosa anhidrat (dekstrosa) atau glukosa murni dan DE 0 akan diperoleh pada amilum murni yang belum mengalami proses hidrolisis (34).

Maltodekstrin didefinisikan sebagai produk hidrolisis pati yang mengandung  $\alpha$ -D-glukosa unit yang sebagian besar terikat melalui 1,4

glikosidik dengan DE kurang dari 20. Maltodekstrin mempunyai nilai DE antara 3 – 20. Rumus umum maltodekstrin adalah  $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$  (24). Hidrolisis pati dengan nilai DE diatas 20 disebut sirup glukosa (jagung) kering (34).



Gambar 6. Struktur Kimia Maltodekstrin (35)

Maltodekstrin dibuat dengan pemanasan dan pengolahan pati dengan asam dan/atau enzim dalam media air. Pada proses ini, pati dihidrolisis sebagian untuk menghasilkan larutan polimer glukosa rantai panjang yang bervariasi. Larutan ini kemudian di saring dan dikeringkan, atau dikonsentrasikan untuk memperoleh maltodekstrin (36).

Maltodekstrin mengandung karbohidrat lebih dari 99% dengan kadar air 5-6%, ion-ion, protein, lemak, dan serat kasar. Maltodekstrin mempunyai sifat alir dan kompresibilitas yang baik, higroskopis, dapat membentuk larutan dengan viskositas tertentu, efek *browning* rendah, mencegah pengerakan,

dapat membentuk lapisan film yang melindungi dari pengaruh oksidasi dan mempunyai daya ikat yang baik (34).

Sifat dan karakteristik yang meningkat seiring dengan kenaikan nilai DE adalah kerapatan bulk, higroskopisitas, kemampuan untuk ikut dalam reaksi *browning*, kejernihan larutan, osmolaritas, titik beku, kemanisan, dan ukuran partikel. Sedangkan karakter yang menurun dengan kenaikan nilai DE adalah kemampuan membentuk lapisan film, viskositas, dan daya ikat (34).

## 2. Penggunaan Maltodekstrin

Pemanfaatan maltodekstrin sangat luas terutama dalam industri makanan karena sifatnya dapat memperbaiki *mouth-feel* sehingga dapat menggantikan lemak tanpa mengurangi rasa akhir dari produk. Penggunaan maltodekstrin antara lain sebagai pengganti lemak dalam produk makanan diet, mengontrol titik beku dan pembentukan kristal es pada produk makanan beku, sebagai bahan tambahan pada pembuatan snack dan sereal serta sebagai *bulking agent* pada pembuatan bakery, es krim, dan selai (34).

Aplikasi penggunaan maltodekstrin dalam produk pangan antara lain (33):

- a. Produk roti, misalnya pada kue, *muffin*, dan biskuit, digunakan sebagai pengganti gula atau lemak.



- b. Makanan beku. Maltodekstrin memiliki kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) dan berat molekul yang relatif rendah, sehingga dapat mempertahankan produk tetap beku.
- c. Makanan rendah kalori. Penambahan maltodekstrin dalam jumlah yang besar tidak akan meningkatkan kemanisan produk seperti halnya gula.

Maltodekstrin juga digunakan dalam formulasi tablet sebagai pengisi, pengikat dan penyalut pada formulasi dan penyalutan tablet, sebagai pembentuk lapisan tablet dalam proses lapisan penyalut cair. Derajat maltodekstrin dengan nilai DE yang tinggi terutama berguna dalam formulasi tablet kunyah. Maltodekstrin juga digunakan dalam formulasi farmestika sebagai peningkat viskositas larutan dan untuk mencegah kristalisasi sirup (36).

Tabel 3. Penggunaan Maltodekstrin dalam Farmasetika

Penggunaan	Konsentrasi (%)
Lapisan penyalut cair	2 – 10
Pembawa	10 – 99
Penghambat kristalisasi pada tablet kunyah dan sirup	5 – 20
Pengatur osmolaritas pada larutan	10 – 50
Pembantu semprot kering	20 – 80
Pengikat tablet (kompresi langsung)	2 – 40
Pengikat tablet (granulasi basah)	3 – 10

Sumber: Wade, 1994 (36)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Farmasetika dan Laboratorium Kimia Analisa Kuantitatif Departemen Farmasi FMIPA UI. Waktu pelaksanaannya adalah dari bulan September 2009 hingga Desember 2009.

#### A. BAHAN

Kalium iodat (Merck, Jerman), Maltrin<sup>®</sup> maltodekstrin (Grain Processing Corporation, USA), kalium iodida (LabGuard, USA), natrium hidroksida (LabGuard, USA), asam fosfat (Merck, Jerman).

#### B. ALAT

*Mini spray drier* B-290 & B-190 (Buchi, Switzerland), neraca analitik EB-330H (Jasco, Jepang), *moisture balance* AMB-50 (Adam, USA), spektrofotometer UV-Vis UV-1800 (Shimadzu, Jepang), *Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer* LA-950 (Horiba, Jepang), *scanning electron microscope* LEO 420i (Oxford, Inggris), *Hot plate magnetic stirrer* C-MAG-HS 7 (IKA, Jerman), dan alat-alat gelas.

## C. CARA KERJA

### 1. Pembuatan mikrokapsul kalium iodat

Mikrokapsul kalium iodat dibuat dengan menggunakan metode semprot kering. Larutan penyalut yang mengandung maltodekstrin (15% b/v) disiapkan di dalam air hangat (65°C) menggunakan pemanas dan pengaduk magnetik dan didinginkan.  $KIO_3$  kemudian ditambahkan ke dalam larutan penyalut pada konsentrasi masing-masing sebesar 1%; 5%; dan 10%, berdasarkan bobot dari maltodekstrin (Tabel 4). Larutan dilindungi dari cahaya dengan menutup labu Erlenmeyer dengan aluminium foil. Larutan kemudian dialirkan ke dalam alat *spray drier* dan dikeringkan (11).

Sebelum larutan dialirkan ke dalam alat, terlebih dahulu dilakukan pengkondisian terhadap alat *spray dryer* dengan mengatur laju alir 20 ml/min, suhu udara masuk (*inlet*) 190°C, suhu udara keluar (*outlet*) 90°C, dan tekanan atomisasi 2 bar. Pengkondisian alat ini diperoleh berdasarkan penelitian sebelumnya dan disesuaikan dengan kondisi alat *spray dryer* yang digunakan (37).

Tabel 4. Formula mikrokapsul kalium iodat.

Bahan	Formula		
	I (1%)	II (5%)	III (10%)
$KIO_3$ (g)	0,75	3,75	7,5
Maltodextrin (g)	75	75	75
Aquadest (ml)	500	500	500

## 2. Evaluasi mikrokapsul kalium iodat

### a. Pemeriksaan bentuk dan morfologi mikrokapsul (38, 39)

Sampel mikrokapsul ditempatkan pada *sample holder* kemudian disalut dengan partikel emas menggunakan *fine coater*. Sampel kemudian diperiksa dan dilihat morfologinya melalui alat *scanning electron microscope* pada intensitas 12 kv dengan perbesaran 1000 kali.

### b. Distribusi ukuran partikel (40)

Distribusi ukuran partikel ditentukan dengan menggunakan alat *Particel Size Analyzer* untuk menentukan distribusi ukuran partikel dari suspensi mikrokapsul dalam cairan yang sesuai. Sejumlah sampel mikrokapsul didispersikan dalam pelarut yang sesuai, kemudian dimasukkan ke dalam tabung sampel. Selanjutnya alat *Particel Size Analyzer* dioperasikan. Ukuran partikel dinyatakan menggunakan diameter volume rata-rata.

### c. Uji perolehan kembali proses (38, 40)

Uji perolehan kembali diperoleh dengan membandingkan bobot total mikrokapsul yang diperoleh terhadap bobot bahan pembentuk mikrokapsul yang digunakan dan kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_p = \frac{W_m}{W_t} \times 100\%$$

$W_p$  : % uji perolehan kembali

$W_m$  : bobot mikrokapsul yang diperoleh

$W_t$  : bobot bahan pembentuk mikrokapsul

d. Pemeriksaan kadar air mikrokapsul (40)

Kadar air ditentukan dengan menggunakan alat *moisture balanced*. Parameter pada alat diatur dan suhu diatur menjadi 105 °C. Alat kemudian dipanaskan terlebih dahulu selama ± 10 menit. Mikrokapsul ditimbang ± 2 gram dan diletakkan diatas aluminium secara merata di dalam alat. Alat kemudian dinyalakan dan akan mati setelah mencapai kadar air yang konstan. Nilai kadar air yang terbaca pada alat di catat.

e. Penentuan kandungan zat aktif (32, 39)

1) Pembuatan larutan standar  $KIO_3$ , larutan NaOH 0,1N, larutan KI, larutan asam fosfat 0,1N dan larutan blanko.

a) Pembuatan larutan standar  $KIO_3$

Sebanyak 0,214 g kalium iodat dilarutkan dengan aquades di dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan hingga batas (0,01 mol/L). Larutan sebesar 10 ml dipipet ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aquades hingga batas. Kemudian larutan tersebut dipipet kembali

1 ml ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aquades hingga batas sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi  $1,0 \times 10^{-5}$  mol/L.

b) Pembuatan larutan NaOH 0,1 M

Sebanyak 200 mg natrium hidroksida dilarutkan ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan aquades hingga batas (0,1 mol/L).

c) Pembuatan larutan KI 0,02 M

Sebanyak 3,32 g kalium iodida ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan 1 ml larutan natrium hidroksida 0,1 mol/L, kemudian diencerkan dengan aquades hingga batas.

d) Pembuatan larutan asam fosfat 0,1 M

Sebanyak 6,73 ml asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 85%) dipipet ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aquades hingga batas untuk memperoleh larutan 0,1 mol/L.

e) Pembuatan larutan blanko

Sebanyak 1 ml larutan asam fosfat dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml. Kemudian diencerkan dengan aquades hingga batas.

2) Penentuan panjang gelombang maksimum kalium iodat.

Pipet 5 ml larutan standar kalium iodat ke dalam labu ukur 10 ml kemudian ditambahkan dengan 1 ml larutan kalium iodida dan 1 ml

larutan asam fosfat. Setelah itu larutan diencerkan dengan aquades hingga batas. Selanjutnya larutan tersebut diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200 - 400 nm.

### 3) Pembuatan kurva kalibrasi kalium iodat

Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur serapan larutan standar kalium iodat pada konsentrasi 3, 4, 5, 6, 7, dan 8  $\mu\text{mol/L}$ . Sebanyak 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 ml larutan standar kalium iodat ( $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ) dipipet ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan dengan 1 ml larutan kalium iodida dan 1 ml larutan asam fosfat. Setelah itu larutan diencerkan dengan aquades hingga batas. Kemudian larutan tersebut diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada kurva serapan pada masing-masing larutan.

### 4) Penentuan kadar zat aktif yang terserap

Timbang sejumlah sampel mikrokapsul formula I, II dan III masing-masing sebesar 500 mg, 300 mg dan 100 mg. Masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 ml dan dilarutkan dengan aquades dan diencerkan hingga batas. Pipet 10 ml masing-masing larutan tersebut ke dalam labu ukur 100 ml kemudian encerkan dengan aquades hingga batas. Kemudian pipet 1 ml masing-masing larutan ke dalam labu ukur 10 ml dan tambahkan 1 ml larutan kalium iodida dan 1 ml larutan asam fosfat. Kemudian larutan diencerkan dengan aquades hingga batas. Ukur

serapan masing-masing larutan sampel dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

f. Penentuan efisiensi penyerapan zat aktif dalam mikrokapsul (40)

Efisiensi penyerapan dihitung dengan membandingkan jumlah kalium iodat yang diperoleh atau yang terjerap dalam mikrokapsul dengan jumlah teoritis zat aktif, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi penyerapan} = \frac{\text{Jumlah zat aktif terjerap dalam mikrokapsul} \times 100\%}{\text{Jumlah teoritis zat aktif dalam mikrokapsul}}$$

g. Uji perolehan kembali kandungan zat aktif dalam mikrokapsul.

Uji perolehan kembali kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu jumlah kandungan zat aktif yang terserap dalam sejumlah sampel yang diukur.

