



**MIKROENKAPSULASI  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  MENGGUNAKAN  
PENYALUT ETIL SELULOSA DENGAN METODE  
PENGUAPAN PELARUT**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Heni Ristiani**  
**NIM 131810301013**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**MIKROENKAPSULASI  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  MENGGUNAKAN  
PENYALUT ETIL SELULOSA DENGAN METODE  
PENGUAPAN PELARUT**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi kimia (S1) dan mencapai gelar sarjana sains

Oleh  
**Heni Ristiani**  
**NIM 131810301013**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi petunjuk dan memberikan kelancaran atas terselesainya skripsi saya.
2. Ayah Gumono, Ibu Yatni dan Nenekku Warsi yang telah memberikan dukungan, saran dan nasehat-nasehatnya.
3. Adikku Agung Pangestu tersayang, yang selalu mengingatkan untuk segera lulus.
4. Saudara-saudara sepupu ku (Rahayu, Esthi, Pendi, dan Maya) yang telah memberikan motivasi dan semangatnya.
5. Teman-teman angkatan 2013 “Titanium”.
6. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

“Banyak Kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari  
betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah”

(Thomas Alva Edison)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heni Ristiani

NIM : 131810301013

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  Menggunakan Penyalut Etil Selulosa Dengan Metode Penguapan Pelarut” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 15 November 2017

Yang Menyatakan

Heni Ristiani

NIM 131810301013

**SKRIPSI**

**MIKROENKAPSULASI  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  MENGGUNAKAN  
PENYALUT ETIL SELULOSA DENGAN METODE  
PENGUAPAN PELARUT**

Oleh

Heni Ristiani  
NIM 131810301013

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Agung Budi Santoso, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : drh. Wuryanti Handayani, M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  Menggunakan Penyalut Etil Selulosa Dengan Metode Penguapan Pelarut” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari, Tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (DPU),

Anggota I,

Agung Budi Sntoso, S.Si., M.Si  
NIP. 197104301998031003

drh.Wuryanti Handayani, M.Si  
NIP. 196008221985032002

Anggota II,

Anggota III,

Novita Andarini, S.Si., M.Si  
NIP. 197211122000032001

Drs. Sudarko, Ph.D  
NIP.196903121992031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  Menggunakan Penyalut Etil Selulosa Dengan Metode Penguapan Pelarut;** Heni Ristiani, 131810301013; 2017: 42 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  merupakan bahan kimia yang memiliki manfaat sebagai sediaan zat besi dalam tubuh.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  akan mengalami reaksi oksidasi bila dibiarkan pada udara terbuka. Sifat  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang tidak stabil dapat diperbaiki dengan teknologi mikroenkapsulasi metode penguapan pelarut. Metode penguapan pelarut dipilih karena menggunakan alat yang sederhana serta waktu pembuatan yang cepat. Penelitian ini akan mengkaji tentang karakteristik mikroenkapsul, efisiensi penyerapan  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul serta pengaruh waktu penyimpanan mikroenkapsul terhadap bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul.

Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di buat dengan melarutkan etil selulosa dengan etanol kedalamnya ditambahkan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (1, 2, 3 gram). Pada tempat yang terpisah dibuat larutan gliserin 1%, 2%, 3% (v/v). Campuran bahan inti dimasukkan kedalam larutan gliserin tetes demi tetes sambil diaduk dengan magnetik stirrer kecepatan tetap selama 3 jam. Mikroenkapsul dilakukan filtrasi, pencucian dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 1 jam.

Mikroenkapsul yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki warna semakin kuning apabila semakin banyak  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan memiliki bentuk yang kasar apabila konsentrasi gliserin semakin tinggi. Perolehan mikroenkapsul  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sekitar 66.84% sampai 79.88%. Kadar air mikroenkapsul antara 41.49% sampai 46.45%. Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul antara 66.91 mg sampai 266.80 mg. Bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  mikroenkapsul antara 30.61 mg sampai 74.76 mg. Efisiensi Penyerapan  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul antara 32.55% sampai 53.76%. Analisa pengaruh waktu penyimpanan terhadap bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  didapatkan bahwa semakin hari bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  semakin menurun yaitu 78.78% sampai 66.75% dan bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  semakin meningkat yaitu 22.04% sampai 33.24%.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  Menggunakan Penyalut Etil Selulosa Dengan Metode Penguapan Pelarut”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Sujito, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. Bapak Agung Budi Santoso, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu drh. Wuryanti Handayani, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan serta arahan demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Ibu Novita Andarini, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Bapak Drs. Sudarko, Ph.D selaku Dosen Penguji II, yang telah yang telah memberikan waktu untuk menguji serta memberikan kritik dan saran demi menyempurnakan skripsi ini;
5. Ibu Dr. A.A. Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing serta memotivasi penulis selama menjadi mahasiswa;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhirnya penulis berharap, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN BIMBINGAN .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
HALAMAN PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Mikroenkapsulasi .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Metode Penguapan Pelarut .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Etil Selulosa .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Gliserin .....</b>	<b>14</b>

2.6 Kadar Air .....	15
2.7 Spektrofotometer UV-Vis .....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Alat .....	18
3.2.2 Bahan .....	18
<b>3.3 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>20</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Karakteristik Mikroenkapsul .....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Perolehan Mikroenkapsul yang Terbentuk .....	29
4.1.2 Kadar Air Mikroenkapsul .....	31
4.1.3 Bobot total Fe <sup>2+</sup> dalam Mikroenkapsul .....	32
4.1.4 Bobot total Fe <sup>3+</sup> dalam Mikroenkapsul .....	34
<b>4.2 Efisiensi Penjerapan Fe<sup>2+</sup> .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2 Pengaruh Waktu Penyimpanan Mikroenkapsul terhadap Bobot         total Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> .....</b>	<b>38</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>42</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Bahan penyalut dan potensi mekanisme pelepasan bahan inti .....	5
2.2 Metode mikroenkapsulasi dan ukuran mikroenkapsul.....	8
2.3 Kegunaan etil selulosa.....	13
2.4 Kelarutan Gliserin .....	14
2.5 Viskositas Gliserin .....	15
2.6 Kegunaan gliserin pada kehidupan sehari-hari .....	15
3.1 Formulasi Mikroenkapsulasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ variasi Gliserin dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	20
2.6 Nilai $k$ , $R^2$ dan waktu paruh pada setiap formula mikroenkapsul $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Morfologi mikroenkapsul.....	6
2.2 Bentuk-bentuk mikroenkapsul .....	6
2.3 Teknik Penguapan Pelarut .....	10
2.4 Macam-macam hasil emulsi penguapan pelarut .....	11
2.5 Kristal $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	11
2.6 Struktur $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	12
2.7 Struktur Etil selulosa .....	13
2.8 Struktur gliserin .....	14
2.9 Interaksi cahaya oleh sampel atau materi .....	16
4.1 Hasil mikroenkapsul $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang diperoleh metode penguapan pelarut .....	27
4.2 Hasil mikroenkapsul $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang diperoleh metode <i>spray drying</i> .....	16
4.3 Grafik Perolehan Kembali Mikroenkapsul.....	19
4.4 Grafik Kadar Air dalam Mikroenkapsul .....	31
4.5 Grafik Bobot total $\text{Fe}^{2+}$ dalam Mikroenkapsul .....	33
4.6 Grafik Bobot total $\text{Fe}^{3+}$ dalam Mikroenkapsul .....	35
4.7 Grafik Efisiensi Penjerapan $\text{Fe}^{2+}$ .....	37
4.8 Grafik Kadar $\text{Fe}^{2+}$ dan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ dalam Mikroenkapsul.....	38
4.9 Grafik Pengaruh Waktu Penyimpanan Mikroenkapsul .....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Perolehan Kembali Mikroenkapsul .....	49
4.2 Kadar Air Mikroenkapsul .....	51
4.3 Penetapan $Fe^{2+}$ .....	53
4.3.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{2+}$ interval 10 nm dari 450-560 menggunakan larutan $Fe^{2+}$ 6 ppm.....	53
4.3.2 Scanning Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{2+}$ interval 2 nm dari 500-520 menggunakan larutan $Fe^{2+}$ 2 ppm.....	54
4.3.3 Kurva Kalibrasi $Fe^{2+}$ .....	55
4.3.4 Penetapan Bobot total $Fe^{2+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-0.....	57
4.3.5 Efisiensi Penjerapan $Fe^{2+}$ dalam Mikroenkapsul .....	58
4.3.6 Penetapan Bobot total $Fe^{2+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-7.....	59
4.3.7 Penetapan Bobot total $Fe^{2+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-14.....	60
4.4 Penetapan $Fe^{3+}$ .....	61
4.4.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{3+}$ interval 10 nm dari 400-550 menggunakan larutan $Fe^{3+}$ 4 ppm.....	61
4.4.2 Scanning Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{3+}$ interval 2 nm dari 450-560 menggunakan larutan $Fe^{3+}$ 4 ppm.....	62
4.4.3 Kurva Kalibrasi $Fe^{3+}$ .....	63
4.4.4 Penetapan Bobot total $Fe^{3+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-0.....	65
4.4.5 Penetapan Bobot total $Fe^{3+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-7.....	66
4.4.6 Penetapan Bobot total $Fe^{3+}$ dalam Mikroenkapsul Hari Ke-14.....	67
4.5 Perhitungan Kadar $Fe^{2+}$ dan Kadar $Fe^{3+}$ pada Mikroenkapsul .....	69
4.5.1 Kadar $Fe^{2+}$ dan Kadar $Fe^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari Ke-0 .....	69
4.5.2 Kadar $Fe^{2+}$ dan Kadar $Fe^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari Ke-7 .....	69
4.5.3 Kadar $Fe^{2+}$ dan Kadar $Fe^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari Ke-14 .....	69

4.6 Perhitungan Waktu Paruh Mikroenkapsul .....71



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  memiliki nama lain *ferrous sulfat heptahydrat* atau *green vitrol*.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  merupakan bahan kimia yang berbentuk serbuk, berwarna hijau, dan mudah larut dalam air (Fauziyati, 2011).  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  merupakan bahan yang memiliki manfaat besar bagi kesehatan. Salah satunya yaitu dapat memberikan sediaan zat besi dalam tubuh apabila dikonsumsi. Menurut McDiarmid dan Johnson (2002) besi oral dalam bentuk garam ferro memiliki bioavailabilitas yang lebih baik daripada garam ferri, karena kelarutan garam ferro lebih tinggi dari garam ferri serta daya penyerapan zat besi 3 kali lebih tinggi.

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  memiliki harga yang murah dibandingkan garam ferro lainnya, namun secara organoleptik tidak dapat diterima oleh konsumen karena warna, bau dan rasanya (Fauziyati, 2011).  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  akan mengalami reaksi oksidasi bila dibiarkan pada udara terbuka. Reaksi oksidasi yang terjadi menghasilkan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (Holleman *et al.*, 1985). Berdasarkan tabel yang berisi tentang persenyawaan besi yang dapat digunakan secara komersil,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  memiliki bioavailabilitas yang buruk apabila dikonsumsi oleh manusia dan hewan sehingga tidak direkomendasikan (International Nutritional Anemia Consultative Group, 1990).

Sifat  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang tidak stabil dapat diperbaiki dengan teknologi mikroenkapsulasi. Teknologi mikroenkapsulasi adalah proses penyalutan partikel-partikel kecil zat padat atau tetesan cairan dalam suatu pelapis polimer. Mikroenkapsul berbentuk bulat dan ukurannya antara puluhan mikron sampai beberapa milimikron (Benita, 2006). Teknik mikroenkapsulasi sering digunakan dalam bidang farmasi, makanan dan pertanian. Tujuan teknik mikroenkapsulasi adalah untuk melindungi bahan inti yang sensitif atau tidak stabil dari pengaruh lingkungan. Keunggulan dari teknik mikroenkapsulasi adalah dapat menutupi rasa dan bau yang tidak enak (Ghosh, 2006).



Metode mikroenkapsulasi terdapat beberapa macam salah satunya adalah metode penguapan pelarut. Prinsip metode ini adalah memasukkan polimer ke dalam pelarut yang mudah menguap kemudian bahan inti didispersikan dalam larutan polimer. Larutan polimer yang mengandung bahan inti di teteskan ke fase pendispersi. Larutan polimer yang mengandung bahan inti dibiarkan menguap, menghasilkan mikroenkapsul yang tidak larut pada fase pendispersi. Mikroenkapsul dikumpulkan selanjutnya dilakukan proses pencucian, filtrasi dan pengeringan (Benita, 1991). Keunggulan metode penguapan pelarut dibandingkan dengan metode lain yaitu reproduksibilitas bagus, waktu pembuatan yang tidak lama dan alat yang digunakan mudah (Tiwari *et al.*, 2011). Metode ini telah diaplikasikan pada proses mikroenkapsulasi glikuidon, ranitidin HCl, karbamazepin, parasetamol, likopen, propranolol hidroklorida, metformin hidroklorida, aseklofenak diltiazem hidroklorida.

Mikroenkapsulasi yang dilakukan oleh Hidayati (2015) pada diltiazem hidroklorida menggunakan etil selulosa, diklorometan, dan poli vinil alkohol (PVA). Poli vinil alkohol berfungsi untuk menurunkan energi tegangan antarmuka fase. Formula yang dibuat ada 2 yaitu dengan variasi konsentrasi poli vinil alkohol (PVA) 0,8% dan 1%. Hasil perolehan kembali mikroenkapsul yaitu sebesar 77,51% dan 57,51%. Hasil perolehan kembali mikroenkapsul dipengaruhi oleh konsentrasi poli vinil alkohol (PVA) dimana, semakin besar maka akan terjadi penurunan energi tegangan antarmuka fase (fase air dan fase minyak) sehingga akan terjadi penurunan perolehan mikroenkapsul dan penurunan kadar obat. Hal ini disebabkan oleh banyaknya partikel yang menempel pada dinding wadah. Kadar obat yaitu  $3,51 \pm 0,022\%$  dan  $3,19 \pm 0,01\%$ . Hasil efisiensi penjerapan atau mikroenkapsulasi yaitu  $9,57 \pm 0,02\%$  dan  $7,87 \pm 0,01\%$ .

Berdasarkan uraian dalam penelitian ini akan dibuat mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan etil selulosa, etanol 95%, dan gliserin. Etil selulosa merupakan bahan kimia yang berbentuk serbuk, berwarna putih dan memiliki bau manis. Etil selulosa sering digunakan untuk penyalutan pada obat, kosmetik dan makanan. Etil selulosa digunakan sebagai penyelaput karena sifatnya yang hidrofobik dan larut dalam banyak pelarut organik (Rowe *et al.*, 2009). Etanol

95% dipilih karena volatil, titik didih rendah, dapat ditorelir keberadaannya oleh tubuh dibandingkan dengan diklorometan. Gliserin dipilih karena berfungsi sebagai fasa pendispersi dan *Food and Drug Administration* mengakui gliserin sejak tahun 1959 sebagai bahan yang aman. Gliserin mudah dicerna, tidak beracun, dan bermetabolisme bersama karbohidrat.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi gliserin dan konsentrasi bahan inti atau  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  terhadap karakteristik mikroenkapsul yang diperoleh?
2. Bagaimana efisiensi penyerapan  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul?
3. Bagaimana pengaruh waktu penyimpanan mikroenkapsul terhadap bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserin dan konsentrasi bahan inti atau  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  terhadap karakteristik mikroenkapsul yang diperoleh.
2. Mengetahui efisiensi penyerapan  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul.
3. Mengetahui pengaruh waktu penyimpanan mikroenkapsul terhadap bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Etil selulosa yang digunakan berasal adalah SHANGHAI HONEST CHEMCO., LTD dengan viskositas 20 mPas
2. Etanol yang digunakan konsentrasi 95%.
3. Karakteristik yang dilakukan untuk pengaruh konsentrasi gliserin dan konsentrasi bahan aktif atau  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  meliputi berat perolehan mikroenkapsul, kadar air, bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul.
4. Analisa bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dengan waktu penyimpanan 0, 7 dan 14 hari.
5. Wadah penyimpanan mikroenkapsul adalah plastik klip.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk Peneliti  
Diharapkan mampu mengaplikasikan studi mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan etil selulosa metode penguapan pelarut.
2. Untuk Penelitian lebih lanjut  
Diharapkan dapat mengembangkan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  mikroenkapsulasi penguapan pelarut dalam bentuk yang lebih baik dan lebih efektif.
3. Untuk memberikan informasi tentang metode pembuatan mikroenkapsulasi.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikroenkapsulasi

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses penyeloputan atau pelapisan bahan inti mengakibatkan pembentukan matrik polimer sehingga membentuk partikel kecil. Mikroenkapsul terdiri dari dua bahan utama yaitu bahan inti dan bahan penyalut. Bahan inti merupakan bahan aktif akan disalut atau zat yang akan dilindungi. Bahan inti dapat berupa zat padat, cairan maupun gas. Bahan penyalut merupakan bahan yang menghasilkan lapisan tipis, keras tidak rapuh dan stabil. Bahan penyalut yang sering digunakan antara lain etil selulosa, natrium alginat, gum arab, karagenan, dektran, gelatin dan lain-lain (Theis, 1996). Tabel bahan penyalut dan potensi mekanisme pelepasan bahan inti dapat dilihat pada tabel 2.1.

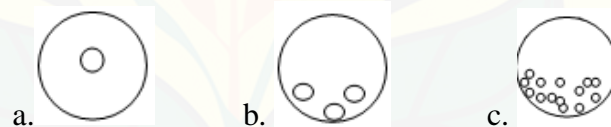
Tabel 2.1 Bahan penyalut dan potensi mekanisme pelepasan bahan inti

Bahan Penyalut	Mekanisme Pelepasan			
	Mekanik	Panas	Pelarutan	Kimia
Alginat	x		x	
Karrageenan	x		x	
Kaseinat	x		x	
Kitosan	x			
Gelatin	x			
Xanthan gum	x	x		
Gum arab	x	x		
Latek	x		x	
Pati	x		x	
Etil selulosa	x			
Asam lemak	x	x		x
Asam alkohol	x	x		x
Resin hidrokarbon	x	x		
Mono, di dan triasil gliserol	x	x		
Wax alami	x	x		
Poli etilena	x	x		

Sumber: Adaptasi dari Favaro-trindade *et al.*, 2008.

Bahan penyalut akan membentuk matrik sehingga memungkinkan pemisahan bahan inti dari lingkungannya. Sifat matrik ini akan meningkatkan stabilitas, memperpanjang umur simpan inti dan pelepasan yang berkelanjutan dan terkontrol. Ukuran mikroenkapsul antara mikron sampai beberapa millimeter. Pemilihan bahan penyalut tersebut tergantung karakteristik mikroenkapsul akhir yang diinginkan. Bahan penyalut umumnya memiliki sifat *biodegradable*, menghasilkan serbuk dengan sifat tertentu (tidak bersifat higroskopis, tidak berpori, mudah larut, stabil), murah, mudah dikeringkan dan tidak reaktif (Martin, dkk., 2008).

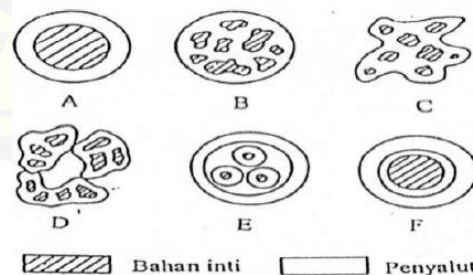
Morfologi mikroenkapsul terdapat beberapa bentuk diantaranya bentuk mononuklear, polinuklear dan matrik. Mikroenkapsul bentuk mononuklear merupakan mikroenkapsul yang terdapat satu bahan inti yang dilapisi kulit. Mikroenkapsul bentuk polinuklear merupakan mikroenkapsul yang terdapat banyak bahan intinya yang dilapisi kulit. Mikroenkapsul bentuk matriks merupakan mikroenkapsul yang bahan inti terdistribusi secara menyeluruh dalam lapisan kulit. Morfologi mikroenkapsul dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Morfologi mikroenkapsul (a) mononuklear; (b) polinuklear; (c) matriks

Gambar 2.1. Morfologi mikroenkapsul (Yoshizawa, 2004).

Kemungkinan bentuk mikroenkapsul yang dihasilkan dari proses mikroenkapsulasi seperti terlihat pada gambar 2.2.



Bentuk mikroenkapsul (A) *Mononuclear spherical* (B) *Multinuclear spherical* (C) *Multinuclear irregular* (D) *Multinuclear irregular cluster* (E) *Encapsulated microcapsulae* (F) *Dual-walled microcapsulas*

Gambar 2.2 Bentuk-bentuk mikroenkapsul (Deasy, 1984).

Mikroenkapsulasi terbagi menjadi 3 berdasarkan ukurannya yaitu makroenkapsulasi, mikroenkapsulasi dan nanoenkapsulasi. Makroenkapsulasi memiliki ukuran berkisar lebih dari 5000  $\mu\text{m}$ . Mikroenkapsulasi memiliki ukuran 0,2 – 5000  $\mu\text{m}$ . Nanoenkapsulasi memiliki ukuran kurang dari 0,2  $\mu\text{m}$  (Theis, 1996).

Metode mikroenkapsulasi yang dapat digunakan yaitu metode kimia, metode fitokimia dan metode mekanik. Metode pembuatan mikroenkapsulasi berdasarkan metode kimia yaitu

a. Polimerisasi antar permukaan

Polimerisasi ini terjadi pada antar muka monomer antara dua fasa cair yang tidak tercampur satu sama lain. Lapisan film akan menyalut fasa terdispersi. Terdapat 2 monomer yang reaktif. Monomer yang digunakan dilarutkan dalam fasa organik, sedangkan satunya dilarutkan dalam fasa air yang mengandung inti terlarut.

b. Polimerisasi *in situ*

Polimerisasi *in situ* hampir mirip dengan polimerisasi antar muka, perbedaannya yaitu hanya ada satu monomer yang berada dalam satu fasa. Syarat polimer penyalut yaitu harus tidak larut dalam medium yang digunakan. Proses ini terjadi karena penambahan katalis sehingga dapat melapisi seluruh permukaan inti.

Metode mikroenkapsulasi berdasarkan metode fitokimia yaitu

a. Koaservasi pemisahan fasa

Metode ini menggunakan pengumpulan partikel koloid yang telah bergabung terlebih dahulu. Pemisahan ini terjadi karena perubahan suhu, pH, atau pengurangan elektrolit.

b. Metode penguapan pelarut

Metode penguapan pelarut dilakukan dengan memasukkan polimer ke dalam pelarut yang mudah menguap kemudian bahan inti didispersikan dalam larutan polimer. Larutan polimer yang mengandung bahan inti di emulsikan pada fase pendispersi. Pelarut awal dibiarkan pelarut menguap, akan dihasilkan mikroenkapsul yang tidak larut pada fase pendispersi.

Mikroenkapsul dikumpulkan selanjutnya dilakukan proses pencucian, filtrasi dan pengeringan.

Metode mikroenkapsulasi berdasarkan metode mekanik yaitu

a. Suspensi udara

Bahan inti yang digunakan pada metode ini harus tahan panas. Bahan inti akan didispersikan dalam aliran udara penyangga dan penyeloputan dilakukan dengan penyemprotan suspensi udara.

b. Semprot beku (*spray chilling*)

Bahan inti atau zat aktif didispersikan ke dalam penyalut yang dicairkan. Pemadatan penyalut dilakukan dengan peresapan, ekstraksi atau penguapan secara termal dalam suatu larutan.

c. Metode penyalutan dalam panci

Mendispersikan bahan inti ke dalam larutan penyalut, selanjutnya dilakukan atomisasi melalui pipa-pipa ke dalam aliran udara panas. Panas ini digunakan untuk menghilangkan pelarut dari dalam bahan penyalut. Hasil yang dihasilkan partikel-partikel kering mikroenkapsul.

d. Semprot kering (*spray drying*)

Penyalut dilakukan dengan semprotan halus ke suatu bahan inti di dalam panci penyalut. Bahan-bahan tersulut saat ada air hangat dalam panci penyalut. Penghilangan pelarut dilakukan dalam oven pengeringan.

(Kasih, 2014).

Tabel 2.2 Metode mikroenkapsulasi dan ukuran mikroenkapsul

Metode Mikroenkapsulasi	Inti	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )
<i>Spray drying</i>	Larutan/padatan	5-150
<i>Spray cooling</i>	Larutan/padatan	20-200
<i>Fluidized bed</i>	Padatan	>100
Ko-kristalisasi	Larutan/padatan	-
Lyophilisasi	Larutan	-
Koaservasi sederhana	Larutan/padatan	20-500
Koaservasi kompleks	Larutan/padatan	1-500
Penguapan pelarut	Larutan/padatan	1-5000
<i>Liposome</i>	Larutan/padatan	0,02-3

Sumber: Adaptasi dari Favaro-trindade *et al.*, 2008.

Tujuan mikroenkapsulasi adalah mengubah bentuk zat yang semula cair menjadi padatan; melindungi bahan inti dari pengaruh lingkungan (pH, enzim, suhu, zat pengoksidasi atau reduksi); memperbaiki aliran serbuk; menutupi rasa dan bau yang tidak enak; menyatukan zat-zat yang tidak tersatukan secara fisik kimia; menurunkan sifat iritasi inti terhadap saluran cerna; mengatur pelepasan inti dan memperbaiki stabilitas bahan inti (Lachman, 1994). Mikroenkapsulasi digunakan pada berbagai bahan aktif termasuk obat-obatan, pestisida, pupuk, insektisida biologis, dan bahan tambahan makanan (Anonymous, 1996).

Keberhasilan mikroenkapsulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu sifat fisikokimia bahan inti atau zat aktif; bahan penyalut yang digunakan (polimer atau monomer); medium yang digunakan (air, pelarut organik, atau gas); tahap proses mikroenkapsulasi (tunggal atau bertingkat); metode mikroenkapsulasi (metode kimia, fisiko kimia, atau mekanis); sifat (licin atau lengket) dan struktur dinding mikroenkapsul (tunggal atau berlapis-lapis); kondisi pembuatan (basah atau kering) (Kasih, 2014).

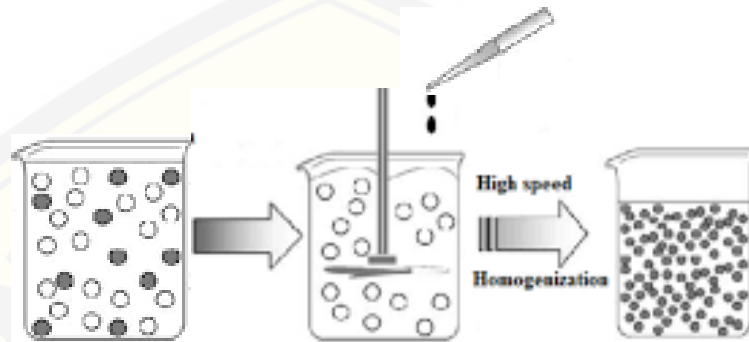
## 2.2 Metode Penguapan Pelarut

Metode penguapan pelarut termasuk ke dalam metode fitokimia. Metode penguapan pelarut merupakan suatu proses dimana bahan penyalut dilarutkan dalam pelarut organik yang mudah menguap, kemudian bahan aktif didispersikan di dalamnya lalu dibuat emulsi fasa air. Pelarut diuapkan dari emulsi tersebut (dengan pemanasan, tekanan tinggi, maupun vakum) sambil terus diaduk dengan kecepatan tertentu. Penguapan pelarut organik menyebabkan terbentuknya lapisan di sekeliling inti, sehingga inti menjadi mikroenkapsul. Penyalut yang sering digunakan pada metode ini adalah etil selulosa, hidrosimetil selulosa, natrium alginat, kitosan. Pelarut yang sering digunakan yaitu kloroform, diklorometan, aseton, campuran toluene dan etanol (Muhaimin, 2013).