Timbang sejumlah kalium iodat dan maltodekstrin sesuai dengan jumlah kalium iodat dan maltodekstrin yang terdapat dalam sampel mikrokapsul yang telah diukur. Campurkan keduanya ke dalam labu erlenmeyer 100 ml, kemudian larutkan dengan aquades dan encerkan hingga batas. Larutan tersebut dipipet sebesar 1 ml ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aquades hingga batas. Sebanyak 5 ml larutan sampel dipipet, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan 1 ml larutan kalium iodida dan 1 ml larutan asam fosfat. Setelah itu larutan diencerkan



dengan aquades hingga batas. Absorbansi diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Persen perolehan kembali diukur dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Perolehan kembali} = \frac{\text{Kadar hasil analisis}}{\text{Kadar sesungguhnya}} \times 100\%$$

h. Uji stabilitas zat aktif dalam mikrokapsul (11, 37, 41)

Uji stabilitas dari masing-masing formula mikrokapsul dan kontrolnya ditentukan pada minggu ke-0, 1, 2, 3 dan minggu ke-4. Uji stabilitas yang dilakukan berupa uji stabilitas fisik dan kimia. Uji stabilitas fisik dilakukan dengan pengamatan secara organoleptis meliputi bentuk dan warna, sedangkan untuk uji stabilitas kimia dilakukan dengan cara dipaparkan di udara terbuka pada suhu kamar dan di dalam oven pada suhu 40°C selama 1 bulan. Kemudian setiap minggunya diukur kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul terhadap masing-masing formula dan kontrolnya yang dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. HASIL

##### 1. Pembuatan mikrokapsul kalium iodat

Mikrokapsul  $KIO_3$  dibuat dengan metode *spray dryer* atau semprot kering. Mikrokapsul  $KIO_3$  yang diperoleh baik formula 1%, 5%, dan 10% semuanya berbentuk serbuk halus berwarna putih. Mikrokapsul yang dihasilkan dari ketiga formula ditampilkan pada Gambar 7.

##### 2. Evaluasi mikrokapsul kalium iodat

###### a. Pemeriksaan bentuk dan morfologi mikrokapsul

Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada formula I menunjukkan bahwa mikrokapsul yang dihasilkan rata-rata berbentuk bulat hingga tidak beraturan dengan tekstur permukaan yang rata dan melekkuk. Hasil SEM dari mikrokapsul formula I ditunjukkan pada Gambar 8.

b. Distribusi ukuran partikel

Distribusi ukuran partikel dari ketiga formula menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Rata-rata distribusi ukuran partikel dari ketiga formula berturut-turut sebesar 16,13  $\mu\text{m}$ ; 22,76  $\mu\text{m}$ ; dan 23,62  $\mu\text{m}$ . Hasil dari distribusi ukuran partikel dari mikrokapsul kalium iodat ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6, dan Gambar 9.

c. Faktor perolehan kembali proses

Nilai faktor perolehan kembali dari ketiga formula mikrokapsul berturut-turut sebesar 45,08%; 33,62%; dan 39,98%. Hasil uji perolehan kembali mikrokapsul ditunjukkan pada Tabel 7.

d. Pemeriksaan kadar air mikrokapsul kalium iodat

Kadar air dalam mikrokapsul pada ke tiga formula berturut-turut sebesar 5,23%; 5,66%; dan 4,12%. Hasil pemeriksaan kadar air yang terdapat dalam mikrokapsul dapat dilihat pada Tabel 8.

e. Penentuan panjang gelombang maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum kalium iodat dibuat dalam bentuk larutan standar kalium iodat dengan konsentrasi 5  $\mu\text{mol/L}$  ppm dalam medium aquades dengan penambahan larutan kalium iodida dan asam fosfat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat dua panjang

gelombang maksimum yaitu masing-masing 287 nm dan 351 nm. Kurva serapan larutan standar kalium iodat ditampilkan pada Gambar 10.

f. Pembuatan kurva kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi larutan standar kalium iodat menghasilkan persamaan garis sebagai berikut:

$$y = 0.0063714 + 0.088114x \quad r = 0,99994$$

Data serapan larutan standar kalium iodat ditunjukkan pada Tabel 9, sedangkan kurva kalibrasi larutan standar kalium iodat ditampilkan pada Gambar 11.

Hasil uji perolehan kembali larutan standar kalium iodat memberikan nilai rata-rata 100,60 % dengan nilai standar deviasi dan koefisien variasi sebesar 0,25 %. Data uji perolehan kembali (upk) dan presisi larutan standar kalium iodat ditunjukkan pada Tabel 10.

g. Penentuan efisiensi penyerapan kalium iodat dalam mikrokapsul

Nilai efisiensi penyerapan dari ketiga formula mikrokapsul berturut-turut sebesar 98,11%; 96,76%; dan 90,06%. Data efisiensi penyerapan dari ketiga formula dapat dilihat pada Tabel 11.

h. Uji perolehan kembali (UPK) kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul

Hasil uji perolehan kembali kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul memberikan nilai rata-rata sebesar 95,79%. Hasil uji perolehan kembali dapat dilihat pada Tabel 12.

i. Uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul

Hasil uji stabilitas terhadap mikrokapsul kalium iodat selama satu bulan menunjukkan bahwa terjadi penurunan terhadap kandungan kalium iodat yang terdapat dalam mikrokapsul baik dalam kondisi suhu kamar atau suhu 40°C. Presentase rata-rata penurunan kadar iodat dalam mikrokapsul dari ketiga formula berturut-turut setelah minggu ke-4 pada suhu kamar masing-masing sebesar 2,94%; 3,29%; dan 4,36%, pada suhu 40°C masing-masing sebesar 0,47%; 2,67%; dan 3,41%. Presentase penurunan kadar iodat dalam mikrokapsul ditunjukkan pada Tabel 19.

## B. PEMBAHASAN

### 1. Pembuatan mikrokapsul kalium iodat dengan metode semprot kering

Mikrokapsul kalium iodat dibuat dalam tiga formula yang berbeda yaitu dengan penambahan kalium iodat masing-masing sebesar 1% (formula I), 5% (formula II), dan 10% (formula III) dari bobot total penyalut yang digunakan. Pemilihan ketiga konsentrasi kalium iodat tersebut berdasarkan kebutuhan iodium perhari pada orang dewasa yaitu sekitar 150 – 200  $\mu\text{g}/\text{hari}$  dan rata-rata konsumsi garam perhari (10 gr/hari). Apabila dalam 1 gram mikrokapsul kalium iodat 1% (formula I) diasumsikan mengandung  $\pm 10$  mg kalium iodat maka dengan penambahan  $\pm 10$ -20 mg mikrokapsul ke dalam 10 g garam diharapkan dapat mencukupi kebutuhan iodium perhari sekitar 100-200  $\mu\text{g}/\text{hari}$ . Bahan penyalut yang digunakan adalah maltodekstrin dengan bobot yang digunakan sebesar 15% dari volume larutan. Masing-masing formula dibuat dalam volume larutan 500 ml.

Pemilihan metode semprot kering sebagai metode dalam pembuatan mikrokapsul kalium iodat berdasarkan pada sifat kelarutan maltodekstrin yang lebih mudah larut di dalam air dibandingkan dengan pelarut lain seperti etanol. Disamping itu, metode semprot kering merupakan metode yang mudah dan cepat serta dapat digunakan untuk membuat mikrokapsul kalium iodat dalam jumlah besar untuk skala industri.

Proses pembuatan mikrokapsul diawali dengan melarutkan maltodekstrin sebagai bahan penyalut ke dalam air hangat (65°C) hingga terbentuk larutan yang homogen. Larutan penyalut didinginkan terlebih dahulu sebelum penambahan zat aktif. Kemudian kalium iodat didispersikan ke dalam larutan penyalut sambil diaduk menggunakan magnetik stirer. Larutan dilindungi dari cahaya dengan menutup labu Erlenmeyer dengan aluminium foil untuk menghindari oksidasi dari cahaya.

Sebelum larutan dialirkan ke dalam alat semprot kering, terlebih dahulu dilakukan optimasi terhadap alat dengan menentukan suhu masuk, suhu keluar dan laju alir yang tepat. Optimasi suhu yang tepat bertujuan untuk mendapatkan serbuk mikrokapsul yang kering dan tidak lembab, karena jika mikrokapsul yang dihasilkan lembab maka serbuk mikrokapsul akan saling melekat dan membentuk agregat. Hal ini disebabkan karena kandungan air yang tinggi pada mikrokapsul akibat suhu pengeringan yang terlalu rendah. Sedangkan optimasi terhadap laju alir disesuaikan dengan viskositas larutan yang akan dikeringkan. Untuk larutan dengan viskositas yang tinggi digunakan laju alir yang kecil. Apabila digunakan laju alir yang lebih besar maka pengeringannya tidak sempurna sehingga mikrokapsul yang dihasilkan banyak menempel pada dinding tabung. Kondisi optimum yang digunakan pada pembuatan mikrokapsul kalium iodat adalah suhu masuk 190°C dan suhu keluar 90°C dengan laju alir 20 ml/menit.

Larutan penyalut yang mengandung zat aktif kemudian di alirkan melalui selang yang terhubung dengan alat semprot kering. Larutan yang

masuk ke dalam alat semprot kering diatomisasi terlebih dahulu yaitu mengubah larutan penyalut yang berisi zat aktif menjadi tetes-tetes kecil yang disertai dengan penyemprotan udara ke dalam tabung dengan suhu panas untuk menguapkan pelarut yang digunakan. Selanjutnya akan melewati tabung vakum dengan suhu lebih rendah sehingga terbentuk serbuk mikrokapsul yang kemudian akan ditampung di tempat pengumpul produk.

Mikrokapsul kalium iodat yang dibuat melalui metode semprot kering ini menghasilkan serbuk yang halus berwarna putih dan cenderung menggumpal membentuk granul. Tidak ada perbedaan bentuk dan warna dari ketiga formula mikrokapsul yang dihasilkan. Serbuk mikrokapsul dari ketiga formula dapat dilihat pada Gambar 7.

## **2. Evaluasi mikrokapsul kalium iodat**

### **a. Pemeriksaan bentuk dan morfologi mikrokapsul**

Pemeriksaan bentuk dan morfologi mikrokapsul dilakukan dengan menggunakan alat *scanning electron microscope* (SEM). Hasil SEM dari standar kalium iodat, maltodekstrin dan mikrokapsul formula I dengan perbesaran masing-masing 1000x dapat dilihat pada Gambar 8.

Penggunaan SEM dalam penelitian mikroenkapsulasi adalah untuk menentukan kemampuan enkapsulasi dari berbagai macam polimer yang ditandai dengan tingkat porositas dan integritas dari mikrokapsul. Analisis



morfologi diamati melalui bentuk, ukuran dan aspek umum lainnya dari mikrokapsul yang dibuat dari bahan penyalut yang berbeda dan kecenderungan terjadinya aglomerasi antara partikel kecil dengan partikel kecil lainnya dan dengan salah satu partikel yang lebih besar (37).

Mikrokapsul hasil semprot kering dengan bahan dinding penyalut yang terdiri dari polisakarida memperlihatkan lekukan permukaan yang perlu diperhatikan dan pembentukan lekukan dikaitkan dengan pengaruh komposisi dinding penyalut, atomisasi dan parameter pengeringan, penyusutan yang tidak merata pada tahap awal pengeringan, dan pengaruh dari tegangan permukaan yang dibawa oleh viskositas aliran. Permukaan luar mikrokapsul yang ditandai adanya lekukan dibentuk oleh penyusutan dari partikel-partikel selama pengeringan dan pendinginan. Variasi morfologis (ukuran, struktur dan penampilan) dari tetesan selama proses pengeringan yang awalnya berbentuk sferis menghasilkan bentuk partikel dengan permukaan yang tidak teratur (lipatan) karena pembentukan internal vakuola dan lekukan, tekanan dan keretakan eksternal (37).