Menurut Bodmeier & McGinity (1987) teknik penguapan pelarut merupakan teknik yang paling sukses diaplikasikan karena menghasilkan *entrapment efficiency* bahan aktif dalam partikel tinggi, dan dapat menghasilkan

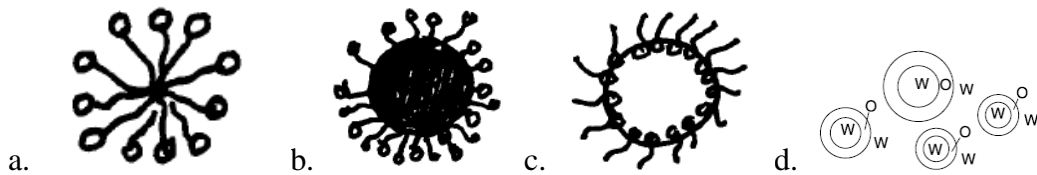


bahan aktif obat yang memiliki sifat baik ataupun buruk dalam larutan berair. Teknik penguapan larut mudah diaplikasikan karena menggunakan alat-alat umum laboratorium. Alat-alat yang digunakan antara lain seperti beaker gelas, pengaduk, pipet tetes. Teknik penguapan pelarut memiliki nilai yang ekonomis serta teknik yang dapat dikontrol dengan baik (Naik *et al.*, 2012).



Gambar 2.3 Teknik Penguapan Pelarut (Yadav & Jail, 2012).

Teknik penguapan pelarut umumnya terdapat dua teknik. Teknik yang pertama adalah penguapan pelarut dalam larutan berair sedangkan yang kedua yaitu penguapan pelarut non-larutan berair. Teknik penguapan larutan dalam larutan berair dibagi menjadi dua metode. Metode yang pertama adalah emulsi penguapan pelarut tunggal dan yang kedua metode emulsi ganda penguapan pelarut. Metode emulsi ganda penguapan pelarut merupakan emulsifikasi air dalam minyak dalam air. Emulsi penguapan pelarut tunggal dapat dibedakan menjadi dua yaitu emulsifikasi minyak dalam air dan emulsifikasi minyak dalam minyak. Teknik emulsifikasi minyak dalam air memiliki efisiensi enkapsulasi yang rendah dalam larut air. Emulsifikasi minyak dalam minyak juga disebut dengan penguapan pelarut non-larutan berair. Emulsifikasi minyak dalam minyak banyak digunakan karena dapat digunakan untuk bahan obat yang larut air dan menghasilkan nilai *entrapment efficiency* tinggi dengan ukuran enkapsul 100-200  $\mu\text{m}$  (Herrmann & Bodmeier, 1998). Perbedaan misel dengan teknik emulsi penguapan pelarut emulsi tunggal dan ganda dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Hasil perbandingan (a) misel, dengan hasil (b) emulsi minyak dalam air, (c) emulsi air dalam minyak, (d) emulsi ganda air dalam minyak dalam air

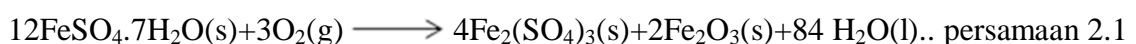
Gambar 2.4. Macam-macam hasil emulsi penguapan pelarut (Tadros, 2005).

### 2.3 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

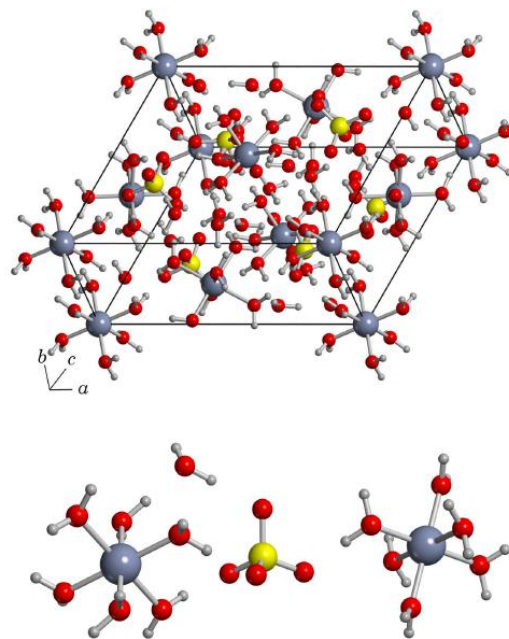


Gambar 2.5. Kristal  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Alibaba, 2009).

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  merupakan bahan kimia yang berbentuk kristal padat, berwarna hijau.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  memiliki nama dengan *ferrous sulfat heptahidrat* atau Besi(II) sulfat (1:1) heptahidrat atau dengan nama dagang *green fitol*.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  memiliki berat molekul 278.01 gram/mol; titik didih sebesar  $300^\circ\text{C}$  serta titik leleh  $64^\circ\text{C}$ . Sifat dari  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yaitu mudah larut di dalam air, tidak larut dalam etanol dan sangat mudah larut dalam air mendidih.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sangat stabil pada tekanan dan temperature kamar. Ambang batas toksisitas  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  adalah LD50 (Lethal Dosis) 319 mg/Kg tikus. Saat udara lembab maka akan teroksidasi menjadi ferri sulfat (Fauziati, 2011). Berikut merupakan reaksi antara udara lembab dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  adalah sebagai berikut:



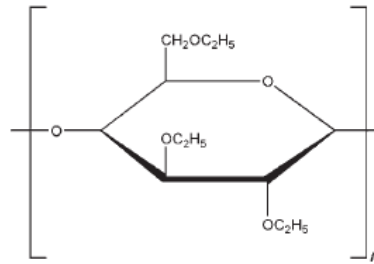
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sering digunakan untuk pemberian sediaan oral karena harganya relative murah dibandingkan bentuk garam ferro lainnya. Garam ferro juga memiliki bioavailabilitas yang lebih baik daripada garam feri, kelarutan garam ferro lebih tinggi dari garam ferri dan mampu diabsorsi tubuh 3 kali lebih tinggi daripada garam ferri.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  juga memiliki efektifitas dan tolerabilitas yang setara dengan ferro fumarat ataupun ferro glukonat (McDiarmid dan Johnson, 2002).



Gambar 2.6. Struktur  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Ruggieo, 2016).

## 2.4 Etil Selulosa

Etil selulosa mempunyai nama lain *aquacoat ECD*; *aqualon*; E462; *ethocel*; *surelease* dan nama kimia *cellulosa ethyl ether*. Etil selulosa merupakan bahan kimia yang berbentuk serbuk berwarna putih, tidak berasa tapi berbau manis bersifat mudah mengalir. Rumus molekul etil selulosa adalah  $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{O}_6(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_5)_n$  (Rowe *et al.*, 2009). Struktur kimia etil selulosa dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Struktur Etil selulosa (Rowe *et al.*, 2009).

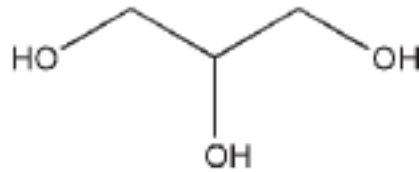
Etil selulosa memiliki kelarutan yang beragam yaitu saat etil selulosa memiliki gugus etoksi kurang dari 46,5% maka akan larut dalam tetrahidrofur, metil asetat kloroform dan campuran hidrokarbon aromatik dengan alkohol. Etil selulosa yang mengandung 46,5% atau lebih gugus etoksi larut dalam alkohol, toluene, kloroform, dan metil asetat. Etil selulosa sering digunakan untuk bahan tambahan dalam formulasi tablet sering dicampurkan dengan etanol 95%, berfungsi sebagai pengikat untuk menghasilkan tablet keras dengan kerapuhan rendah dan menunjukkan pelarutan yang rendah. Etil selulosa juga digunakan dalam krim, lotion atau gel. Etil selulosa juga sebagai penstabil untuk emulsi. Etil selulosa digunakan dalam produk makanan dan kosmetik (Rowe *et al.*, 2009). Tabel kegunaan etil selulosa dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kegunaan etil selulosa

Kegunaan	Konsentrasi (%)
Mikroenkapsulasi	10.0-20.0
<i>Sustained-release tablet coating</i>	3.0-20.0
Granulasi Tablet	1.0-3.0
Koating Tablet	1.0-3.0

Sumber: Rowe *et al.*, 2009

## 2.5 Gliserin



Gambar 2.8. Struktur kimia gliserin

Gliserin atau gliserol memiliki nama lain yaitu 1,2,3-propanetriol atau *trihydroxypropane glysecerol*. Gliserin merupakan bahan kimia berbentuk cair, tidak berwarna, tidak berbau, namun dapat memberikan rasa manis. Gliserol memiliki rumus empiris  $C_3H_8O_3$ , titik didih yaitu pada suhu  $290^\circ C$  dengan titik leleh  $17,8^\circ C$ . Gliserol memiliki massa jenis  $1,2656\text{ g/cm}^3$  saat  $15^\circ C$ ,  $1,2636\text{ g/cm}^3$  saat  $20^\circ C$  dan  $1,2620\text{ g/cm}^3$  saat  $25^\circ C$  (Rowe *et al.*, 2009). Berikut merupakan tabel kelarutan dari gliserin:

Tabel 2.4 Kelarutan gliserin

Pelarut	Kelarutan saat $20^\circ C$
Aseton	Sedikit larut
<i>Benzene</i>	Tidak larut
Chloroform	Tidak larut
Etanol (95%)	Larut
Eter	1 dalam 500
Etil asetat	1 dalam 11
Metanol	Larut
Minyak	Tidak larut
Air	Larut

Sumber: Rowe *et al.*, 2009

Gliserin merupakan bahan kimia yang bersifat higroskopis. Gliserin pada keadaan murni rentan oksidasi, namun saat kondisi penyimpanannya dibawah keadaan normal maka akan terdekomposisi. Campuran gliserin antara air, etanol (95%) dan propilen glikol membentuk senyawa yang stabil. Berikut merupakan tabel viskositas larutan gliserin:

Tabel 2.5 Viskositas larutan gliserin

Konsentrasi larutan gliserin (% w/w)	Viskositas saat 20 °C (mPas)
5	1,143
10	1,311
25	2,095
50	6,05
60	10,96
70	22,94
83	111,0

Sumber: Rowe *et al.*, 2009.

Berikut merupakan tabel kegunaan gliserin pada kehidupan sehari-hari:

Tabel 2.6 Kegunaan gliserin pada kehidupan sehari-hari

Kegunaan	Konsentrasi (%)
Pengawet antimikroba	<20
<i>Emollient</i>	≤30
Gel berair untuk kendaraan	5,0-15,0
Gel non-air untuk kendaraan	50,0-80,0
Pelembab	≤30
Formulasi obat tetes mata	0,5-3,0
Variabel aditif <i>patch</i>	Variabel
Lapisan film tablet variable plastikliser	Variabel
Formulasi parenteral untuk pelarut	≤50
Agen pemanis di racikan alcohol	≤20

Sumber: Rowe *et al.*, 2009

## 2.6 Kadar Air

Kadar air merupakan persentase (%) berat air terhadap bahan basah atau dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan. Berat bahan kering dinyatakan sebagai padatan mengalami pemanasan waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Kadar air termasuk kedalam sifat fisik bahan. Air yang terkandung dalam bahan makanan dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan. Kandungan air dalam makanan ikut menentukan kesegaran, daya tahan bahan dan cita rasa pangan (Syarif dan Halid, 1993).

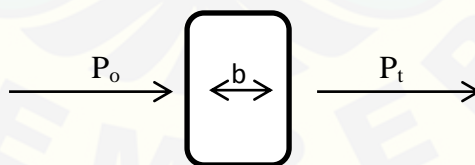
Air ada yang terikat dalam matriks bahan maupun jaringan, ada pula air yang berbentuk bebas. Air yang berbentuk bebas sangat mudah menguap karena

biasanya terdapat pada permukaan bahan pangan. Kadar air perlu diukur untuk menentukan umur simpan suatu bahan. Kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997)

## 2.7 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah peralatan yang digunakan dalam bidang kimia untuk menganalisis sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Pengukuran sampel secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan pada spectrum suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu. Pengukuran sampel secara kuantitatif yaitu dengan hasil absorbansi yang dihasilkan dari spektrum senyawa kompleks unsur yang dianalisis.

Interaksi antara materi dari suatu sampel yang dilewati sinar yaitu akan terjadi transisi elektronik yaitu perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi dengan menyerap panjang gelombang tertentu. Cahaya polikromatik (beragam cahaya) yang terdiri dari beberapa panjang gelombang akan masuk ke monokromator sehingga menghasilkan sinar monokromatik pada panjang gelombang tertentu yang diserap oleh zat (Day dan Underwood, 1989). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Interaksi cahaya oleh sampel atau materi (Siswoyo dan Asnawati, 2007)

Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi ( $A$ ) sedangkan cahaya yang hamburkan diukur sebagai transmitansi ( $T$ ), dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer yang berbunyi: *“jumlah radiasi cahaya yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dalam larutan”*

(Day dan Underwood, 1989).

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang hamburkan:

$$T = \frac{P_t}{P_0} \quad \text{atau} \quad \% T = \frac{P_t}{P_0} \times 100\% \dots\dots\dots \text{persamaan 2.2}$$

dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{P_t}{P_0} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.3}$$

dimana :

$I_0$  : intensitas cahaya datang

$I_t$  : intensitas cahaya setelah melewati sampel

Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \epsilon \cdot b \cdot c \dots\dots\dots \text{persamaan 2.4}$$

dimana:

A : absorbansi

b : tebal kuvet pada umumnya 1 cm

c : konsentrasi larutan yang diukur

$\epsilon$  : konstanta absorptivitas molar (konsentrasi larutan dalam molar)

a : konstanta absorptivitas (konsentrasi larutan dalam ppm).

(Day dan Underwood, 1989).



### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Kimia Organik dan Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember mulai bulan April 2017 sampai Juli 2017.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

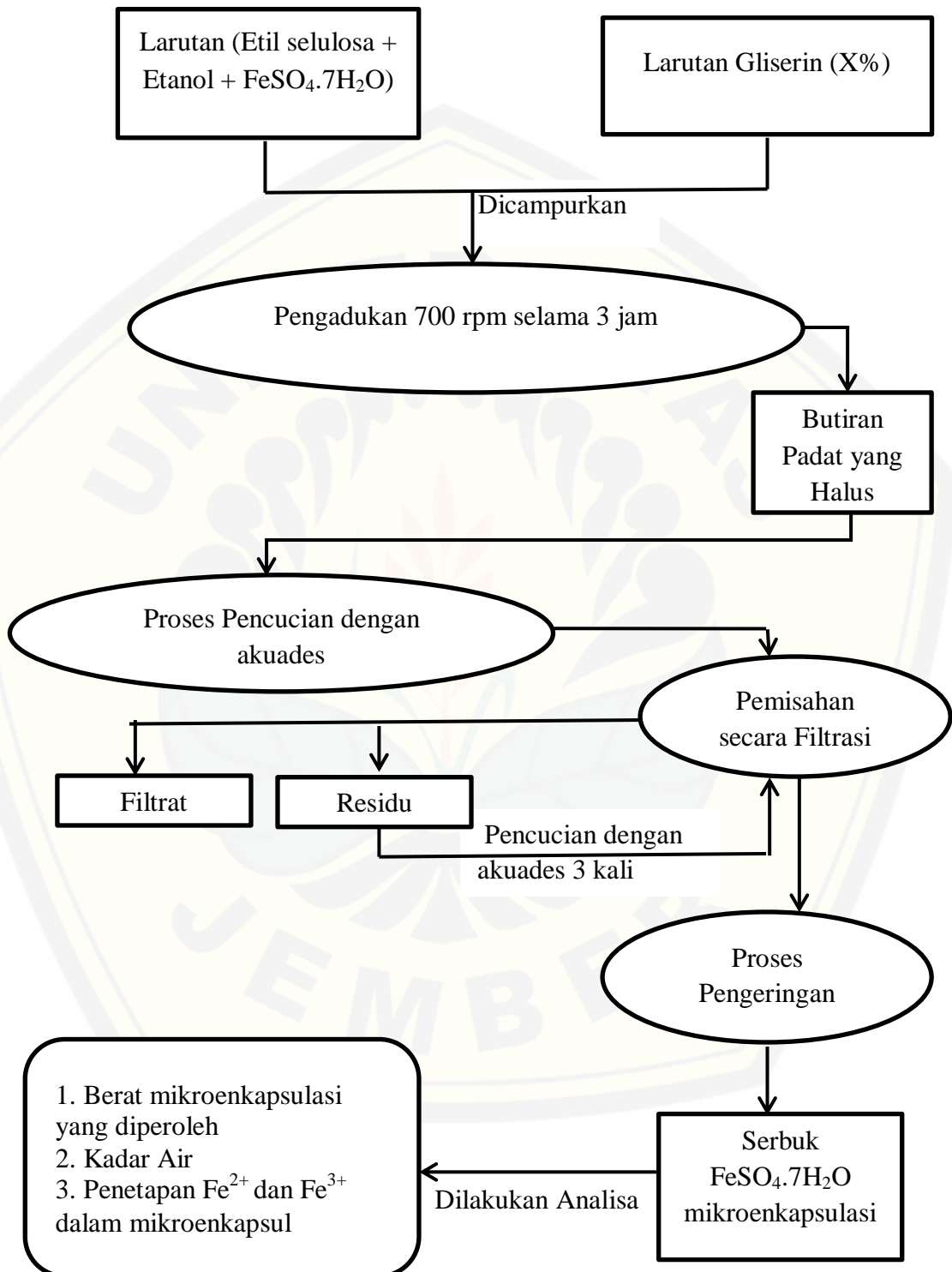
##### 3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (*Ohaus Analytical Plus*), spektrofometri UV-Vis (*Spectrofotometer UV-Vis 722*), pengaduk magnet, pH-meter (*Jenway 3505*), pengaduk biasa, kertas saring, oven (*Oven Venticell*), desikator, alat-alat gelas, spatula.

##### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etil selulosa Shanghai Honest Chem CO.,L TD dengan viskositas 20 mPas, gliserin (Teknis), etanol 97% (Teknis),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (*merck*);  $M_r = 278$  gram/mol, aseton (*merck*);  $\rho = 0,79$  gram/mL,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (*merck*);  $M_r = 270,33$  gram/mol,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (*merck*);  $M_r = 160$  gram/mol,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (*merck*);  $M_r = 82$  gram/mol,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (*merck*)  $\rho = 1,05$  gram/mL;  $M_r = 60$  gram/mol, O-fenantrolin (*merck*),  $\text{HNO}_3$  (*merck*);  $\rho = 1,39$  gram/mL;  $M_r = 63$  gram/mol,  $\text{KSCN}$  (*merck*);  $M_r = 97,18$  gram/mol.

### 3.3 Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Pembuatan Mikroenkapsulasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di buat menggunakan metode penguapan pelarut. Tahap pertama yang perlu dilakukan adalah menyiapkan larutan etil selulosa 10% (w/v) dalam etanol 95%. Larutan etil selulosa ditambahkan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Tahap kedua yang perlu dilakukan adalah menyiapkan larutan gliserin X% (v/v) dalam akuades. Larutan gliserin X% yaitu 1%; 2% dan 3%. Larutan tahap pertama dicampurkan dalam larutan gliserin X% sebanyak 100 mL. Dengan cara tetes demi tetes sambil dilakukan pengadukan dengan kecepatan tetap pada suhu ruang selama 3 jam. Butiran padat yang halus (serbuk) yang terbentuk dipisahkan dengan cara filtrasi. Serbuk dicuci lagi dengan 10 mL akuades dilakukan sebanyak 3 kali. Serbuk yang dihasilkan kemudian dioven pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Serbuk yang diperoleh disimpan pada desikator selama 24 jam selanjutnya dilakukan analisa. Formulasi mikroenkapsul yang akan diteliti dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Formulasi Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  variasi Gliserin dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Formula	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O (Gram)	Gliserin (x%) 100 mL
	[ Bahan Inti]	[Fasa Pendispersi]
F1G1	1	1%
F1G2	1	2%
F1G3	1	3%
F2G1	2	1%
F2G2	2	2%
F2G3	2	3%
F3G1	3	1%
F3G2	3	2%
F3G3	3	3%

Pembuatan mikroenkapsul berdasarkan formula yang telah ditetapkan dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

(Gupta *et al.*, 2013, dengan modifikasi).

### 3.4.2 Penentuan Berat Mikroenkapsul yang Diperoleh

Penentuan berat mikroenkapsul yang diperoleh dengan cara menimbang hasil serbuk mikroenkapsul yang sebelumnya disimpan dalam desikator. Hasil penimbangan serbuk yang diperoleh dicatat. Rumus yang digunakan untuk menghitung perolehan enkapsulasi yaitu dengan:

$$\% \text{Perolehan mikroenkapsul} = \frac{M_o}{M} \times 100\% \dots\dots\dots \text{persamaan 3.1}$$

Keterangan:

M = Berat mikroenkapsul

M<sub>o</sub> = Berat awal dari FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ditambah dengan berat awal etil selulosa (Febriyenti, 2013, dengan modifikasi)

### 3.4.3 Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air yang akan dilakukan menggunakan metode AOAC (1995). Cawan porselen dioven dengan suhu 105°C selama 2 jam untuk menghilangkan air yang tersisa. Sampel kemudian ditimbang ± 1 gram dan ditaruh dalam cawan yang telah dioven dan diketahui massanya. Cawan porselen dan sampel dimasukkan dalam oven lalu dipanaskan pada suhu 105 °C selama 2 jam, dinginkan dalam desikator hingga suhu kamar selanjutnya ditimbang serta dicatat berat yang diperoleh. Pemanasan dalam oven pendinginan diulangi langkah dalam desikator dan penimbangan sampai diperoleh berat konstan.

Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar air adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots \text{persamaan 3.2}$$

Keterangan =

B = Berat sampel akhir (gram)

A = Berat sampel awal (gram)

### 3.4.4 Penentuan Kadar Fe dalam Mikroenkapsulasi Metode Spektrometri

#### 1. Pembuatan Larutan

##### a. Pembuatan Larutan Induk Besi(III) 100 ppm

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ditimbang sebanyak 0,0483 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari, 2015).

##### b. Pembuatan Larutan O-fenantrolin 1000 ppm

Serbuk O-fenantrolin ditimbang sebanyak 0,1 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari, 2015).

##### c. Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 100 ppm

Serbuk  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ditimbang sebanyak 0,0157 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari, 2015).

##### d. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 4,5

Penyiapan larutan buffer dilakukan dengan menyiapkan larutan 0,1 M natrium asetat ( $\text{NaCH}_3\text{OO}$ ) dan 0,1M asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Pembuatan larutan 0,1 M natrium asetat ( $\text{NaCH}_3\text{OO}$ ) yaitu dengan menimbang natrium asetat 8,2 gram. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas.

Pembuatan larutan 0,1M asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Cara pembuatan asam asetat 0,1 M yaitu dengan mengambil asam asetat sebanyak 0.25 mL. Larutan yang telah diambil kemudian dimasukkan dalam labu ukur 50 mL yang sebelumnya telah diisi akuades. Pembuatan larutan buffer pH 4,5 yaitu dengan 0,1 M  $\text{NaCH}_3\text{OO}$  diambil sebanyak 9,0 mL dan pembuatan larutan 0,1M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  diambil 30,5 mL. Larutan campuran tersebut dihomogenkan dengan di strirer selama 2 menit (Mohan, 2006).

**e. Pembuatan Larutan KSCN 2M**

Serbuk KSCN ditimbang sebanyak 12.602 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Chevi, 2011).

**f. Pembuatan Larutan HNO<sub>3</sub> 4M**

Larutan HNO<sub>3</sub> diambil sebanyak 28 mL. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Chevi, 2011).

**2. Penentuan Kadar Fe<sup>2+</sup> menggunakan pengomplek O-fenantrolin****a. Penentuan Panjang Gelombang Maksium Kompleks [Fe(fenantrolin)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>**

Larutan induk Fe(III) 100 ppm diambil 0,6 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. 1,1 mL larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 100 ppm ditambahkan, larutan ini berfungsi sebagai larutan pereduksi. 1,1 mL larutan O-fenantrolin 1000 ppm ditambahkan dan 1,5 mL larutan buffer asetat pH 4,5. 5 mL aseton dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 30 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang 450-560 nm (Sari,2015).

**b. Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Larutan induk Fe(III) 100 ppm diambil 0,0-1 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL yang berbeda. 1,1 mL larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 100 ppm ditambahkan pada setiap labu ukur. 1,1 mL larutan O-fenantrolin 1000 ppm dan 1,5 mL larutan buffer asetat pH 4,5 juga ditambahkan pada masing-masing labu ukur. 5 mL aseton dan ditambahkan akuades hingga tanda batas juga dilakukan pada masing-masing labu ukur. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 30 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali. Absorbansi yang didapat dibuat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan Fe(II) (Sari,2015).

### c. Penentuan Sampel

Serbuk mikroenkapsul ditimbang sebanyak 0,1 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan sampel yang telah dibuat tersebut diambil 0,1 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. 1,1 mL larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  100 ppm ditambahkan pada labu ukur. 1,1 mL larutan O-fenantrolin 1000 ppm dan 1,5 mL larutan buffer asetat pH 4,5 juga ditambakan pada labu ukur. 5 mL aseton dan ditambahkan akuades hingga tanda batas labu ukur. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 30 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali. (Sari,2015).

### 3 Penentuan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ menggunakan pengomplek KSCN

#### a. Penentuan Panjang Gelombang Maksium Kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3+}$

Larutan induk Fe(III) 100 ppm diambil 0,4 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. 3 mL larutan  $\text{HNO}_3$  4M ditambahkan dan 2 mL larutan KSCN 2M. Larutan tersebut kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 2 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-550 nm (Chevi,2011).

#### b. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan induk Fe(III) 100 ppm diambil 0,0-0,4 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL yang berbeda. . 3 mL larutan  $\text{HNO}_3$  4M ditambahkan dan 2 mL larutan KSCN 2M. Larutan tersebut kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 2 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali. Absorbansi yang didapat dibuat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan Fe(III) (Chevi, 2011).

### c. Penentuan Sampel

Serbuk mikroenkapsul ditimbang sebanyak 0,1 gram. Hasil penimbangan masukkan dalam beaker gelas. 5 mL akuades di tambahkan dalam beaker gelas dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan sampel yang telah dibuat tersebut diambil 0,1 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. 3 mL larutan  $\text{HNO}_3$  4M ditambahkan dan 2 mL larutan KSCN 2M. Larutan tersebut kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan tersebut selanjutnya di kocok hingga homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 2 menit untuk kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali. (Chevi, 2011).

#### 3.4.5 Penentuan Efisiensi Penjerapan $\text{Fe}^{2+}$ dalam Mikroenkapsul

Penentuan Kembali  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mikroenkapsul menggunakan rumus perhitungan persentase  $\text{Fe}^{2+}$  yang tersalut yaitu dengan:

$$\% \text{ Efisiensi Penjerapan } \text{Fe}^{2+} = \frac{\text{Fe}^{2+} \text{ dalam mikroenkapsul}}{\text{Massa awal } \text{Fe}^{2+}} \times 100\% \dots\dots \text{persamaan 3.3}$$

(Kamala, 2010, dengan modifikasi)



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Peningkatan konsentrasi gliserin atau fasa pendispersi akan menurunkan perolehan kembali mikroenkapsul dan bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  serta meningkatkan bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  dan kadar air. Peningkatan konsentrasi bahan inti atau  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  akan meningkatkan perolehan kembali mikroenkapsul; kadar air; bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  serta penurunan bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul.
2. Efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  mikroenkapsul terbaik yaitu formula F1G1.
3. Peningkatan waktu penyimpanan mengakibatkan bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  menurun dan bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  meningkat, F1G3 merupakan formula yang memiliki waktu simpan yang lama.