Hasil SEM pada formula I menunjukkan bahwa mikrokapsul yang dihasilkan rata-rata berbentuk bulat dengan tekstur permukaan yang rata dan melekok dengan ukuran diameter yang bervariasi. Permukaan yang melekok pada mikrokapsul dapat disebabkan oleh pengurangan volume air selama proses pengeringan, sehingga struktur seluler dari maltodekstrin mengalami penyusutan bentuk partikel dan mengakibatkan air yang semula

terperangkap dalam matriks meninggalkan bekas yakni berupa permukaan yang cekung (42).

a. Distribusi ukuran partikel

Evaluasi distribusi ukuran partikel dinyatakan berdasarkan perbedaan diameter volume partikel yang diukur dengan menggunakan alat *particle size analyzer*. Preparasi dikerjakan dengan mendispersikan mikrokapsul dalam medium yang sesuai. Medium yang dipilih adalah medium yang dapat mendispersikan mikrokapsul dan bukan melarutkannya. Banyaknya mikrokapsul yang dibutuhkan tergantung dari jumlah partikel yang terdispersi hingga cukup untuk dapat terukur pada alat.

Medium yang digunakan untuk mendispersikan mikrokapsul kalium iodat adalah etanol atau alkohol 96%. Pada medium ini, maltodekstrin yang merupakan polimer dari ketiga formula mikrokapsul dapat terdispersi dengan baik selama proses pengukuran. Tidak ada perbedaan pelarut yang dipakai untuk mendispersikan ketiga formula mikrokapsul karena semuanya menggunakan polimer yang sama. Pelarut air tidak dapat digunakan karena dapat menyebabkan mikrokapsul menempel pada dinding alat serta melekat satu sama lain yang akan menyulitkan pengukuran.

Tabel 5 dan 6 serta Gambar 9 menunjukkan bahwa ketiga formula memiliki diameter rata-rata volume partikel yang nilainya berada antara 16,13-23,62  $\mu\text{m}$ . Mikrokapsul formula I memiliki diameter rata-rata yang lebih kecil yaitu 16,13  $\mu\text{m}$  sedangkan formula II dan III mempunyai ukuran

diameter rata-rata yang tidak jauh berbeda yaitu masing-masing sebesar 22,76  $\mu\text{m}$  dan 23,62  $\mu\text{m}$ . Perbedaan diameter ini bukan disebabkan karena perbedaan viskositas larutan dari ketiga formula karena jumlah maltodekstrin yang ditambahkan sama pada ketiga formula sehingga viskositas dari ketiga formula juga sama.

Perbedaan diameter ini mungkin disebabkan karena perbedaan alat semprot kering yang digunakan. Mikrokapsul formula I dikeringkan dengan menggunakan alat *Mini spray drier* B-290 dengan diameter nozzle 0,7 mm sedangkan mikrokapsul formula II dan III dikeringkan dengan menggunakan *Mini spray drier* B-190 dengan diameter nozzle 0,254 mm.

b. Faktor perolehan kembali proses

Nilai faktor perolehan kembali proses dari formula I, II, dan III berturut-turut sebesar 45,08%; 33,14% dan 39,98% (Tabel 7). Hasil perolehan dari ketiga formula tidak jauh berbeda karena bobot maltodekstrin yang digunakan semuanya sama. Sedangkan yang membedakan bobot total bahan pembentuknya adalah penambahan kalium iodat dalam tiga konsentrasi yaitu 1%, 5% dan 10% dari bobot maltodekstrin yang digunakan. Nilai faktor perolehan kembali pada formula II (5%) lebih kecil di banding formula I dan III. Hal ini karena larutan formula II (5%) digunakan sekaligus untuk optimasi alat semprot kering sehingga mikrokapsul yang dihasilkan lebih sedikit karena banyak yang hilang selama prosesnya.

Hasil perolehan kembali dari ketiga formula mikrokapsul diatas masih sangat rendah bila dibandingkan dengan bahan pembentuk mikrokapsul. Hal ini disebabkan karena banyak bahan pembentuk mikrokapsul yang menempel pada dinding tabung dalam alat semprot kering sehingga perolehan kembali mikrokapsul tidak sebanyak bahan-bahan pembentuk mikrokapsul yang dipersiapkan. Disamping itu, penggunaan maltodekstrin sebagai bahan penyalut juga mempengaruhi banyaknya bahan pembentuk mikrokapsul yang menempel pada dinding tabung. Maltodekstrin yang merupakan produk dari hasil hidrolisis pati sangat mudah membentuk agregat yang lengket apabila terkena air sehingga sangat mudah menempel pada dinding tabung dalam alat semprot kering.

#### c. Pemeriksaan kadar air dalam mikrokapsul

Pemeriksaan kadar air pada mikrokapsul kalium iodat bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terperangkap dalam mikrokapsul selama proses pengeringan. Kadar air dari keseluruhan formula berkisar antara 4% – 6%, seperti yang terlihat pada Tabel 8. Kadar air formula I, II dan III berturut-turut adalah 5,23%; 5,66% dan 4,12%. Hasil kadar air yang diperoleh pada mikrokapsul sesuai dengan kadar air yang terkandung dalam maltodekstrin yaitu berkisar antara 5 – 6%.

d. Penentuan efisiensi penyerapan kalium iodat dalam mikrokapsul

Evaluasi terhadap efisiensi penyerapan dilakukan untuk mengetahui jumlah zat aktif yang terserap oleh mikrokapsul dan mengetahui efisiensi dari metode yang digunakan. Data efisiensi penyerapan dari ketiga formula dapat dilihat pada Tabel 11. Mikrokapsul formula I dengan konsentrasi kalium iodat 1% memiliki nilai efisiensi penyerapan paling besar yaitu sebesar 98,11%. Sedangkan pada formula II dan III dengan konsentrasi kalium iodat 5% dan 10% memiliki nilai efisiensi penyerapan masing-masing sebesar 96,76% dan 90,06%.

Konsentrasi zat aktif yang ditambahkan pada formula mikrokapsul sangat mempengaruhi efisiensi penyerapannya apabila konsentrasi polimer yang digunakan sama pada ketiga formula. Dengan konsentrasi maltodekstrin yang sama pada ketiga formula mikrokapsul, efisiensi penyerapan paling besar terdapat pada penambahan konsentrasi kalium iodat sebesar 1%. Penambahan konsentrasi kalium iodat yang lebih besar dapat menyebabkan penurunan efisiensi penyerapannya. Hal ini disebabkan penurunan kemampuan polimer dalam pembentukan ikatan hidrogen antara gugus dari masing-masing polimer untuk membangun jaringan antar polimer yang lebih kuat dalam melindungi inti partikel zat aktif. Dengan konsentrasi kalium iodat yang semakin besar maka kemampuan maltodekstrin dalam melindungi kalium iodat semakin berkurang sehingga dapat menurunkan efisiensi penyerapannya.

e. Uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul

Hasil uji stabilitas kimia terhadap kandungan kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul dari ketiga formula pada suhu kamar dan suhu 40°C selama penyimpanan 4 minggu ditunjukkan pada Tabel 14, 15 dan 16. Kandungan iodat yang terjerap dalam mikrokapsul dari formula I, II dan III pada minggu ke-0 masing-masing sebesar 0,9811; 4,8384; dan 9,0068, bila dibandingkan dengan minggu ke-4 suhu kamar yang masing-masing sebesar 0,9460; 4,6461; dan 8,7094, sedangkan pada minggu ke-4 suhu 40°C masing-masing sebesar 0,9812; 4,7565; dan 8,8152. Penurunan kandungan iodat yang terjerap dalam mikrokapsul yang paling besar terdapat pada suhu kamar dibandingkan suhu 40°C. Hal ini disebabkan karena pada penyimpanan di suhu kamar, sampel mikrokapsul ditempatkan dalam ruangan dengan terpapar udara terbuka sedangkan pada penyimpanan suhu 40°C sampel mikrokapsul hanya ditempatkan di dalam oven dengan suhu yang sudah diatur selama satu bulan. Pada suhu kamar, faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan kandungan iodat adalah kelembapan dan suhu kamar ( $\pm 30^\circ\text{C}$ ) yang cukup tinggi serta paparan terhadap cahaya. Sedangkan pada suhu 40°C, penurunan kandungan iodat hanya dipengaruhi oleh faktor suhu karena penyimpanan dilakukan di dalam oven dengan kondisi kering dan terlindung dari cahaya. Kelembapan udara yang tinggi pada suhu kamar menyebabkan kandungan air dalam mikrokapsul semakin besar. Penggunaan maltodekstrin sebagai polimer penyalut yang

bersifat higroskopis juga mempengaruhi banyak jumlah air yang terserap pada mikrokapsul. Temperatur kamar yang cukup tinggi yaitu berkisar  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  dan pemaparan terhadap cahaya juga dapat mempengaruhi penurunan kandungan iodat dalam mikrokapsul. Di samping itu, kemungkinan terjadinya reaksi dalam jumlah yang sangat kecil antara kalium iodat dengan maltodekstrin yang disertai kadar air yang tinggi dalam mikrokapsul juga dapat mempercepat penurunan kandungan iodat.

Kadar iodat dalam mikrokapsul dari ketiga formula dan kontrolnya setelah penyimpanan selama 4 minggu ditunjukkan pada Tabel 17 dan 18. Presentase rata-rata penurunan kadar iodat dalam mikrokapsul dari ketiga formula (Tabel 19) berturut-turut setelah minggu ke-4 pada suhu kamar masing-masing sebesar 2,94%; 3,29%; dan 4,36%, pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  masing-masing sebesar 0,47%; 2,67%; dan 3,41%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi kalium iodat yang ditambahkan maka kadar iodat yang diperoleh dalam mikrokapsul akan semakin kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kemampuan maltodekstrin dalam melindungi partikel zat aktif semakin kecil sehingga banyak zat aktif yang tidak terenkapsulasi.

Dari data uji stabilitas kalium iodat menunjukkan bahwa standar kalium iodat cenderung lebih stabil baik pada suhu kamar maupun suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dibandingkan dengan ketiga formula mikrokapsul kalium iodat. Hal ini disebabkan karena sifat kalium iodat yang sangat stabil dalam keadaan kering dan lebih tahan terhadap zat pengoksidator (oksigen). Disamping itu,

tidak adanya faktor-faktor yang dapat menyebabkan kalium iodat terdekomposisi menjadi iodium seperti adanya zat-zat yang bersifat reduktor dan asam menyebabkan standar kalium iodat cenderung lebih stabil. Sedangkan penurunan kadar iodat dalam mikrokapsul terutama pada suhu kamar kemungkinan terjadi akibat reaksi yang berlangsung antara zat aktif dengan penyalutnya didalam mikrokapsul itu sendiri dimana kalium iodat yang bersifat oksidator bereaksi maltodekstrin bertindak sebagai reduktor di sertai kadar air yang tinggi dalam mikrokapsul sehingga mempercepat penurunan kandungan iodat. Akan tetapi kemungkinan terjadinya reaksi ini berlangsung dalam jumlah yang sangat kecil dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

1. Kalium iodat dapat dienkapsulasi menggunakan maltodekstrin sebagai bahan penyalut dengan metode semprot kering.
2. Efisiensi penyerapan kalium iodat dalam mikrokapsul semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi kalium iodat yang digunakan dalam formula.
3. Uji stabilitas kandungan kalium iodat setelah penyimpanan selama 4 minggu menunjukkan bahwa kadar kalium iodat dalam mikrokapsul pada penyimpanan suhu kamar mengalami penurunan yang lebih besar bila dibandingkan pada penyimpanan suhu 40°C.

#### **B. SARAN**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode mikroenkapsulasi lain dan membandingkan dengan bahan penyalut lain agar diperoleh stabilitas zat aktif yang lebih optimal. Selain itu, perlu dilakukan uji stabilitas pada rentang waktu yang lebih panjang.