### 5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan perbaikan dalam pembentukan mikroenkapsul diantaranya analisa variasi lama pengadukkan, variasi pelarut organik yang digunakan, uji SEM untuk mengetahui morfologi mikroenkapsul yang diperoleh, dilakukan pengukuran distribusi ukuran mikroenkapsul yang dihasilkan, sifat alir mikroenkapsul.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995. Official Methodes of Analysis. Association of Official Analytical Chemist Inc. Washington, D. C.
- Alibaba. 2009. [serial online] [https://www.alibaba.com/product-detail/FeSO4-7H2O-Ferrous-Sulphate-reducing-agent\\_1340930030.html](https://www.alibaba.com/product-detail/FeSO4-7H2O-Ferrous-Sulphate-reducing-agent_1340930030.html). Diakses pada tanggal 29 Maret 2017.
- Anggraini, L. A. 2017. Pendugaan Waktu Paru Mikroenkapsulat Pewarna pangan Dari Daun Suji (*Drancaena angustifolia* (Medik.) Roxb) Dengan NA-Kaseinat. *Skripsi*. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Bansode S. S., Banarjee S.K., Gaikwad D.D., Jadhav S.L., & Thorat R.M. 2010. Microencapsulation: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. Volume 1, Issue 2, March – April 2010; Article 008.
- Benita S. 1996. Microencapsulation :Methods and Industrial Applications. New York: Marcel Dekker Inc. 3-139.
- Bertolini, A. C. 2010. *Starches : Characterization, Properyies, and application*. Marcek Dekker. New York.
- Bodmeier, R. & McGinity, J.W. 1987. Polyactic acid microspheres containing quinidine base and quinidine sulphate by solvent evaporation technique II. Some process parameters influencing the preparation and properties of microspheres. *J. Microencap*. Vol. 4,289-297.
- A, Bristoti, J, IKunrathi and P, J Viccaro. 1974. Mossbauer and Termogravimetri Analysis of Te Oxidation Pathway In The Thermal Decompotion of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . *J inorg nurl Chem, 1975. Vol. 37 pp;149-1151*. Perganon Press. Printed in Great Britain.
- Callister, Jr. William, D. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction 8<sup>th</sup> Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc. Hoboken.
- Chevi, A. R, Djulia Onggo., dan Irma Mulyani. 2011. Analisis Kolorimetri Kadar Besi(III) dalam Sampel Air Sumur dengan Metode Pencitraan Digital. *Prosding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2011 (SNIPS 2011)*.
- Deasy. 1984. Microencapsulation and Related Drug Process. Marcel Dekker, Inc., New York, 1-289.

- Day, R. A dan A. L. Underwood. 2001. *Analisis Kimia Kuantitas*. Jakarta: Erlangga.
- Favaro-Trindade, C. S. et al. Revisao: microencapsulacao de ingredients alimenticios. *Brazilian Journal of Food technology*, v.11, n.2, p.103-112, 2008. Doi: ISSN 1519-0900.
- Fauziati, Novi. 2011. Efektifits FeSO<sub>4</sub> Dan FeSO<sub>4</sub>+Glisin Untuk Fortifikasi Zat Besi Pada Susu Kedelai Cair Dan Tempe. *Skripsi*. Program studi S1 Reguler Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Febriyenti., Elfi, S. B., Tiara, P. 2013. Formulasi Mikrokapsul Glikuidon Menggunakan Penyalut Etil selulosa Dengan Metode Emulsifikasi Penguapan Pelarut. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik III* 2013. ISSN: 2339-2592.
- Giri *et al.* 2012. Prospects of pharmaceuticals and biopharmaceuticals loaded microparticels prepared by double emulsion technique for controlled delivery. *Saudi Pharmaceutical Journal*. (2013) 21. 125-141.
- Gupta, J., Mohan, G., Prabakan, L., Gupta, R. 2013. Emulsion Solvent diffusion evaporation technique: Formula Design Optimization and investigation of Aceclofenac Loaded Ethyl Cellulose Microspheres. *Int. J. Drug Dev, & Res.*, October-December 2013, 5 (4): 336-349.
- Ghosh, S. K. 2006. Functional Coating and Microencapsulation: A general Prespecipe. In *Functional Coating by Polymer Microencapsulation*. Weinheim: WILEY VCH Verlag GmbH & Co.KgAA.
- Internaational Nutritional Anemia Consultative Group. 1990. *Combating Iron Deficiency Anemia Through Food Fortification Technology*. Washington.
- Hermann, J., & Bodmeier, R. 1998. Biodegradable, Somatostin Acetate Containing Microspheres Prepared By Various Aques And Non-Aqueous Solvent Evaporation Methods. *Europ. J. Pharm. Biopharm: Off. J. Arbeitsgemeinschaft Fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V*, 45(1),75-82. doi:10.1016/S09396411(97)00125-2.
- Holleman, Arnold F.; Wiberg, Egon; Wiberg, Nils .1985. *Iron*. *Lehrbuch der Anorganischen Chemie (dalam German)* (91–100 ed.). Walter de Gruyter. pp. 1125–1146. ISBN 3-11-007511-3.
- Hidayati, Evi N. 2015. Pembuatan Mikropartikel Diltiazem Hidroklorida Menggunakan Metode Penguapan Pelarut. *Skripsi*. Jakarta: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu kesehatan Jakarta.

- Kamala, Nila. 2010. Mikroenkapsulasi Vitamin A Palmitat dengan Menggunakan Gelatin-Akasia Secara Koaservasi Kompleks. *Skripsi*. Jakarta: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu kesehatan Jakarta.
- Kasih, Nirmala. 2014. Formulasi dan Karakterisasi Mikropartikel Ekstrak Etanol 50% Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* K.) dengan metode semprot Kering (Spray Drying). *Skripsi*. Jakarta: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu kesehatan Jakarta.
- Lachman, L., Lieberman, H. A. & Kanig, J. L. 1994. *Teori dan Praktik Farmasi Industri, Edisi Ketiga*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Lei, L., Sujing., Richard I. W., Xinquan, X and Dermot O'Hare. 2002. Investigation of the solid state reaction of FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O with 1,10-phenanthroline. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 2002, 3477-3481. DOI: 10.1039/b205625a.
- Martin, Alfred. James Swarbrick, Arthur Cammarata. 2008. *Farmasi Fisik: Dasar-Dasar Kimia Fisik Dalam Ilmu Farmasetika*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- McDiarmid, T. Dan Johnson, D.E. 2002. Are Any Oral Iron Formulations Better Tolerated Than Ferrous Sulphate?. *Journal of Family Practice*. 51(6).
- Muhaimin. 2013. Study of Microparticle Preparation By The Solvent Evaporation Method Using Focused Beam Reflectance Measurement (FBRM) Dissertation. University Berlin.
- Mohan, Chandra. 2006. *Buffer A Guide for the Preparation and Use of Buffers in Biological Systems*. Calbiochem. Germany: EMD, a n affiliate of Merck KGaA.
- Munson, B. R., Donald, F. Y., Thwodone, H. O. 2004. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Murata, Y., Kofuji K., Kawashima S. Preparation of Floating alginate beads for drug delivery to gastric mucosa. *J Biomater Sci Polym Ed*. 2003;16:1164-588.
- Naik, J. B., Lokhande, A. B., Mishra, S., & Kulkarni, R. D. 2012. Development of Sustained Release Micro/nano Particles Using different Solvent Emulsification Techniques: A Riview. *Int. J. Pharma and Bio Scie*. Vol. 3(4): 573-590.
- Oktaviana, W. 2015. Karakterisasi Mikropartikel Natrium Alginat yang Mengandung Getah Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Dipreparasi dengan Metode Gelasi Ionik. *Skripsi*. Jakarta: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu kesehatan Jakarta.

- Pandav, S., Amolkumar, L., Jtendra, N. 2013. Assesment Of Microparticulate Drug Delivery System Of Propranolol Hydrochloride Prepared By Multiple Solvent Emulsion Techenique. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutival Sciences*. ISSN 0975-1491.
- Patel, Y. L., Praveen, S., Atmaram P. P. 2006. Te Effect of Drug Concentration and Curing Time on Processing and Properties of Calsium Alginate Beads Containing Metronidazole by Respone Surface Methodology. *Article. AAPS PharSciTech* 2006; 7 (4).
- Petrucci, R. H dan Achmadi S. 1987. *Kimia Dasar, Prinsip dan Terapan Modern, Edisi keempat, Jilid2*. Jakarta(ID): Erlangga.
- Pratama, D. Y. 2015. Karakteristik dan Bioaksesibilitas Mikroenkapsulasi Zat Basi pada Formulasi Bahan Penyalut. Skripsi. Bogor: Departemen Biokimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Rosidah, I. 2010. Mikroenkapsulasi Fraksi Aktif Dari Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness) yang Berkhasiat Sitotoksisk Dengan Metode Semprot Kering. Depok: FMIPA, Universitas Indonesia.
- Rowe, R.C., Paul, J. S., Marian, E. Q. 2009. *Handbook of pharmaceutical Excipient Sixth Edition*. Chicago. London: Pharmaceutical Press.
- Rozenberga, L., M. Skute, L. Belkova, I. Sable, L. Vikele, P. Semjonovs, M. Saka, M. Ruklisha, dan L. Paegle. 2016. Characterisation of films and nanopaper obtained from cellulose synthesised by acetic acid bacteria. *Carbohydrat Polymer*. 144(1): 33-40.
- Ruggiero, Michael Thomas.2012. *Elucidating the Electronic Origins of Intermolecular Forces in Crystalline Solids*. Syracuse: Syracuse University.
- Sari, Novita., dan Djarot Sugiarto. 2015. Studi Gangguan Mg(II) dalam Analisis Basi(II) dengan Pengompleks O-Fenantrolin Menggunakan spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS* vol. 4, No.1,(2015) 2337-3520 (2301-928 X Print).
- Shulkin, A. 2002. Styrene-Maleic Anhydride and Stryene-Maleimide Based Copolymers as Bulking Blocks in Microencapsulation Prosedure. *Tesis*. McMaster University.
- Shinha, et al. 2004. Citosan Michrospere as a Potential Carrier for Drug: Riview. *International Journal of Pharmaceutics* 274 (2004) 1-33. ELSEVIER.
- Suptijah P., Jacoeb AM., Rachmania D. 2011 KARakterisasi nanokitosan cangkang udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *J. Pengol. Hasil Pangan Ind*. 14(2): 78-84.

- Sutriyo *et al.* 2004. Mikroenkapsulasi Propanolol Hidroklorida dengan Penyalut Etil Selulosa Menggunakan Metode Penguapan Pelarut. *Majalah Ilmu Kefarmasiaan No 2*. 93-101.
- Smallman, R. E. 1991. *Metalurgi Fisik Modern Edisi 4*. Jakarta: Gramedia.
- Syarief, R dan H. Halid. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Bandung: Arcan.
- Tadros, T. F. 2005. *Applied Surfactants-Principles and Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN-13: 978-3-527-30629-9.
- Theis, C. 1992. Formation of degradable drug-loaded microparticle by in liquid drying process. In: Dunbrow. M., (Editor). Microcapsules and nanoparticles with supercritical gases. *Eur. J. Pharma. Biopharma*. 45:67-74.
- Tiwari, Shashak, Prerana, Verma. 2012. Microencapsulation Technique By Solvent Evaporation Method (Study of Effect Process Variables). *International Journal of Pharmacy and Life Sciences* ISSN: 0976-7126.
- Tyassenna, Flaviana Y. 2015. Analisis Pembentukan Partikel Makropori pada Spray Pyrolysis. *Tesis*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vijay, et al. 2012. Preparation and Characterization of Simvastatin Loaded PLGA Microparticles for Tissue Engineering Applications. *Current Research in Pharmaceutical Sciences*. 2012;02: 81-90.
- Yadav, A., & Jain, D. K. 2012. Formulation and Evaluation of Gastroretentive Floating Microballoons of Anti diabetic drug. *Asian J. Pharm. Life Sci.*, 1(2), 101-112.
- Yoshizawa, H. 2004. *Trends in Microencapsulation Reseach*. KONA 22: 23-31.
- Wijaya, R. F., dan R Djarot Sugiarto K. S. 2015. Analisis Pengaruh Ion Zn(II) pada penentuan  $Fe^{3+}$  dengan Pengompleks 1,10-Fenntrolin pada pH Optimum Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol. 4, No.2,(2015)2337-3520 (2301-928X Print).
- Wijayanti, S. 2007. Analisa Pola – Pola Difraksi Sinar-X pada Material Serbuk  $Nd_6Fe_{13}Sn$ ,  $Nd_6Fe_{13}Ge$  dan  $Nd_6Fe_{13}Si$  Menggunakan Metode Rietveld Gsas. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Bogor: Institut Teknologi Bandung.

Zimmermann et al. 2005. Comparison of Efficacy of wheat Based Snacks Fortified with Ferrous Sulphate, Electrolit iron, on Hydrogen Reduced Elemental Randomized, Double Blins, Controlled Trial in Thai Women. Am J Clin: 82: 11276-82.



LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Perolehan Kembali

F	U	MF7 (Gram)	MES (Gram)	MK (Gram)	MK+MM (Gram)	MM (Gram)	PK (%)	PKR±Sd (%)
F1G1	1	1.0010	1.0000	0.4919	2.0550	1.5631	78.1159	78.1539±0.1691
	2	1.0010	1.0010	0.7013	2.2630	1.5617	78.0070	
	3	1.0006	1.0002	0.9506	2.5180	1.5674	78.3387	
F1G2	1	1.0000	1.0004	0.9948	2.4046	1.0498	70.4759	70.6323±0.1617
	2	1.0000	1.0005	1.2440	2.6568	1.4128	70.6223	
	3	1.0003	1.0003	0.2811	1.6975	1.4164	70.7988	
F1G3	1	1.0000	1.0004	0.1315	1.5826	1.3359	66.7816	66.8405±0.1006
	2	1.0006	1.0005	1.2631	2.5995	1.3364	66.7833	
	3	1.0001	1.0003	0.2467	1.4709	1.3394	66.6566	
F2G1	1	2.0010	1.0002	0.5670	2.9387	2.3717	79.0251	79.0077±0.0153
	2	2.0010	1.0002	0.6580	3.0290	2.3710	79.0017	
	3	2.0009	1.0000	0.5270	2.8976	2.3706	78.9963	
F2G2	1	2.0009	1.0003	0.4870	2.6442	2.1572	71.8779	71.8757±0.0048
	2	2.0010	1.0008	0.5310	2.6884	2.1574	71.8702	
	3	2.0004	1.0002	0.5737	2.7305	2.1568	71.8790	
F2G3	1	2.0002	1.0010	0.4858	2.5038	2.0180	67.2381	67.2178±0.0188
	2	2.0004	1.0000	0.5681	2.5848	2.0167	67.2144	
	3	2.0002	1.0005	0.5812	2.5977	2.0165	67.2010	
F3G1	1	3.0012	1.0010	0.2563	3.4429	3.1996	79.8711	79.8753±0.0187
	2	3.0004	1.0009	0.9506	4.1460	3.1954	79.8590	
	3	3.0010	1.0003	0.5380	3.7349	3.1969	79.8958	
F3G2	1	3.0015	1.0002	0.8613	3.4432	2.8813	72.0019	72.0092±0.0089
	2	3.0014	1.0006	0.5615	3.4231	2.8817	72.0065	
	3	3.0008	1.0005	0.5414	3.4231	2.8817	72.0191	
F3G3	1	3.0008	1.0008	0.5621	3.2783	2.7162	67.8778	67.8787±0.0783
	2	3.0000	1.0005	0.4832	3.1956	2.7124	67.8008	
	3	3.0000	1.0006	0.8172	3.5359	2.7187	67.9573	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 MF7 : Massa FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O  
 MES : Massa Etil selulosa  
 MK : Massa Kertas saring  
 MK+MM : Massa Kertas saring + Massa Mikroenkapsul  
 MM : Massa Mikroenkapsul  
 PK : Perolehan Kembali  
 PKR±Sd : Perolehan Kembali rata-rata±Standart deviasi



**Contoh Perhitungan Perolehan Mikroenkapsul F1G1(I)**

$$\begin{aligned}\% \text{ perolehan mikroenkapsul} &= \frac{MM}{MF7+MES} \times 100\% \\ &= \frac{1,5631}{1,0010+1,0000} \times 100\% \\ &= \frac{1,5631}{2,0010} \times 100\% = 78,1159\%\end{aligned}$$

**Tabulasi Perolehan Mikroenkapsul**

Variasi	Gliserin 1%	Gliserin 2%	Gliserin 3%
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(1 Gram)	78.15 39±0.1691	70.6323±0.1617	66.8405±0.1006
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(2 Gram)	79.0077±0.0153	71.8757±0.0048	67.2178±0.0188
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(3 Gram)	79.8753± 0.0187	72.0092±0.0089	67.87870.0783



## Lampiran 4.2 Kadar air

F	U	MC (Gram)	MC&MM (Gram)	MM (Gram)	MO (Gram)	KA (%)	KAR±Sd (%)
F1G1	1	10.2295	10.2482	0.0507	0.0187	36.9494	41.4892±0.046
	2	10.0833	10.1043	0.0505	0.0210	41.6502	
	3	11.1136	11.1368	0.0505	0.0232	45.8680	
F1G2	1	10.2293	10.2463	0.0503	0.0170	33.7309	42.2856±0.0837
	2	29.3622	29.3835	0.0500	0.0213	42.6667	
	3	53.9385	53.9641	0.0508	0.0256	50.4593	
F1G3	1	11.1129	11.1347	0.0502	0.0218	43.3599	43.4756±0.0311
	2	10.0831	10.4874	0.0506	0.0204	40.4267	
	3	10.0833	10.1069	0.0506	0.0236	46.6403	
F2G1	1	56.6537	56.6836	0.0502	0.0299	59.5618	43.7813±0.1756
	2	56.6528	56.6764	0.0503	0.0236	46.9185	
	3	51.6684	51.6809	0.0501	0.0125	24.8636	
F2G2	1	30.8230	30.8442	0.0501	0.0212	42.2688	4.7266±0.0331
	2	11.1132	11.1377	0.0506	0.0245	48.4848	
	3	40.5578	40.5796	0.0502	0.0218	43.4263	
F2G3	1	10.0842	10.1096	0.0505	0.0254	50.2310	44.7805±0.0474
	2	30.8226	30.8436	0.0505	0.0210	41.6502	
	3	39.5480	39.5694	0.0504	0.0214	42.4603	
F3G1	1	11.1129	11.1344	0.0504	0.0215	42.6587	45.0852±0.0213
	2	36.6450	36.6686	0.0506	0.0236	46.6403	
	3	29.3670	29.3903	0.0507	0.0233	45.9566	
F3G2	1	10.2293	10.2504	0.0505	0.0211	41.7162	45.1640±0.0658
	2	36.6314	36.6579	0.0503	0.0265	52.7502	
	3	40.5576	40.5784	0.0507	0.0208	41.0256	
F3G3	1	56.6540	56.6781	0.0504	0.0241	47.8175	46.446±0.0162
	2	29.3625	29.3861	0.0503	0.0236	46.8522	
	3	11.1245	11.1471	0.0506	0.0226	44.6640	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 MC : Massa Cawan  
 MM : Massa Mikroenkapsul  
 MC&MS±Sd : Massa Cawan & Sampel setelah dioven  
 MO : Massa setelah dioven  
 KA : Kadar Air  
 KAR±Sd : Kadar Air rata-rata ± Standart deviasi

**Contoh Perhitungan Perolehan Mikroenkapsul F1G1(I)**

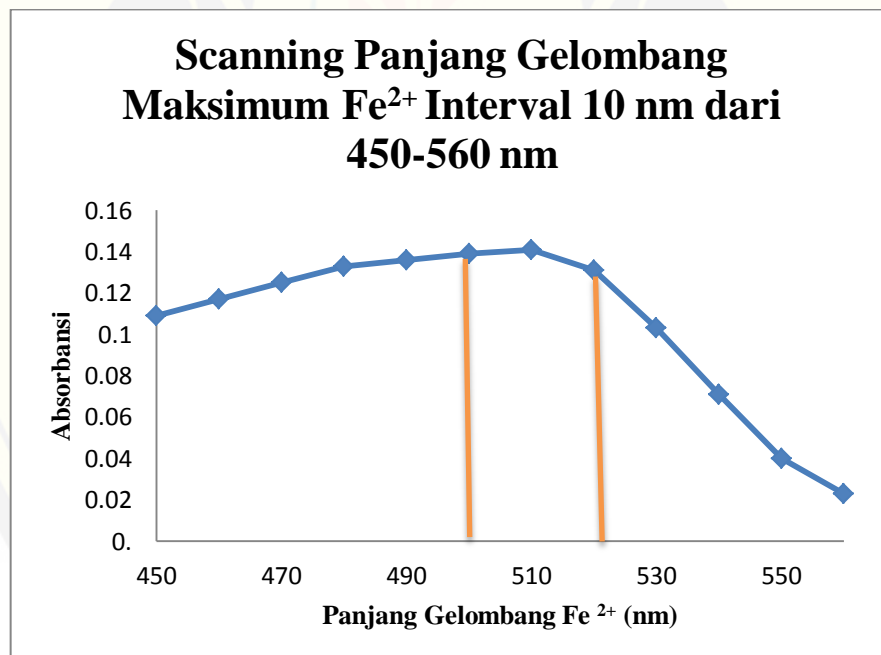
$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{\text{massa sampel} - \text{massa setelah dioven}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0507 - 0.0187}{0.0507} \times 100\% = 36.9494\%\end{aligned}$$

**Tabulasi Data Kadar Air**

Variasi	Gliserin 1%	Gliserin 2%	Gliserin 3%
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(1 Gram)	41.4892±0.0446	42.2856±0.0837	43.4756±0.0311
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(2 Gram)	43.7813±0.1756	44.7266±0.0331	44.7805±0.0474
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O(3 Gram)	45.0852±0.0213	45.1640±0.0658	46.4446±0.0162

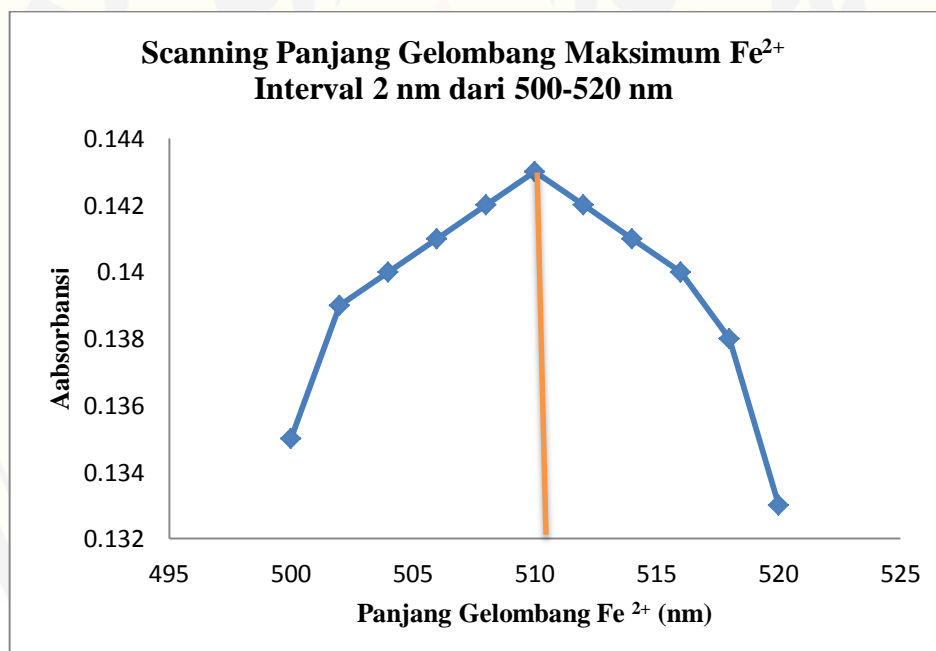
**Lampiran 4.3 Penetapan  $\text{Fe}^{2+}$** **4.3.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum  $\text{Fe}^{2+}$  interval 10 nm dari 450-560 nm menggunakan larutan  $\text{Fe}^{2+}$  6 ppm**

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			rata-rata
	I	II	III	
450	0.109	0.109	0.109	0.109
460	0.117	0.117	0.118	0.117
470	0.125	0.125	0.125	0.125
480	0.133	0.134	0.133	0.133
490	0.136	0.135	0.136	0.136
500	0.139	0.139	0.138	0.139
510	0.141	0.141	0.14	0.141
520	0.132	0.131	0.131	0.131
530	0.103	0.103	0.103	0.103
540	0.071	0.071	0.071	0.071
550	0.041	0.040	0.040	0.040
560	0.023	0.023	0.024	0.023



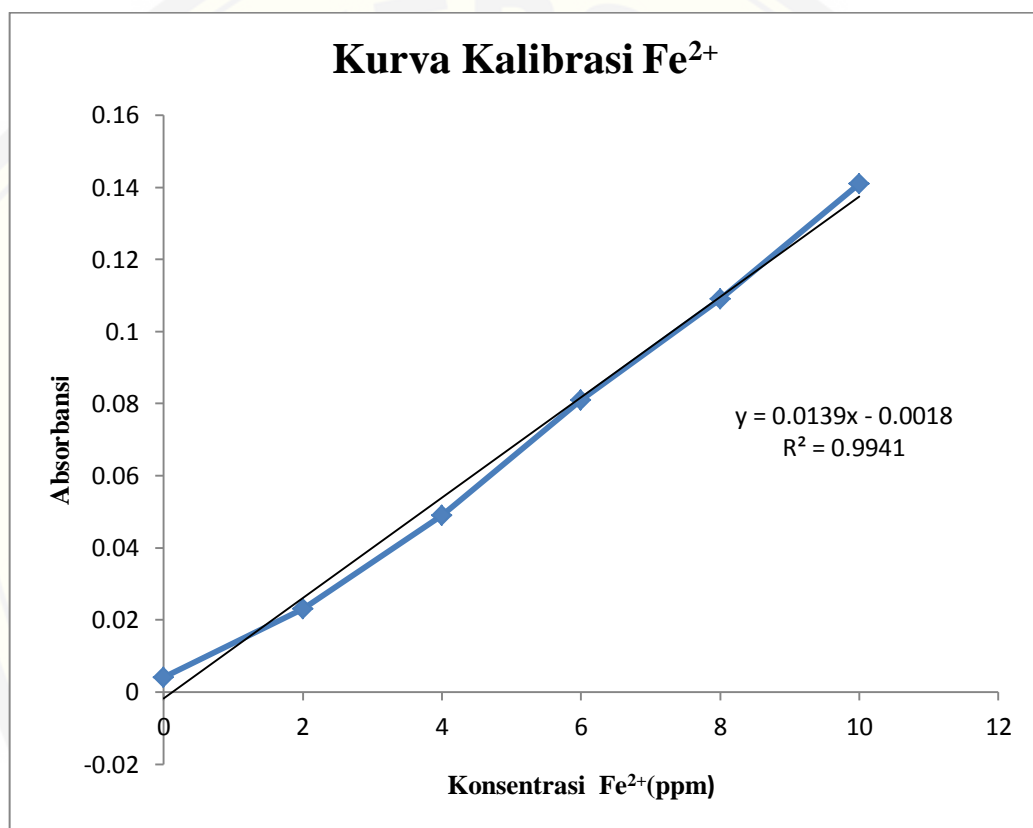
#### 4.3.2 Scanning Panjang Gelombang Maksimum $\text{Fe}^{2+}$ interval 2 nm dari 500-520 nm menggunakan larutan $\text{Fe}^{2+}$ 6 ppm

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Rata-rata
	I	II	III	
500	0.13	0.138	0.138	0.135
502	0.139	0.139	0.14	0.139
504	0.14	0.14	0.14	0.14
506	0.141	0.141	0.141	0.141
508	0.142	0.142	0.142	0.142
510	0.142	0.143	0.143	0.143
512	0.141	0.142	0.142	0.142
514	0.141	0.141	0.141	0.141
516	0.141	0.14	0.14	0.14
518	0.138	0.138	0.138	0.138
520	0.132	0.132	0.134	0.133



### 4.3.3 Kurva Kalibrasi Fe<sup>2+</sup>

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
	I	II	III	
0	0.004	0.004	0.004	0.004
2	0.023	0.023	0.024	0.023
4	0.049	0.049	0.048	0.049
6	0.081	0.082	0.081	0.081
8	0.109	0.109	0.109	0.109
10	0.141	0.141	0.141	0.141



**Contoh Perhitungan Fe<sup>2+</sup>**

Diketahui : Absorbansi Fe<sup>2+</sup> yaitu 0.018

Bobot mikrokapsul yaitu 1563.1mg

Persamaan kurva kalibrasi Fe<sup>2+</sup> yaitu  $y = 0.00139x - 0.0018$

Ditanya : Konsentrasi, Jumlah Fe<sup>2+</sup> dalam 0.1 gram , Fe<sup>2+</sup> mikroenkapsul, Massa teoritis Fe<sup>2+</sup>, Efisiensi penyerapan.