## DAFTAR ACUAN

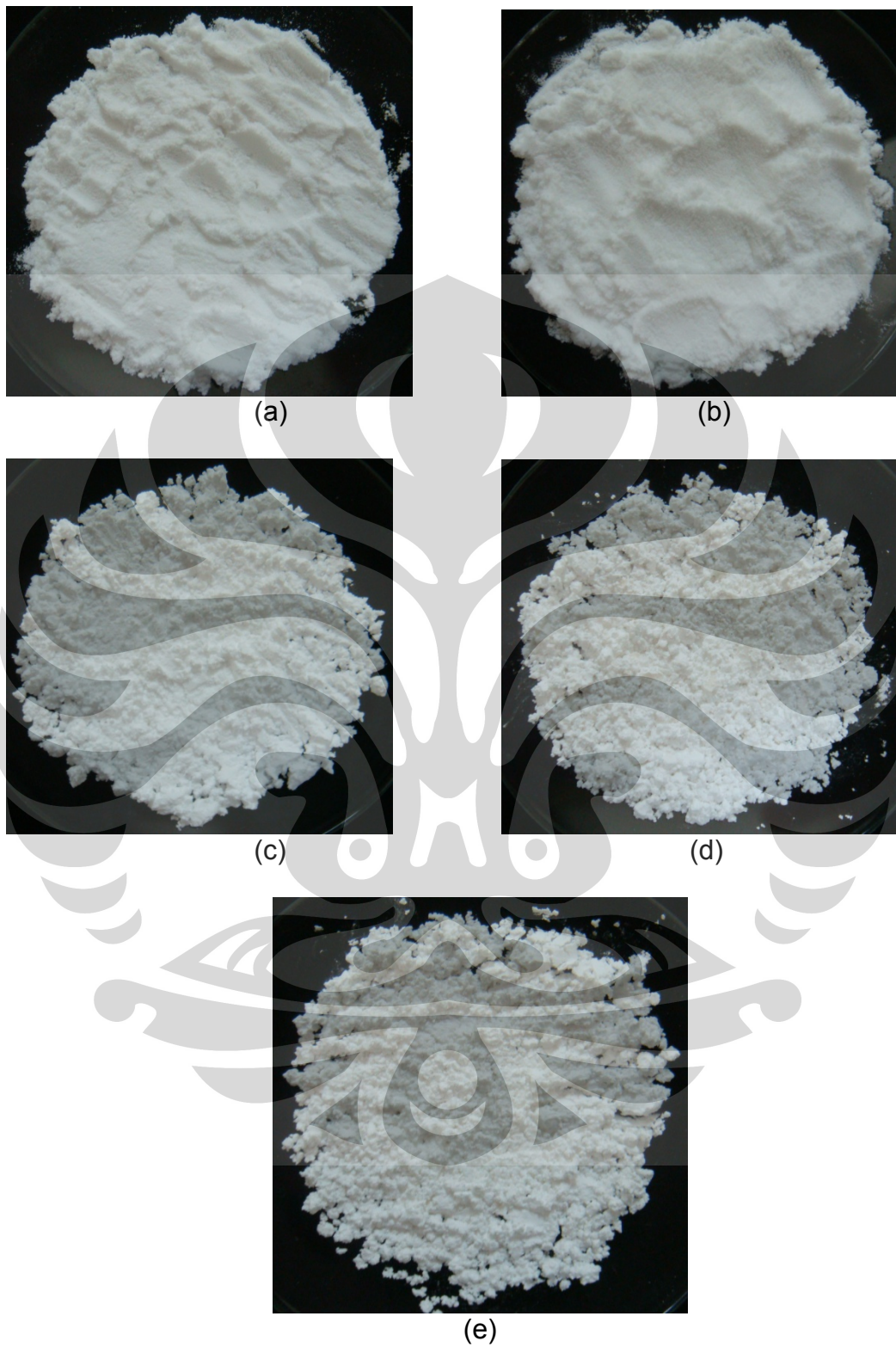
1. Supriasa, I Made Nyoman. 2004. *Penilaian Status Gizi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
2. Almatsier, Sunita. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
3. Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
4. Saksono, Nelson. 2002. Studi Proses Pencucian Garam Terhadap Komposisi dan Stabilitas Iodium Garam Konsumsi. *Makara, Teknologi* 6 (1) : 7-16.
5. Muhilal D, Karyadi D. 1990. *Kecukupan Gizi yang Dianjurkan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Nugraha, Sigit. 2008. *Beras Fortifikasi Iodium*. <http://www.pustaka-deptan.go.id/bppi/lengkap/bpp08006.pdf>. (24 Juli 2009)
7. Allen, Lindsay., de Benoist, Bruno., Dary, Omar., Hurrell, Richard (ed.). 2006. *Guidelines on Food Fortification With Micronutrients*. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations
8. Pujinarti, Siti Arifah. 2007. *Gangguan Akibat Kekurangan Iodium*. Dalam Departemen Gizi dan Kesehatan Masyarakat FKM UI. *Gizi dan Kesehatan Masyarakat*. PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.
9. Cahyadi, Wisnu. 2006. Penentuan Kadar Spesi Iodium dalam Garam Beriodium dan Makanan dengan Metode HPLC Pasangan Ion. *Info POM*. 7(3): 1 – 7.
10. Lachman, L., Lieberman, H.A., Joseph, L.K. 1986. *The Theory and Practice of Industrial Pharmacy*, London : 860-892.
11. Diosady, L. L., Alberti, J.O., Mannar, G. V. 2002. Microencapsulation for Iodine Stability in Salt Fortified with Ferrous Fumarate and Potassium Iodide. *Food Research International* 35 : 635-642.

12. Re, M.I. 1998. Microencapsulation by Spray Dryng. *Drying Technology* 16 (6) : 1195-1236.
13. Park, Kinam and Yeo, Yoon. 2007. Microencapsulation Technology. Dalam: Swarbick, James. (ed.). 2007. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*. Vol 1. Informa Healthcare USA, Inc., New York: 2315-2318.
14. Thies, C. 1996. *A Survey of Microencapsulation Processes*. Dalam *Microencapsulation: Methods and Industrial Applications*. Simon Benita (ed.). Marcel Dekker, New York: 1-19.
15. Adamiec, J., Marciniak, E. 2004. *Microencapsulation of Oil/Matrix/Water System during Spray Drying Process*. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004), vol. C, 2043-2050.
16. Canovas, Gustavo V. Barbosa. 2005. *Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality*. Kluwer Academic, New York: 204-206.
17. Deasy, P.B. 1984. *Microencapsulation and Related Drug Process*. Marcel Dekker, New York: 3.
18. Sigma-aldrich. *Tutorial of Bioamaterials*. <http://www.sigmaaldrich.com/materialscience/biomaterials/tutorial.html>. (28 Desember 2009)
19. Hillery, M.A. 1989. *Advanced Drug Delivery and Targetting: An introduction*. Dalam: Drug Delivery and Targetting for Pharmacists and Pharmaceutical Scientists. Taylor and Francis, New York: 65-68
20. Benoit, Jean-Pierre., Marchais, Herve. 1996. *Biodegradable Michrosphere: Advances Production Technology*. Dalam *Microencapsulation: Methods and Industrial Applications*. Simon Benita (ed.). Marcel Dekker, New York: 50-52.
21. Ganiswarna, Sulistia G (ed.). 1995. *Farmakologi Dan Terapi*. Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta: 736.
22. Marsetyo, H dan Kartasapoetra, G. 1991. *Ilmu Gizi (Korelasi Gizi, Kesehatan dan Produktifitas Kerja)*. PT Rineka Cipta, Jakarta.

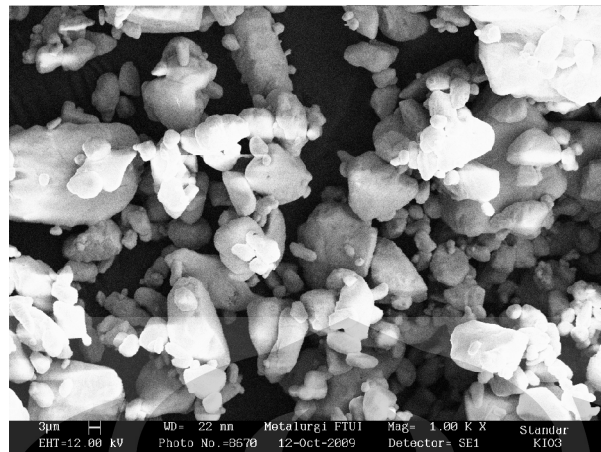
23. Matavinovic, J. 1988. *Iodium*. Dalam Nasoetion AH, Karyadi D, penerjemah; Robert E., Olson et al, (ed.). *Pengetahuan Gizi Mutakhir*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: *Present Knowledge in Nutrition*.
24. Anonim. 1995. *Farmakope Indonesia Edisi IV*. Depkes RI, Jakarta : 649-652.
25. Triswono, LEJ. 1992. *Iodium Mikronutrien Esensial*. PAU Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
26. Rivai, Harrizul. 1995. *Asas Pemeriksaan Kimia*. UI-Press, Jakarta.
27. Day, R.A dan Underwood, A.L. 1992. *Analisis Kimia Kuantitatif* (Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Penerjemah). Penerbit Erlangga, Jakarta.
28. Mannar, M.G.V. and Dunn, J.T. 1995. *Salt iodization for the elimination of iodine deficiency*. International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, UNICEF, New York, NY US, WHO, Genève CH.
29. Marihati, Rame. 2003. Penelitian Kestabilan Iodat dalam Garam Briket Melalui Perbaikan Proses dan Kondisi Operasi Iodisasi. *Jurnal GAKI Indonesia vol. 5 – 6 (2)*: 10 – 14.
30. Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3556, Departemen Perindustrian Republik Indonesia, 1994.
31. Saksono, Nelson. 2002. Analisis Iodat dalam Bumbu Dapur dengan Metode Iodometri dan X-Ray Fluorescence. *Makara, Teknologi 6 (3)* : 89-94.
32. Silva, R.L.G.N.P, de Oliviera, A.F., Neves, E.A. 1998. Spectrophotometric Determination of Iodate Table Salt. *Journal Brazil Chemistry Society 9 (2)*: 171-174.
33. Kennedy, J.F., Knill C.J., Taylor, D.W. 1995. *Maltodextrins*. Dalam Kearsley, M.W.J dan S.Z. Dziedzic (ed.). *Handbook of Strach Hydrolysis Products and Their Derivatives*. Backie Academic and Professional.

34. Macrae, R., Robinson, R.K., Sadler, M.J. 1993. *Encyclopedia of Food Science Food Technology and Nutrition, Vol. 2*. Academic Press, London: 1325 – 1328.
35. Wikipedia. *Maltodextrin*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Maltodextrin>. (28 Agustus 2009)
36. Wade, Ainley dan Weller, Paul J. (ed.). 1994. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. The Pharmaceutical Press, London.
37. Finotelli, Priscilla V., Rocha-Leao, Maria H.M. 2005. Microencapsulation of Ascorbic Acid in Maltodextrin and Capsul Using Spray-Dying. *2<sup>nd</sup> Mercosur Congress on Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Mercosur Congress on Process Systems Engineering*.
38. Agustin, Megrina Dian. 2004. *Mikroenkapsulasi Furosemid Menggunakan Polimer Maltodekstrin DE 1-5 dari Pati Singkong dengan Metode Semprot Kering*. Skripsi Sarjana Farmasi FMIPA UI.
39. Manurung, Supardi. 2008. *Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Mikrokapsul Iodium*. Skripsi Sarjana Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
40. Anggriani, Vidya. 2009. *Penggunaan Pragelatinasi Pati Singkong Suksinat Sebagai Matriks Hidrofilik dalam Mikrosfer Mukoadhesif*. Skripsi Sarjana Farmasi FMIPA UI.
41. Baswedan, Savira. 2008. *Mikroenkapsulasi Ferosulfat Heptahidrat Sebagai Bahan Baku Pada Fortifikasi Pangan Menggunakan Metode Pengerasan Dalam Cairan*. Skripsi Sarjana Farmasi FMIPA UI.
42. Rahman, M.S. 2003. Formation of Pores in Foods during Drying and Frying: A Theoretical Model. *3<sup>rd</sup> International Symposium on Food Rheology Structure*.

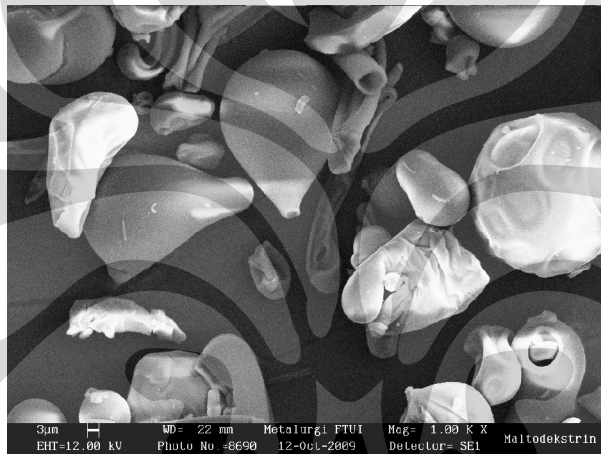




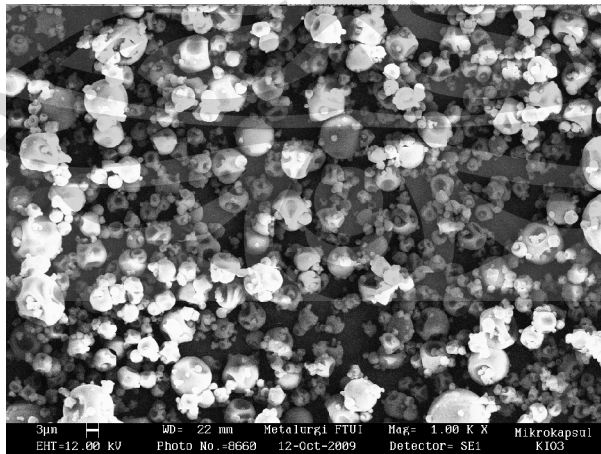
Gambar 7. (a) Kalium iodat standar, (b) Maltodekstrin, (c) Mikro kapsul formula I, (d) Mikro kapsul formula II, (e) Mikro kapsul formula III



(a)



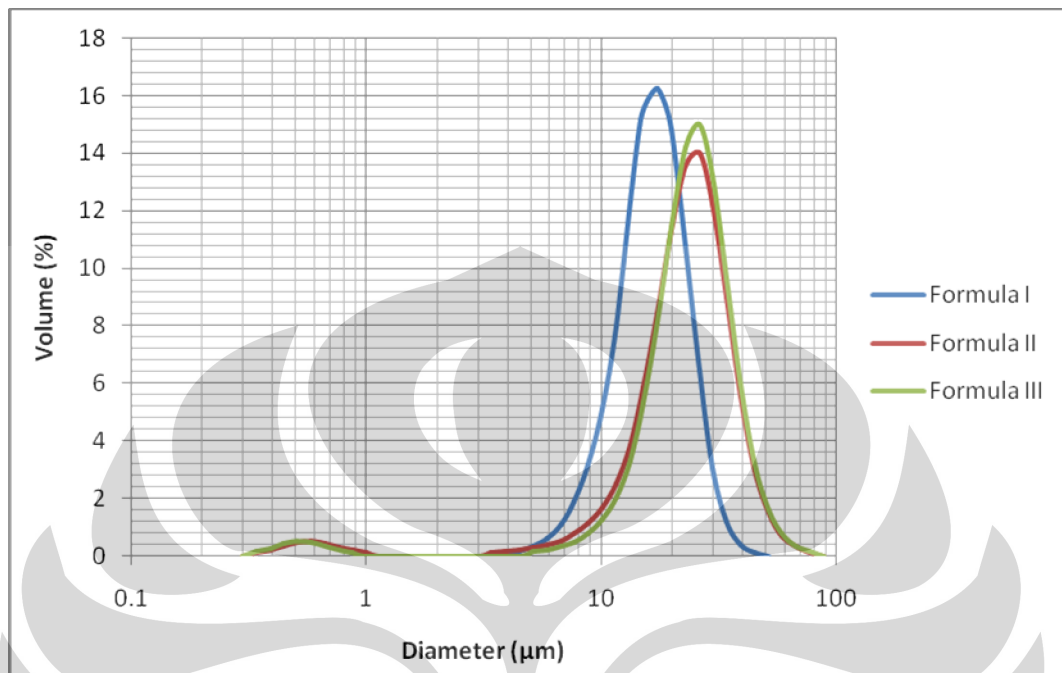
(b)



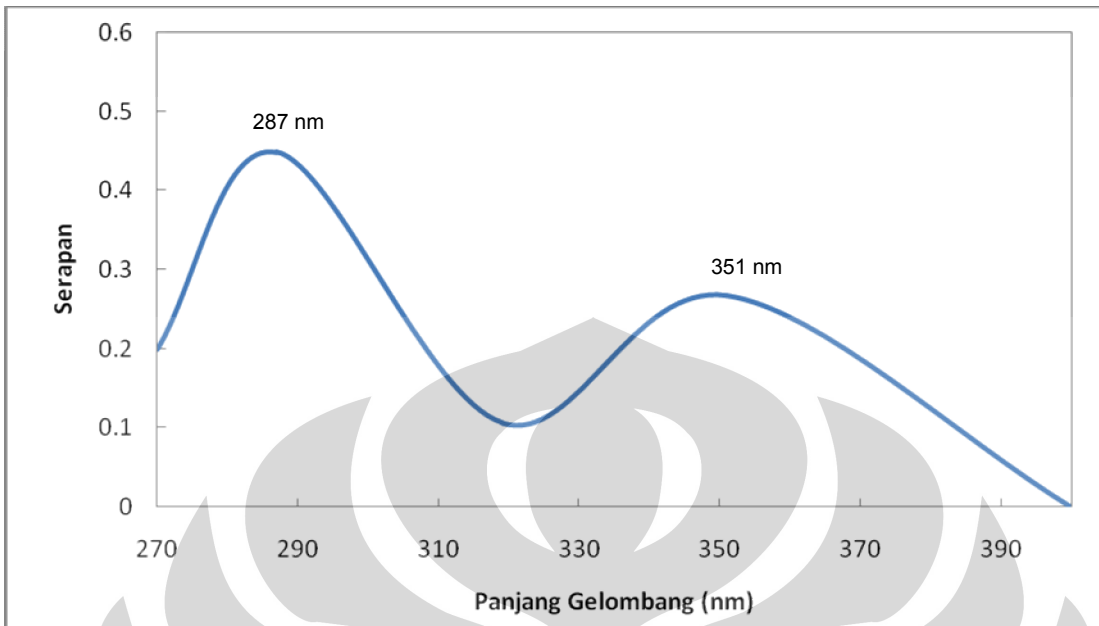
(c)

Gambar 8. Mikrofotograf perbesaran 1000x, (a) Kalium iodat, (b) maltodekstrin, (c) Mikrokapsul formula I

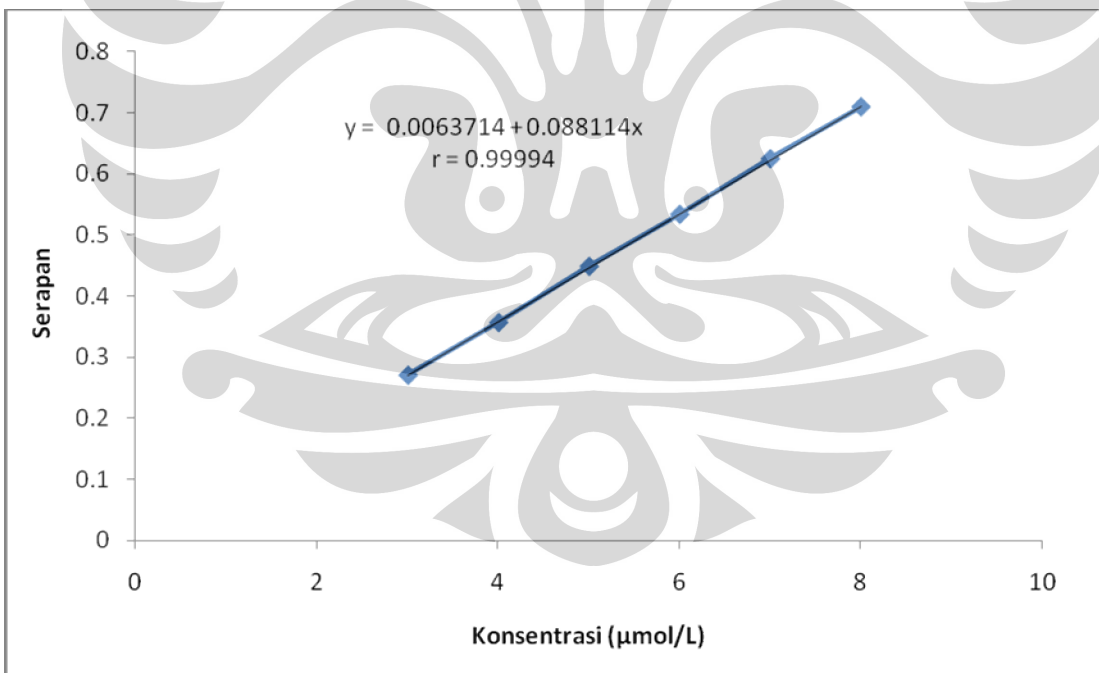




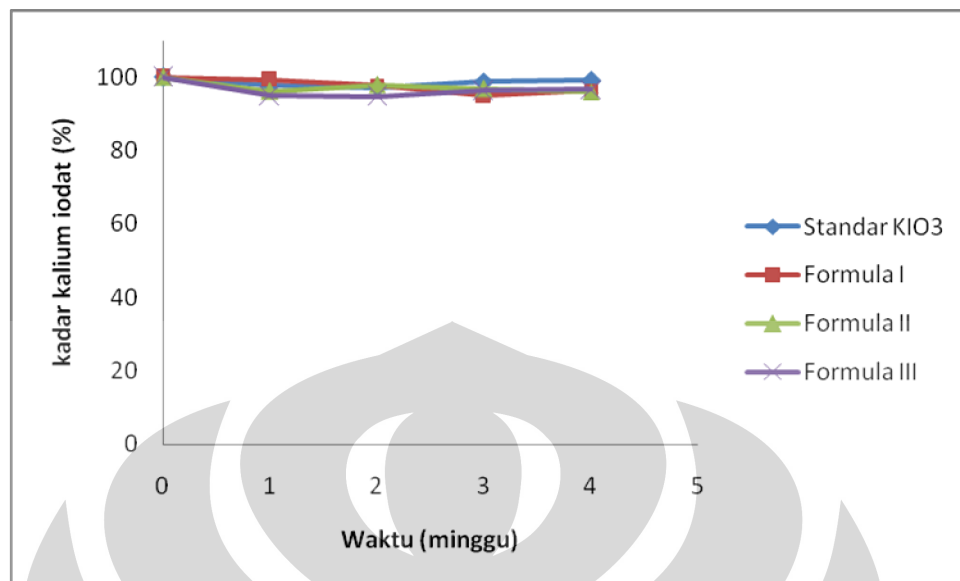
Gambar 9. Distribusi ukuran partikel mikrokapsul



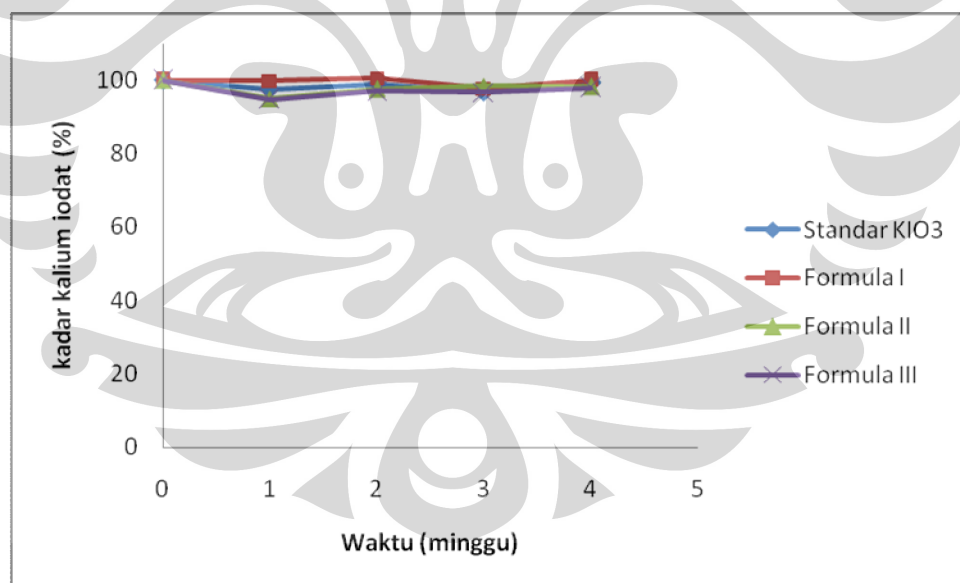
Gambar 10. Kurva serapan hasil reaksi antara larutan standar kalium iodat pada konsentrasi 5 μmol/L dengan KI dalam suasana asam.