Jawab :

$$y = 0.00139x - 0.0018$$

$$0.018 = 0.00139x - 0.0018$$

$$x = \frac{0.018 + 0.0018}{0.00139}$$

$$x = 1.4245 \text{ ppm (mg/L)}$$

$$\# \text{ Konsentrasi} = 1.4245 \text{ (mg/L)} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

$$= 1.4245 \text{ (mg/L)} \times 100 = 142.45 \text{ (mg/L)}$$

$$\# \text{ Jumlah Fe}^{2+} \text{ dalam 0.1 gram} = 142.45 \text{ (mg/L)} \times 0.05 \text{ L} = 7.1225 \text{ mg}$$

$$\# \text{ Fe}^{2+} \text{ mikroenkapsul} = \frac{1563.1 \text{ mg}}{100 \text{ mg}} \times 7.1225 \text{ mg} = 111.3317 \text{ mg}$$

$$\# \text{ Massa teoritis Fe}^{2+} = 1 \text{ gram} \times \frac{56 \text{ gram/mol}}{278 \text{ gram/mol}} \times 100\% = 0.2014 \text{ gram} = 201,4 \text{ mg}$$

$$\# \text{ Efisiensi penyerapan} = \frac{\text{massa bobot total Fe}^{2+}}{\text{massa awal Fe}^{2+}} = \frac{111.3317}{201.4} \times 100\% = 53.7606\%$$

Lampiran 4.3.5 Penetapan Bobot Total Fe<sup>2+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-0

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> RDM ± Sd
		I	II	III				D 0.1 gram	DM	
					X. Fp		(mg)	(mg)	(mg)	
		(nm)			(nm)	(ppm)	(ppm)	(mg)	(mg)	(mg)
F1G1	1	0.018	0.018	0.018	0.018	1.329	132.854	6.643	111.329	108.274±4.006
	2	0.016	0.017	0.017	0.017	1.400	140.048	7.002	103.739	
	3	0.018	0.017	0.018	0.018	1.257	125.659	6.283	109.756	
F1G2	1	0.016	0.016	0.015	0.016	1.209	120.863	6.043	88.577	89.347±4.405
	2	0.015	0.015	0.015	0.015	1.329	132.854	6.643	85.378	
	3	0.017	0.017	0.016	0.017	1.065	106.475	5.324	94.087	
F1G3	1	0.013	0.013	0.013	0.013	0.969	96.882	4.844	71.120	66.913±3.644
	2	0.011	0.012	0.012	0.012	0.969	96.882	4.844	64.737	
	3	0.012	0.012	0.011	0.012	1.496	149.640	7.482	64.882	
F2G1	1	0.019	0.019	0.019	0.019	1.544	154.436	7.722	177.443	181.194±3.248
	2	0.020	0.020	0.019	0.020	1.544	154.436	7.722	183.084	
	3	0.020	0.019	0.020	0.020	1.400	140.048	7.002	183.054	
F2G2	1	0.017	0.018	0.018	0.018	1.496	149.640	7.482	151.056	155.362±5.397
	2	0.019	0.019	0.019	0.019	1.424	142.446	7.122	161.417	
	3	0.018	0.016	0.018	0.018	1.281	128.058	6.403	153.614	
F2G3	1	0.016	0.016	0.016	0.016	1.305	130.046	6.523	129.204	130.760±1.348
	2	0.017	0.016	0.016	0.016	1.305	130.046	6.523	131.545	
	3	0.017	0.022	0.016	0.016	1.688	168.825	8.441	131.545	
F3G1	1	0.021	0.022	0.022	0.022	1.664	166.427	8.321	269.833	269.808±3.896
	2	0.022	0.022	0.020	0.021	1.712	171.223	8.561	265.900	
	3	0.022	0.019	0.022	0.022	1.520	152.038	7.602	273.691	
F3G2	1	0.020	0.020	0.019	0.019	1.544	154.436	7.722	219.034	221.358±2.013
	2	0.019	0.020	0.020	0.020	1.544	154.436	7.722	222.520	
	3	0.020	0.018	0.019	0.020	1.448	144.844	7.242	222.520	
F3G3	1	0.018	0.018	0.019	0.018	1.448	144.844	7.242	196.713	196.681±0.230
	2	0.018	0.019	0.018	0.018	1.448	144.844	7.242	196.438	
	3	0.018	0.018	0.019	0.018	1.329	132.854	6.643	196.894	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx+c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>2+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>2+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>2+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>2+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi



Lampiran 4.3.6 Penetapan Efisiensi  $\text{Fe}^{2+}$  di Mikroenkapsul Hari ke-0

F	U	$\text{Fe}^{2+}$ A (mg)	$\text{Fe}^{2+}$ DM (mg)	$\text{Fe}^{2+}$ RDM $\pm$ Sd (mg)	EP $\text{Fe}^{2+}$ (%)	EPR $\text{Fe}^{2+} \pm$ Sd (%)
F1G1	1	201.4389	111.329		55.267	
	2	201.4389	103.739	108.274 $\pm$ 4.006	51.499	53.751 $\pm$ 1.989
	3	201.4389	109.756		54.486	
F1G2	1	201.4389	88.577		43.972	
	2	201.4389	85.378	89.347 $\pm$ 4.405	42.384	44.355 $\pm$ 2.187
	3	201.4389	94.087		46.707	
F1G3	1	201.4389	71.120		35.306	
	2	201.4389	64.737	66.913 $\pm$ 3.644	32.137	33.218 $\pm$ 1.809
	3	201.4389	64.882		32.209	
F2G1	1	402.8778	177.443		44.044	
	2	402.8778	183.084	181.194 $\pm$ 3.248	45.444	44.975 $\pm$ 0.806
	3	402.8778	183.054		45.437	
F2G2	1	402.8778	151.056		37.494	
	2	402.8778	161.417	155.362 $\pm$ 5.397	40.066	38.563 $\pm$ 1.340
	3	402.8778	153.614		38.129	
F2G3	1	402.8778	129.204		32.070	
	2	402.8778	131.545	130.760 $\pm$ 1.348	32.651	32.458 $\pm$ 0.335
	3	402.8778	131.545		32.651	
F3G1	1	604.3166	269.833		44.651	
	2	604.3166	265.900	269.808 $\pm$ 3.896	44.000	44.647 $\pm$ 0.645
	3	604.3166	273.691		45.289	
F3G2	1	604.3166	219.034		36.245	
	2	604.3166	222.520	221.358 $\pm$ 2.013	36.822	36.629 $\pm$ 0.333
	3	604.3166	222.520		36.822	
F3G3	1	604.3166	196.713		32.551	
	2	604.3166	196.438	196.681 $\pm$ 0.230	32.506	32.546 $\pm$ 0.038
	3	604.3166	196.894		32.581	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 $\text{Fe}^{2+}$  A : Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  Awal (teoritis)  
 $\text{Fe}^{2+}$  DM : Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mikroenkapsul  
 $\text{Fe}^{2+}$  RDM  $\pm$  Sd : Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  rata-rata dalam mikroenkapsul  $\pm$  Standart deviasi  
 EP  $\text{Fe}^{2+}$  : Efisiensi penyerapan  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mikroenkapsul  
 EPR  $\text{Fe}^{2+} \pm$  Sd : Efisiensi penyerapan rata-rata  $\text{Fe}^{2+} \pm$  Standart deviasi

Lampiran 4.3.7 Penetapan Bobot Total Fe<sup>2+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-7

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>2+</sup> D 0.1 gram	Fe <sup>2+</sup> DM	Fe <sup>2+</sup> RDM ± Sd
		I	II (nm)	III						
F1G1	1	0.016	0.016	0.016	0.016	1.281	128.058	6.403	100.083	101.394±2.035
	2	0.016	0.017	0.017	0.017	1.329	132.854	6.643	103.739	
	3	0.016	0.016	0.016	0.016	1.281	128.058	6.403	100.359	
F1G2	1	0.014	0.014	0.015	0.014	1.161	116.067	5.803	81.816	82.00±1.599
	2	0.015	0.014	0.015	0.015	1.185	118.465	5.923	83.684	
	3	0.014	0.014	0.014	0.014	1.137	113.669	5.683	80.500	
F1G3	1	0.011	0.010	0.010	0.010	0.873	87.290	4.365	58.305	59.343±1.936
	2	0.011	0.010	0.010	0.010	0.873	87.290	4.365	58.327	
	3	0.011	0.011	0.011	0.011	0.921	92.086	4.604	61.670	
F2G1	1	0.019	0.018	0.018	0.018	1.448	144.844	7.242	171.756	173.613±1.607
	2	0.019	0.019	0.018	0.019	1.472	147.242	7.362	174.556	
	3	0.019	0.018	0.019	0.019	1.472	147.242	7.362	174.526	
F2G2	1	0.016	0.017	0.017	0.017	1.329	132.854	6.643	143.296	147.602±3.940
	2	0.017	0.017	0.018	0.017	1.376	137.650	6.882	148.483	
	3	0.018	0.017	0.018	0.018	1.400	140.048	7.002	151.028	
F2G3	1	0.015	0.014	0.015	0.015	1.185	118.465	5.923	119.525	122.638±3.664
	2	0.016	0.015	0.016	0.016	1.257	125.659	6.283	126.709	
	3	0.015	0.015	0.015	0.015	1.209	120.863	6.043	121.860	
F3G1	1	0.021	0.021	0.021	0.021	1.640	164.029	8.201	262.167	260.665±2.276
	2	0.021	0.020	0.021	0.021	1.616	161.631	8.082	258.237	
	3	0.021	0.021	0.021	0.021	1.640	164.029	8.201	262.192	
F3G2	1	0.018	0.019	0.019	0.019	1.472	147.242	7.362	212.124	212.144±3.455
	2	0.019	0.018	0.018	0.018	1.448	144.844	7.242	208.699	
	3	0.019	0.019	0.019	0.019	1.496	149.640	7.482	215.609	
F3G3	1	0.017	0.017	0.017	0.017	1.353	135.252	6.763	183.685	186.913±3.350
	2	0.017	0.017	0.018	0.017	1.376	137.650	6.882	186.681	
	3	0.018	0.017	0.018	0.018	1.400	140.048	7.002	190.374	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx+c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>2+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>2+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>2+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>2+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi

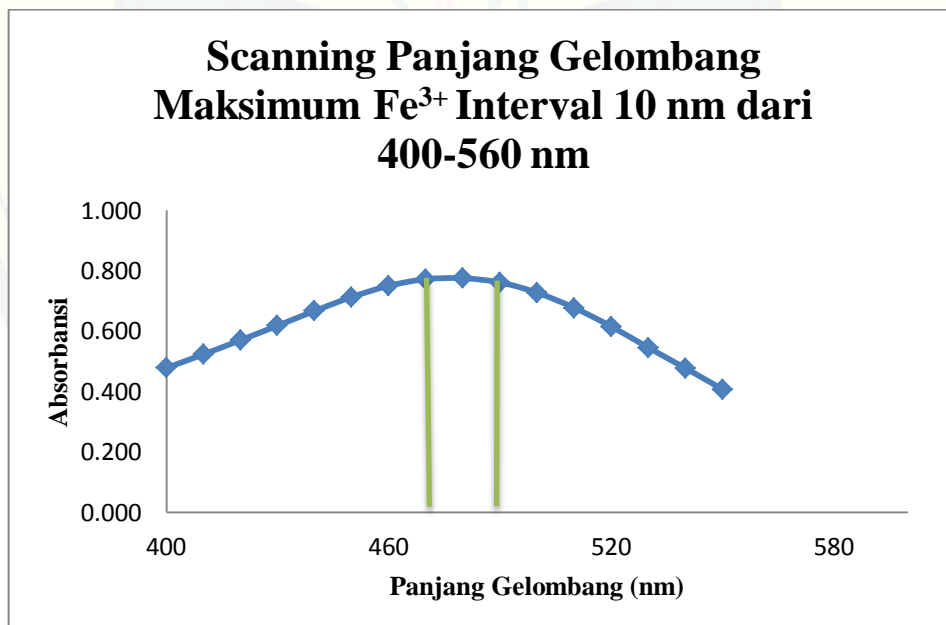
Lampiran 4.3.8 Penetapan Bobot Total Fe<sup>2+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-14

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>2+</sup> D 0.1 gram	Fe <sup>2+</sup> DM	Fe <sup>2+</sup> RDM ± Sd
		I	II (nm)	III						
F1G1	1	0.015	0.015	0.015	0.015	1.209	120.863	6.043	94.461	95.770±1.147
	2	0.015	0.016	0.015	0.015	1.233	123.261	6.163	96.249	
	3	0.015	0.015	0.016	0.015	1.233	123.261	6.163	96.600	
F1G2	1	0.013	0.013	0.013	0.013	1.065	106.475	5.324	75.054	75.789±0.984
	2	0.014	0.013	0.013	0.013	1.089	108.873	5.444	76.908	
	3	0.013	0.013	0.013	0.013	1.065	106.475	5.324	75.405	
F1G3	1	0.008	0.008	0.009	0.008	0.729	72.902	3.645	48.695	53.022±4.101
	2	0.010	0.009	0.009	0.009	0.801	80.096	4.005	53.520	
	3	0.010	0.010	0.010	0.010	0.849	84.892	4.245	56.852	
F2G1	1	0.019	0.018	0.018	0.018	1.448	144.844	7.242	171.756	166.980±4.327
	2	0.018	0.017	0.017	0.017	1.376	137.650	6.882	163.184	
	3	0.018	0.017	0.018	0.018	1.400	140.048	7.002	165.999	
F2G2	1	0.016	0.017	0.016	0.016	1.305	130.456	6.523	140.709	140.706±5.192
	2	0.017	0.017	0.017	0.017	1.353	135.252	6.763	145.896	
	3	0.016	0.016	0.015	0.016	1.257	125.659	6.283	135.511	
F2G3	1	0.013	0.014	0.013	0.013	1.089	108.873	5.444	109.847	115.442±4.955
	2	0.014	0.015	0.015	0.015	1.185	118.465	5.923	119.454	
	3	0.014	0.014	0.015	0.014	1.161	116.067	5.803	117.025	
F3G1	1	0.020	0.020	0.020	0.020	1.568	156.835	7.842	250.669	254.478±3.846
	2	0.021	0.020	0.020	0.020	1.592	159.233	7.962	254.406	
	3	0.021	0.020	0.021	0.021	1.616	161.631	8.082	258.359	
F3G2	1	0.018	0.018	0.017	0.018	1.400	140.048	7.002	201.760	205.234±3.470
	2	0.019	0.018	0.018	0.018	1.448	144.844	7.242	208.699	
	3	0.018	0.018	0.018	0.018	1.424	142.446	7.122	205.243	
F3G3	1	0.016	0.016	0.017	0.016	1.305	130.456	6.523	177.172	180.393±5.444
	2	0.017	0.018	0.017	0.017	1.376	137.650	6.882	186.681	
	3	0.016	0.016	0.017	0.016	1.305	130.456	6.523	177.335	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx+c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>2+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>2+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>2+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>2+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi