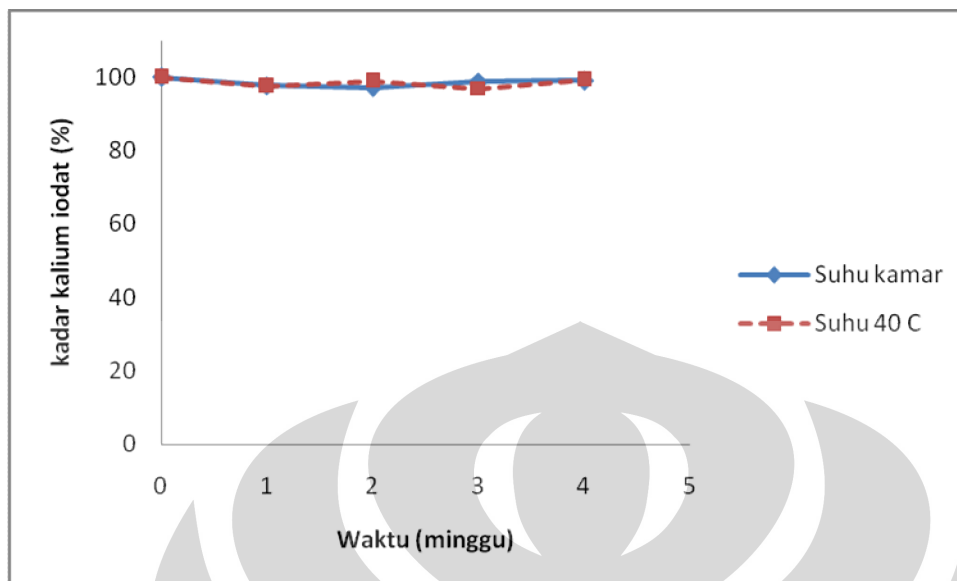
Gambar 11. Kurva kalibrasi larutan standar kalium iodat pada  $\lambda$  maks 287 nm



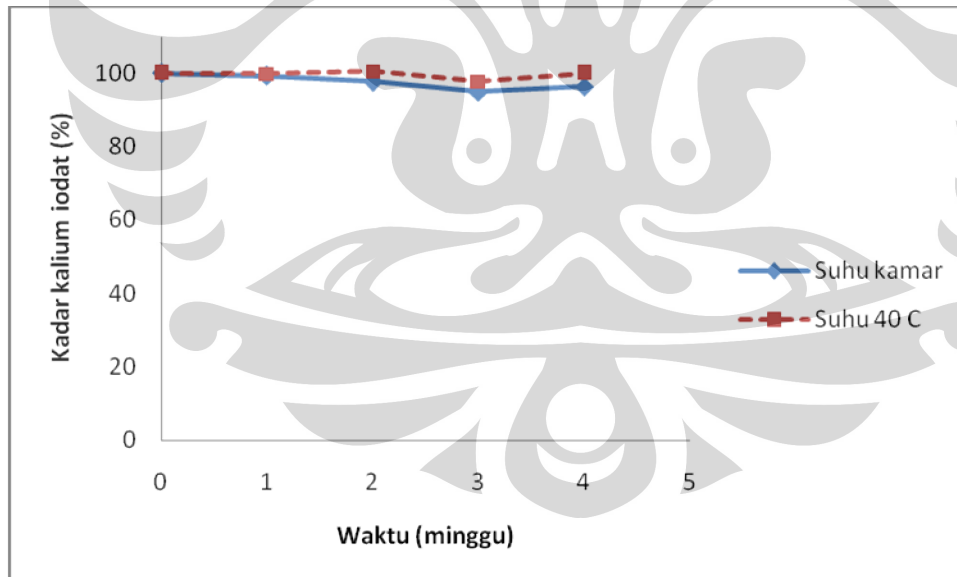
Gambar 12. Kurva uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu kamar setelah penyimpanan selama 4 minggu.



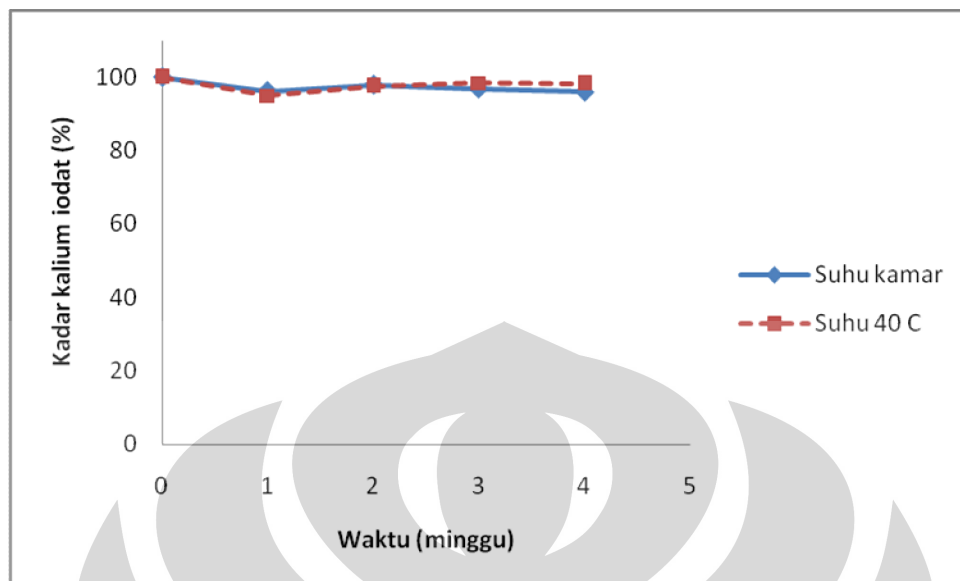
Gambar 13. Kurva uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu 40°C setelah penyimpanan selama 4 minggu.



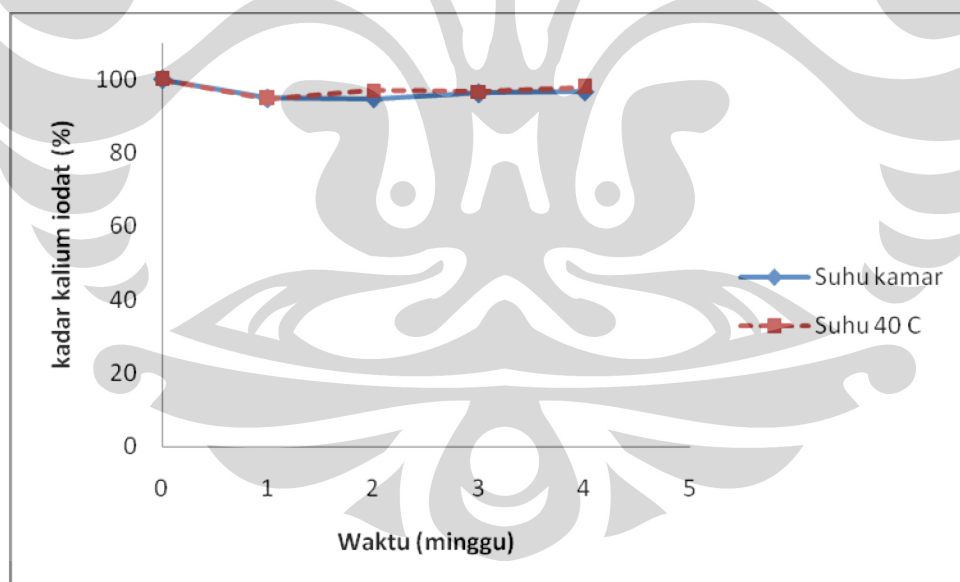
Gambar 14. Kurva uji stabilitas standar kalium iodat setelah penyimpanan selama 4 minggu.



Gambar 15. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula I setelah penyimpanan selama 4 minggu.



Gambar 16. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula II setelah penyimpanan selama 4 minggu.



Gambar 17. Kurva uji stabilitas kalium iodat dalam mikrokapsul formula III setelah penyimpanan selama 4 minggu.



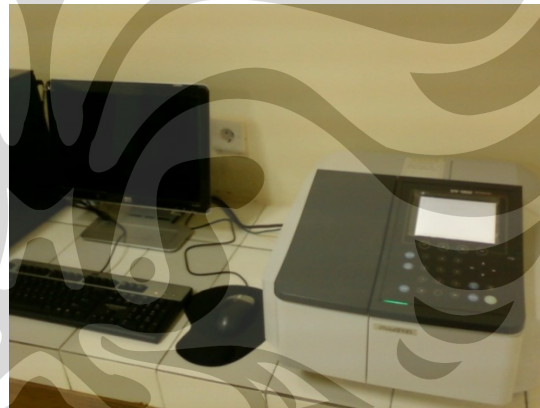
a)



b)



c)



d)

Gambar 18. a) Alat semprot kering, b) Alat *Scanning Electron Microscope*, c) Alat *Particle Size Analyzer*, d) Spektrofotometri UV-Vis



Tabel 5. Distribusi ukuran partikel mikrokapsul

Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Formula (%)		
	I	II	III
0,2-1	-	2,69	2,49
1-10	7,30	3,59	1,96
10-20	59,36	33,75	31,48
20-40	11,07	54,33	57,96
40-80	0,13	5,64	6,10

Tabel 6. Median dan rata-rata diameter ukuran partikel mikrokapsul

Diameter	Formula ( $\mu\text{m}$ )		
	I	II	III
Rata-rata	16,13	22,76	23,62
Median	15,58	21,99	22,77

Tabel 7. Faktor perolehan kembali pembuatan mikrokapsul kalium iodat dengan metode sempot kering

Formula	Wo (g)	Wt (g)	(Wp) (%)
I	75,75	34,14	45,08
II	78,75	26,48	33,62
III	82,50	32,99	39,98



Tabel 8. Hasil uji kadar air mikrokapsul

Formula	Kadar Air (%)
I	5,23
II	5,66
III	4,12

Tabel 9. Data serapan larutan standar kalium iodat pada  $\lambda$  maks 287 nm

Konsentrasi ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Serapan (A)
3,028	0,271
4,037	0,357
5,046	0,449
6,056	0,534
7,065	0,625
8,074	0,710

Perhitungan menggunakan persamaan regresi linier:

$$a = 0,0063714$$

$$b = 0,088114$$

$$r = 0,99994$$

Persamaan regresi linier:

$$y = 0,0063714 + 0,088114x$$

Tabel 10. Uji perolehan kembali (UPK) dan presisi larutan standar kalium iodat pada konsentrasi 5  $\mu\text{mol/L}$

Konsentrasi ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Serapan (A)	UPK (%)	Rata-rata (%)	SD (%)	KV (%)
5,046	0,449	100,46	100,60	0,25	0,25
	0,450	100,69			
	0,451	100,92			
	0,450	100,69			
	0,448	100,24			

Tabel 11. Efisiensi penyerapan kalium iodat dalam mikrokapsul

Formula	Kadar $\text{KIO}_3$ Teoritis (%)	Kadar $\text{KIO}_3$ Terjerap (%)	Efisiensi Penyerapan (%)	Rata-rata $\pm$ SD (%)
I	1	0,9830	98,30	$98,11 \pm 0.0026$
		0,9792	97,92	
II	5	4,8543	97,08	$96,76 \pm 0.0223$
		4,8226	96,45	
III	10	9,0275	90,27	$90,06 \pm 0.0292$
		8,9862	89,86	

Tabel 12. Uji perolehan kembali (UPK) kandungan kalium iodat dalam mikrokapsul.

Formula	Kadar $KIO_3$ terjerap (%)	Kadar $KIO_3$ sesungguhnya (%)	UPK (%)	Rata-rata $\pm$ SD (%)
III	9,0275	9,2853	97,22	95,97 $\pm$ 1,61
		9,4309	95,72	
		9,5037	94,98	

Tabel 13. Ringkasan hasil evaluasi mikrokapsul kalium iodat dari ketiga formula.

Parameter	Formula		
	I	II	III
Diameter ukuran partikel ( $\mu\text{m}$ )	16,13	22,76	23,62
Faktor perolehan kembali (%)	45,08	33,62	39,98
Kadar air (%)	5,23	5,66	4,12
Efisiensi penyerapan (%)	98,11	96,76	90,06

Tabel 14. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul formula I (1%) setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Waktu (minggu)	Kadar $KIO_3 \pm SD$ (%)	
	Suhu Kamar	Suhu 40°C
0	0,9811 $\pm$ 0,0026	0,9811 $\pm$ 0,0026
1	0,9738 $\pm$ 0,0042	0,9801 $\pm$ 0,0001
2	0,9582 $\pm$ 0,0093	0,9862 $\pm$ 0,0347
3	0,9311 $\pm$ 0,0258	0,9586 $\pm$ 0,0074
4	0,9460 $\pm$ 0,0005	0,9812 $\pm$ 0,0108

Tabel 15. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul formula II (5%) setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Waktu (minggu)	Kadar $KIO_3 \pm SD$ (%)	
	Suhu Kamar	Suhu 40°C
0	4,8384 $\pm$ 0,0223	4,8384 $\pm$ 0,0223
1	4,6545 $\pm$ 0,0348	4,5911 $\pm$ 0,0211
2	4,7347 $\pm$ 0,0008	4,7222 $\pm$ 0,0394
3	4,6828 $\pm$ 0,0511	4,7673 $\pm$ 0,0111
4	4,6461 $\pm$ 0,0117	4,7565 $\pm$ 0,0456

Tabel 16. Data uji stabilitas kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikro kapsul formula III (10%) setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Waktu (minggu)	Kadar $KIO_3 \pm SD$ (%)	
	Suhu Kamar	Suhu 40°C
0	9,0068 $\pm$ 0,0292	9,0068 $\pm$ 0,0292
1	8,5443 $\pm$ 0,1347	8,5292 $\pm$ 0,2204
2	8,5317 $\pm$ 0,0075	8,7408 $\pm$ 0,1608
3	8,6718 $\pm$ 0,1150	8,7127 $\pm$ 0,1825
4	8,7094 $\pm$ 0,0603	8,8152 $\pm$ 0,1503

Tabel 17. Data uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikro kapsul dan standar pada suhu kamar setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Waktu (minggu)	Kadar kalium iodat (%)			
	Standar	Formula I	Formula II	Formula III
1	97,82	99,25	96,19	94,86
2	97,16	97,67	97,85	94,72
3	98,85	94,90	96,78	96,27
4	99,06	96,42	96,02	96,69

Tabel 18. Data uji stabilitas kadar kalium iodat dalam mikrokapsul dan standar pada suhu 40°C setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Waktu (minggu)	Kadar kalium iodat (%)			
	Standar	Formula I	Formula II	Formula III
1	97,48	99,90	94,88	94,69
2	98,96	100,52	97,59	97,04
3	96,93	97,70	98,52	96,73
4	99,28	100,00	98,30	97,87

Tabel 19. Persentase rata-rata penurunan kadar kalium iodat dalam mikrokapsul setelah penyimpanan selama 4 minggu.

Formula	Presentase penurunan (%)	
	Suhu kamar	Suhu 40°C
I	2,94	0,47
II	3,29	2,67
III	4,36	3,41
Standar	1,77	1,83



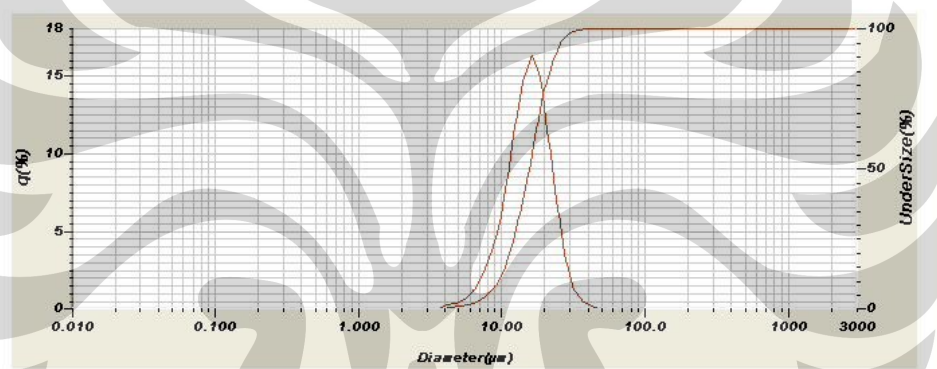
Lampiran 1.

Distribusi ukuran partikel formula I

2009.12.04 20:14:18

**HORIBA** Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950

Sample Name	: Mikrokapsul KIO3 1%	Median Size	: 15.58373(µm)
ID#	: 200912031128825	Mean Size	: 16.13101(µm)
Data Name	: 200912031128825	Std.Dev.	: 5.5423(µm)
Transmittance(R)	: 82.9(%)	Geo.Mean Size	: 15.1813(µm)
Transmittance(B)	: 85.4(%)	Geo.Std.Dev.	: 1.4286(µm)
Circulation Speed	: OFF	Mode Size	: 16.2373(µm)
Agitation Speed	: OFF	Span	: OFF
Ultra Sonic	: OFF	Diameter on Cumulative %	: (2)10.00 (%) - 9.4716(µm)
Form of Distribution	: Auto		: (9)90.00 (%) - 23.3827(µm)
Distribution Base	: Volume		
Refractive Index (R)	: mikrokapsul KIO3 1%[mikrokapsul KIO3( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360)]		
Refractive Index (B)	: mikrokapsul KIO3 1%[mikrokapsul KIO3( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360)]		
Material	: KIO3		
Source	: Farnasi UI		
Lot Number	: 001		
Test or Assay. Number	: Assay		



No.	Diane (µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diane (µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diane (µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diane (µm)	q(%)	UnderSize(%)
1	0.011	0.000	0.000	35	0.296	0.000	0.000	49	7.897	1.509	4.106	73	200.000	0.000	100.000
2	0.013	0.000	0.000	36	0.339	0.000	0.000	50	8.816	3.196	7.301	74	229.075	0.000	100.000
3	0.015	0.000	0.000	37	0.389	0.000	0.000	51	10.097	5.103	12.404	75	262.376	0.000	100.000
4	0.017	0.000	0.000	38	0.445	0.000	0.000	52	11.565	8.009	20.413	76	300.518	0.000	100.000
5	0.020	0.000	0.000	39	0.510	0.000	0.000	53	13.246	11.562	31.975	77	344.206	0.000	100.000
6	0.022	0.000	0.000	40	0.584	0.000	0.000	54	15.172	14.815	46.791	78	394.244	0.000	100.000
7	0.026	0.000	0.000	41	0.669	0.000	0.000	55	17.377	18.290	63.051	79	451.556	0.000	100.000
8	0.029	0.000	0.000	42	0.766	0.000	0.000	56	19.904	21.616	77.868	80	517.200	0.000	100.000
9	0.034	0.000	0.000	43	0.877	0.000	0.000	57	22.797	25.929	88.797	81	592.387	0.000	100.000
10	0.039	0.000	0.000	44	1.005	0.000	0.000	58	26.111	30.437	95.234	82	678.904	0.000	100.000
11	0.044	0.000	0.000	45	1.151	0.000	0.000	59	29.907	36.044	98.278	83	777.141	0.000	100.000
12	0.051	0.000	0.000	46	1.318	0.000	0.000	60	34.255	41.190	99.468	84	890.116	0.000	100.000
13	0.058	0.000	0.000	47	1.510	0.000	0.000	61	39.234	46.403	99.871	85	1019.616	0.000	100.000
14	0.067	0.000	0.000	48	1.729	0.000	0.000	62	44.938	51.129	100.000	86	1167.226	0.000	100.000
15	0.076	0.000	0.000	49	1.981	0.000	0.000	63	51.471	55.000	100.000	87	1337.481	0.000	100.000
16	0.087	0.000	0.000	50	2.269	0.000	0.000	64	58.953	58.000	100.000	88	1531.914	0.000	100.000
17	0.100	0.000	0.000	51	2.599	0.000	0.000	65	67.523	60.000	100.000	89	1754.613	0.000	100.000
18	0.115	0.000	0.000	52	2.976	0.000	0.000	66	77.339	60.000	100.000	90	2009.687	0.000	100.000
19	0.131	0.000	0.000	53	3.409	0.000	0.000	67	88.583	60.000	100.000	91	2301.841	0.000	100.000
20	0.150	0.000	0.000	54	3.905	0.000	0.000	68	101.460	60.000	100.000	92	2636.467	0.000	100.000
21	0.172	0.000	0.000	55	4.472	0.175	0.175	69	116.210	60.000	100.000	93	3000.000	0.000	100.000
22	0.197	0.000	0.000	56	5.122	0.328	0.503	70	133.103	60.000	100.000				
23	0.226	0.000	0.000	57	5.867	0.604	1.107	71	152.453	60.000	100.000				
24	0.259	0.000	0.000	58	6.720	1.090	2.196	72	174.616	60.000	100.000				



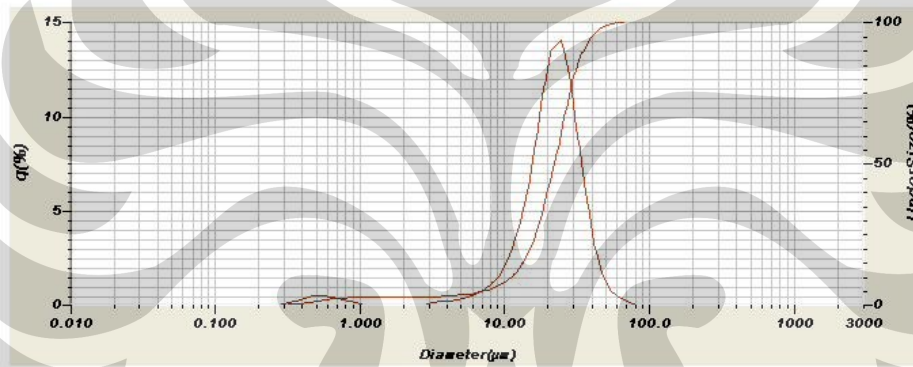
Lampiran 2.

Distribusi ukuran partikel formula II

2009.12.04 20:15:49

**HORIBA** Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950

Sample Name	: Mikrokapsul K103 5%	Median Size	: 21.99393(µm)
ID#	: 200912031142829	Mean Size	: 22.76960(µm)
Data Name	: 200912031142829	Std.Dev.	: 10.1198(µm)
Transmittance(R)	: 88.0(%)	Geo.Mean Size	: 19.4019(µm)
Transmittance(B)	: 90.2(%)	Geo.Std.Dev.	: 2.0894(µm)
Circulation Speed	: OFF	Mode Size	: 24.2436(µm)
Agitation Speed	: OFF	Span	: OFF
Ultra Sonic	: OFF	Diameter on Cumulative %	: (2)10.00 (%) - 11.2537(µm)
Form of Distribution	: Auto		: (9)90.00 (%) - 35.2703(µm)
Distribution Base	: Volume		
Refractive Index (R)	: mikrokapsul K103 5%(mikrokapsul K103( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360))		
Refractive Index (B)	: mikrokapsul K103 5%(mikrokapsul K103( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360))		
Material	: K103		
Source	: Farmasi UI		
Lot Number	: 001		
Test or Assay. Number	: Assay		



No.	Diameter(µm)	q(%)	Under-Size(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	Under-Size(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	Under-Size(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	Under-Size(%)
1	0.011	0.000	0.000	25	0.296	0.000	0.000	49	7.697	0.771	5.149	73	200.000	0.000	100.000
2	0.013	0.000	0.000	26	0.339	0.112	0.112	50	8.616	1.134	6.283	74	229.075	0.000	100.000
3	0.015	0.000	0.000	27	0.389	0.216	0.328	51	10.097	1.687	7.971	75	262.376	0.000	100.000
4	0.017	0.000	0.000	28	0.445	0.362	0.690	52	11.595	2.640	10.611	76	300.518	0.000	100.000
5	0.020	0.000	0.000	29	0.510	0.469	1.149	53	13.246	3.977	14.588	77	344.206	0.000	100.000
6	0.022	0.000	0.000	30	0.584	0.499	1.648	54	15.172	5.653	20.240	78	394.244	0.000	100.000
7	0.026	0.000	0.000	31	0.669	0.428	2.076	55	17.377	8.463	28.703	79	451.696	0.000	100.000
8	0.029	0.000	0.000	32	0.766	0.306	2.382	56	19.904	11.329	40.032	80	517.200	0.000	100.000
9	0.034	0.000	0.000	33	0.877	0.193	2.576	57	22.797	13.848	53.880	81	592.387	0.000	100.000
10	0.039	0.000	0.000	34	1.005	0.116	2.691	58	26.111	14.007	67.887	82	678.904	0.000	100.000
11	0.044	0.000	0.000	35	1.151	0.000	2.691	59	29.907	12.240	79.827	83	777.141	0.000	100.000
12	0.051	0.000	0.000	36	1.318	0.000	2.691	60	34.295	8.977	88.804	84	890.116	0.000	100.000
13	0.058	0.000	0.000	37	1.510	0.000	2.691	61	39.234	5.557	94.361	85	1019.515	0.000	100.000
14	0.067	0.000	0.000	38	1.729	0.000	2.691	62	44.938	2.988	97.349	86	1167.725	0.000	100.000
15	0.076	0.000	0.000	39	1.981	0.000	2.691	63	51.471	1.488	98.837	87	1337.481	0.000	100.000
16	0.087	0.000	0.000	40	2.269	0.000	2.691	64	58.963	0.703	99.540	88	1531.914	0.000	100.000
17	0.100	0.000	0.000	41	2.699	0.000	2.691	65	67.523	0.321	99.861	89	1754.613	0.000	100.000
18	0.115	0.000	0.000	42	2.976	0.000	2.691	66	77.339	0.139	100.000	90	2009.687	0.000	100.000
19	0.131	0.000	0.000	43	3.409	0.114	2.805	67	88.983	0.000	100.000	91	2301.841	0.000	100.000
20	0.150	0.000	0.000	44	3.905	0.195	2.961	68	101.460	0.000	100.000	92	2636.467	0.000	100.000
21	0.172	0.000	0.000	45	4.472	0.210	3.172	69	116.210	0.000	100.000	93	3000.000	0.000	100.000
22	0.197	0.000	0.000	46	5.122	0.283	3.455	70	133.103	0.000	100.000				
23	0.226	0.000	0.000	47	5.867	0.386	3.840	71	152.453	0.000	100.000				
24	0.259	0.000	0.000	48	6.720	0.538	4.378	72	174.616	0.000	100.000				

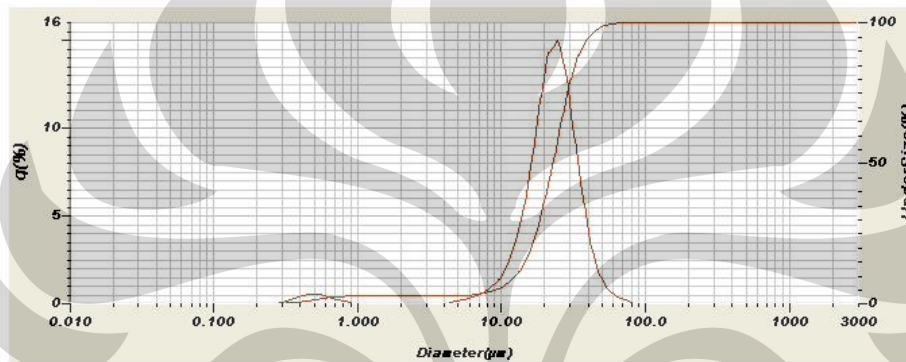
## Lampiran 3.

## Distribusi ukuran partikel formula III



# HORIBA Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950

Sample Name	: Mikrokapsul K103 10%	Median Size	: 22.77176(µm)
ID#	: 200912031159835	Mean Size	: 23.62142(µm)
Data Name	: 200912031159835	Std.Dev.	: 9.9260(µm)
Transmittance(R)	: 86.6(%)	Geo.Mean Size	: 20.4497(µm)
Transmittance(B)	: 89.0(%)	Geo.Std.Dev.	: 2.0357(µm)
Circulation Speed	: OFF	Mode Size	: 24.2890(µm)
Agitation Speed	: OFF	Span	: OFF
Ultra Sonic	: OFF	Diameter on Cumulative %	: (2)10.00 (%) - 12.6858(µm)
Form of Distribution	: Auto		: (9)90.00 (%) - 35.8976(µm)
Distribution Base	: Volume		
Refractive Index (R)	: mikrokapsul K103 10%[mikrokapsul K103( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360)]		
Refractive Index (B)	: mikrokapsul K103 10%[mikrokapsul K103( 1.530 - 0.000),Ethanol( 1.360)]		
Material	: K103		
Source	: Farmasi UI		
Lot Number	: 001		
Test or Assay, Number	: Assay		



No.	Diameter(µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	UnderSize(%)	No.	Diameter(µm)	q(%)	UnderSize(%)
1	0.011	0.000	0.000	25	0.296	0.000	0.000	49	7.897	0.498	3.659	73	200.000	0.000	100.000
2	0.013	0.000	0.000	26	0.339	0.142	0.142	50	8.816	0.789	4.457	74	229.075	0.000	100.000
3	0.015	0.000	0.000	27	0.389	0.266	0.408	51	10.097	1.259	5.716	75	262.375	0.000	100.000
4	0.017	0.000	0.000	28	0.445	0.410	0.819	52	11.595	2.030	7.746	76	300.518	0.000	100.000
5	0.020	0.000	0.000	29	0.510	0.602	1.321	53	13.246	3.307	11.053	77	344.206	0.000	100.000
6	0.022	0.000	0.000	30	0.584	0.479	1.800	54	15.172	5.312	16.366	78	394.244	0.000	100.000
7	0.025	0.000	0.000	31	0.669	0.399	2.199	55	17.377	8.136	24.501	79	451.596	0.000	100.000
8	0.029	0.000	0.000	32	0.766	0.220	2.379	56	19.904	11.435	35.936	80	517.200	0.000	100.000
9	0.034	0.000	0.000	33	0.877	0.117	2.497	57	22.797	14.180	50.116	81	592.387	0.000	100.000
10	0.039	0.000	0.000	34	1.005	0.000	2.497	58	26.111	14.580	64.696	82	678.504	0.000	100.000
11	0.044	0.000	0.000	35	1.151	0.000	2.497	59	29.907	13.192	78.288	83	777.141	0.000	100.000
12	0.051	0.000	0.000	36	1.316	0.000	2.497	60	34.255	9.657	87.946	84	890.116	0.000	100.000
13	0.058	0.000	0.000	37	1.510	0.000	2.497	61	39.234	5.952	93.898	85	1019.515	0.000	100.000
14	0.067	0.000	0.000	38	1.729	0.000	2.497	62	44.938	3.203	97.100	86	1167.725	0.000	100.000
15	0.076	0.000	0.000	39	1.981	0.000	2.497	63	51.471	1.607	98.708	87	1337.481	0.000	100.000
16	0.087	0.000	0.000	40	2.269	0.000	2.497	64	58.953	0.771	99.479	88	1531.914	0.000	100.000
17	0.100	0.000	0.000	41	2.599	0.000	2.497	65	67.523	0.360	99.839	89	1754.613	0.000	100.000
18	0.115	0.000	0.000	42	2.976	0.000	2.497	66	77.339	0.161	100.000	90	2009.687	0.000	100.000
19	0.131	0.000	0.000	43	3.409	0.000	2.497	67	88.583	0.000	100.000	91	2301.841	0.000	100.000
20	0.150	0.000	0.000	44	3.905	0.000	2.497	68	101.460	0.000	100.000	92	2636.467	0.000	100.000
21	0.172	0.000	0.000	45	4.472	0.000	2.497	69	116.210	0.000	100.000	93	3000.000	0.000	100.000
22	0.197	0.000	0.000	46	5.122	0.142	2.638	70	133.103	0.000	100.000				
23	0.226	0.000	0.000	47	5.867	0.211	2.849	71	152.493	0.000	100.000				
24	0.259	0.000	0.000	48	6.720	0.321	3.170	72	174.616	0.000	100.000				

## Lampiran 4.

Perhitungan kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul

Formula	Berat (mg)	A	Kadar (%)	Rata-rata ± SD (%)
I	1016	0,212	0,9830	0,9811 ± 0.0026
	1015	0,211	0,9792	

Cara perhitungan:

Sampel :  $\frac{1016 \text{ mg}}{100 \text{ ml}}$  → 10160 ppm

↓ 1 ml

10160 µg/100ml (101,6 ppm)

↓ 5 ml

508 µg/10ml (50,8 ppm)

$y = 0,00637142 + 0,0881142x$  →  $y = A = 0,212$

$0,212 = 0,00637142 + 0,0881142x$

$x = 2,33365 \text{ µmol/L}$

$x = 2,33365 \text{ µmol/L} \times \frac{214}{1000}$

$x = 0,49940 \text{ ppm}$

Jadi, kadar kalium iodat yang terjerap dalam mikrokapsul (%):

$$= \frac{0,49940 \text{ ppm}}{50,8 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 0,9830\%$$

Lampiran 5.

Perhitungan kadar kalium iodat dalam mikrokapsul setelah penyimpanan selama 4 minggu

Waktu (minggu)	Kadar KIO <sub>3</sub> ± SD (%)	
	Suhu Kamar	Suhu 40°C
0	0,9811 ± 0.0026	0,9811 ± 0.0026
1	0,9738 ± 0.0042	0,9801 ± 0.0001
2	0,9582 ± 0.0093	0,9862 ± 0.0347
3	0,9128 ± 0.0258	0,9586 ± 0.0074
4	0,9460 ± 0.0005	0,9812 ± 0.0108

Cara perhitungan:

$$\text{Kadar (\%)} = \frac{\text{Kadar kalium iodat yang terjerap minggu ke-X}}{\text{Kadar kalium iodat yang terjerap minggu ke-0}} \times 100\%$$

Kadar kalium iodat dalam mikrokapsul minggu ke-2 pada suhu kamar :

$$= \frac{0,9582}{0,9811} \times 100\%$$

$$= 97,66\%$$

Lampiran 6.

## Sertifikat analisis kalium iodat



## Certificate of Analysis

<http://certificates.merck.de>

Date of print: 28.08.2009

1.05051.0100 Potassium iodate GR for analysis  
ACS,ISO,Reag.PhEur

Batch K38864451

	Specification Values		Batch Values	
Assay (iodometric)	99.7 - 100.4	%	100.1	%
Insoluble matter	max 0.005	%	0.002	%
pH-value (5 %; water)	5.0 - 8.0		6.8	
Chloride, Chlorate, Bromide, Bromate (as Cl)	max 0.01	%	≤ 0.01	%
Iodide (I)	max 0.001	%	≤ 0.001	%
Sulphate (SO <sub>4</sub> )	max 0.005	%	≤ 0.005	%
Total nitrogen (N)	max 0.002	%	≤ 0.002	%
Heavy metals (as Pb)	max 0.0005	%	≤ 0.0005	%
As (Arsenic)	max 0.0003	%	< 0.0001	%
Fe (Iron)	max 0.001	%	≤ 0.001	%
Na (Sodium)	max 0.005	%	< 0.0002	%
Pb (Lead)	max 0.0004	%	≤ 0.0004	%
Loss on drying (130 °C)	max 0.05	%	0.01	%

Test date (DD.MM.YYYY): 18.06.2008  
Minimum shelf life (DD.MM.YYYY): 30.06.2011

Dr. Andreas Lang

responsible laboratory manager quality control

*This document has been produced electronically and is valid without a signature*