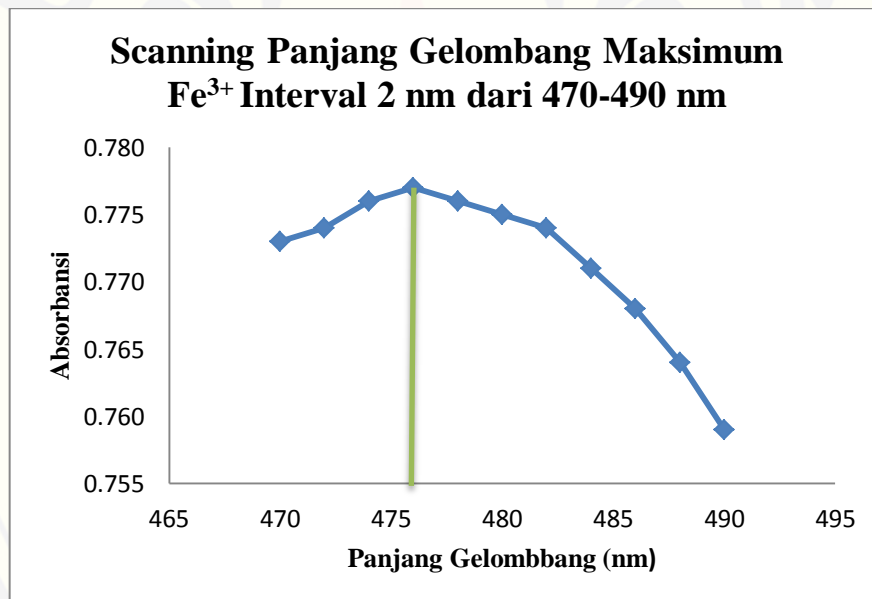
Lampiran 4.4 Penetapan Kadar  $\text{Fe}^{3+}$ 4.4.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum  $\text{Fe}^{3+}$  interval 10 nm dari 400-550 nm menggunakan larutan  $\text{Fe}^{3+}$  4 ppm

Panjang Gelombang	Absorbansi			Rata-rata
	I	II	III	
400	0.478	0.478	0.478	0.478
410	0.523	0.522	0.523	0.523
420	0.570	0.570	0.571	0.570
430	0.618	0.617	0.618	0.618
440	0.667	0.667	0.668	0.667
450	0.713	0.713	0.713	0.713
460	0.750	0.751	0.750	0.750
470	0.772	0.772	0.772	0.772
480	0.776	0.776	0.772	0.775
490	0.760	0.761	0.761	0.761
500	0.726	0.727	0.727	0.727
510	0.676	0.677	0.677	0.677
520	0.615	0.615	0.615	0.615
530	0.546	0.545	0.545	0.545
540	0.476	0.477	0.477	0.477
550	0.408	0.407	0.407	0.407



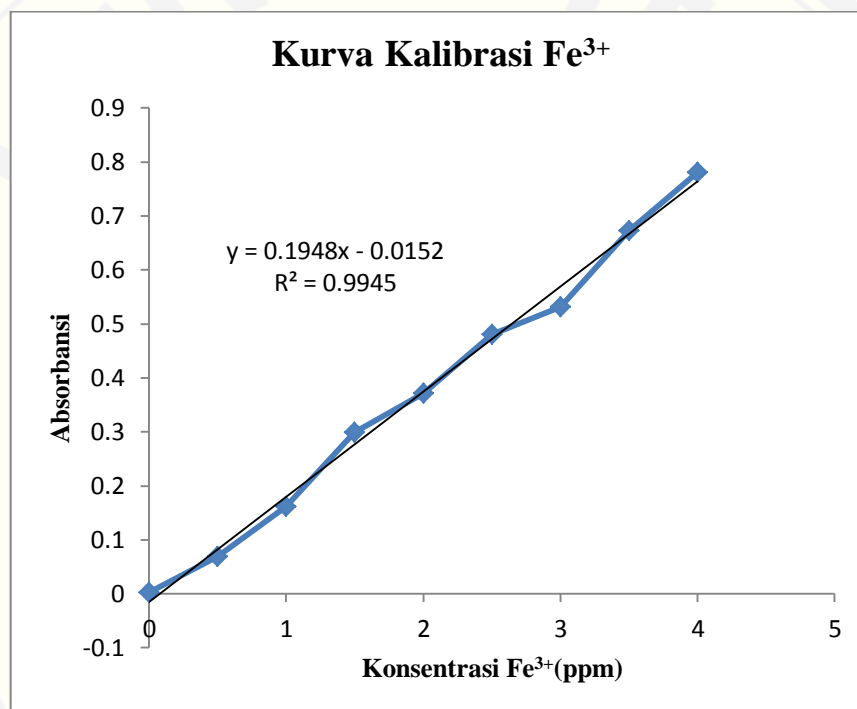
**4.4.2 Scanning Panjang Gelombang Maksimum  $\text{Fe}^{3+}$  interval 2 nm dari 470-490 nm menggunakan larutan  $\text{Fe}^{3+}$  4 ppm**

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Rata-rata
	I	II	III	
470	0.773	0.772	0.773	0.773
472	0.775	0.774	0.774	0.774
474	0.776	0.776	0.776	0.776
476	0.777	0.777	0.777	0.777
478	0.776	0.776	0.775	0.776
480	0.776	0.775	0.775	0.775
482	0.774	0.775	0.774	0.774
484	0.771	0.772	0.771	0.771
486	0.768	0.767	0.768	0.768
488	0.764	0.764	0.765	0.764
490	0.759	0.760	0.759	0.759



#### 4.4.3 Kurva Kalibrasi Fe<sup>3+</sup>

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
	I	II	III	
0	0.003	0.003	0.004	0.003
0.5	0.069	0.069	0.069	0.069
1	0.162	0.162	0.162	0.162
1.5	0.299	0.298	0.299	0.299
2	0.37	0.371	0.371	0.371
2.5	0.48	0.48	0.48	0.480
3	0.531	0.53	0.53	0.530
3.5	0.672	0.673	0.673	0.673
4	0.781	0.781	0.782	0.781



**Contoh Perhitungan Fe<sup>3+</sup>**

Diketahui : Absorbansi Fe<sup>3+</sup> yaitu 0.072

Bobot mikroenkapsul yaitu 1563.1 mg

Persamaan kurva kalibrasi Fe<sup>3+</sup> yaitu  $y = 0.1948x - 0.0152$

Ditanya : Konsentrasi, Jumlah Fe<sup>3+</sup> dalam 0.1 gram, Fe<sup>3+</sup> mikroenkapsul, Massa teoritis Fe<sup>3+</sup>.

Jawab :

$$y = 0.1948x - 0.0152$$

$$0.072 = 0.1948x - 0.0152$$

$$x = \frac{0.0152 + 0.072}{0.1948}$$

$$x = 0.4476 \text{ ppm (mg/L)}$$

$$\# \text{ Konsentrasi} = 0.4476 \text{ (mg/L)} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

$$= 0.4476 \text{ (mg/L)} \times 100 = 44.76 \text{ (mg/L)}$$

$$\# \text{ Jumlah Fe}^{3+} \text{ dalam 0.1 gram} = 44.76 \text{ (mg/L)} \times 0.05 \text{ L} = 2.2382 \text{ mg}$$

$$\# \text{ Fe}^{3+} \text{ mikroenkapsul} = \frac{1563.1 \text{ mg}}{100 \text{ mg}} \times 2.2382 \text{ mg} = 34.9851 \text{ mg}$$

$$\# \text{ Massa teoritis Fe}^{3+} = 1 \text{ gram} \times \frac{56 \text{ gram/mol}}{278 \text{ gram/mol}} \times 100\% = 0.2014 \text{ gram} = 201,438 \text{ mg}$$

Lampiran 4.4.4 Penetapan Bobot Total Fe<sup>3+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-0

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> RDM ± Sd
		I	II	III				D 0.1 gram	DM	
							X. Fp			
		(nm)			(mm)	(ppm)	(ppm)	(mg)	(mg)	(mg)
F1G1	1	0.082	0.082	0.083	0.082	0.501	50.068	2.503	33.443	30.618±0.088
	2	0.082	0.082	0.081	0.082	0.497	49.726	2.486	33.227	
	3	0.082	0.082	0.081	0.082	0.497	49.726	2.486	33.302	
F1G2	1	0.064	0.065	0.065	0.065	0.410	40.999	2.050	32.043	31.884±0.157
	2	0.064	0.064	0.065	0.064	0.408	40.828	2.041	31.881	
	3	0.063	0.064	0.064	0.064	0.405	40.486	2.024	31.729	
F1G2	1	0.069	0.070	0.070	0.070	0.436	43.566	2.178	30.710	33.324±0.110
	2	0.069	0.069	0.069	0.069	0.432	43.224	2.161	30.533	
	3	0.069	0.069	0.069	0.069	0.432	43.224	2.161	30.611	
F2G1	1	0.080	0.080	0.079	0.080	0.487	48.700	2.435	49.135	48.942±0.310
	2	0.080	0.080	0.079	0.080	0.487	48.700	2.435	49.106	
	3	0.078	0.079	0.079	0.079	0.482	48.186	2.409	48.584	
F2G2	1	0.080	0.080	0.081	0.080	0.490	49.042	2.452	52.896	53.510±0.643
	2	0.081	0.082	0.081	0.081	0.496	49.555	2.478	53.455	
	3	0.083	0.082	0.083	0.083	0.502	50.240	2.512	54.178	
F2G3	1	0.082	0.081	0.081	0.081	0.496	49.555	2.478	58.762	59.155±0.398
	2	0.082	0.083	0.083	0.083	0.502	50.240	2.512	59.559	
	3	0.082	0.082	0.082	0.082	0.499	49.897	2.495	59.143	
F3G1	1	0.089	0.089	0.089	0.089	0.535	53.491	2.675	72.646	72.634±0.085
	2	0.089	0.089	0.089	0.089	0.535	53.491	2.675	72.544	
	3	0.089	0.089	0.089	0.089	0.535	53.491	2.675	72.713	
F3G2	1	0.075	0.075	0.075	0.075	0.463	46.304	2.315	74.008	73.909±0.672
	2	0.075	0.076	0.076	0.076	0.466	46.646	2.332	74.527	
	3	0.074	0.074	0.074	0.074	0.458	45.791	2.290	73.194	
F3G3	1	0.085	0.085	0.084	0.085	0.513	51.266	2.563	73.857	74.768±0.871
	2	0.086	0.086	0.086	0.086	0.520	51.951	2.598	74.853	
	3	0.087	0.087	0.087	0.087	0.525	52.464	2.623	75.593	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx + c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>3+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>3+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>3+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>3+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi



Lampiran 4.4.5 Penetapan Bobot Total Fe<sup>3+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-7

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> RDM ± Sd
		I	II	III				D 0.1 gram	DM	
		(nm)			(nm)	(ppm)	X. Fp	(mg)	(mg)	(mg)
F1G1	1	0.079	0.079	0.078	0.079	0.482	48.186	2.409	37.660	37.594±0.089
	2	0.078	0.078	0.079	0.078	0.480	48.015	2.401	37.493	
	3	0.078	0.079	0.078	0.078	0.480	48.015	2.401	37.629	
F1G2	1	0.093	0.092	0.093	0.093	0.554	55.373	2.769	39.032	39.854±0.091
	2	0.093	0.092	0.093	0.093	0.554	55.373	2.769	39.116	
	3	0.093	0.093	0.092	0.093	0.554	55.373	2.769	39.215	
F1G3	1	0.103	0.104	0.103	0.103	0.608	60.849	3.042	40.644	40.680±0.077
	2	0.104	0.103	0.104	0.104	0.610	61.020	3.051	40.773	
	3	0.103	0.103	0.103	0.103	0.607	60.678	3.034	40.636	
F2G1	1	0.077	0.078	0.077	0.077	0.475	47.502	2.375	56.328	57.059±0.700
	2	0.079	0.078	0.079	0.079	0.482	48.186	2.409	57.125	
	3	0.080	0.079	0.080	0.080	0.487	48.700	2.435	57.724	
F2G2	1	0.095	0.096	0.096	0.096	0.569	56.913	2.846	61.386	61.877±0.557
	2	0.096	0.097	0.096	0.096	0.573	57.255	2.863	61.761	
	3	0.098	0.097	0.098	0.098	0.579	57.940	2.897	62.482	
F2G3	1	0.116	0.117	0.117	0.117	0.677	67.693	3.385	68.299	67.867±0.383
	2	0.116	0.115	0.115	0.115	0.670	67.009	3.350	67.568	
	3	0.115	0.116	0.116	0.116	0.672	67.180	3.359	67.734	
F3G1	1	0.085	0.084	0.084	0.084	0.511	51.095	2.555	81.665	81.658±0.839
	2	0.083	0.084	0.083	0.083	0.506	50.582	2.529	80.815	
	3	0.085	0.085	0.086	0.085	0.516	51.608	2.580	82.494	
F3G2	1	0.098	0.098	0.098	0.098	0.581	58.111	2.906	83.717	83.479±0.241
	2	0.097	0.097	0.098	0.097	0.578	57.769	2.888	83.236	
	3	0.098	0.097	0.098	0.098	0.579	57.940	2.897	83.483	
F3G3	1	0.106	0.106	0.106	0.106	0.622	62.218	3.111	84.498	84.949±0.512
	2	0.107	0.107	0.106	0.107	0.626	62.560	3.128	84.844	
	3	0.108	0.107	0.107	0.107	0.629	62.902	3.145	85.506	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx+c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>3+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>3+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>3+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>3+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi

Lampiran 4.4.6 Penetapan Bobot Total Fe<sup>3+</sup> di Mikroenkapsul Hari ke-14

F	U	A			AR	X	K	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> RDM ± Sd
		I	II	III				D 0.1 gram	DM	
		(nm)			(nm)	(ppm)	X. Fp	(mg)	(mg)	(mg)
F1G1	1	0.095	0.095	0.095	0.095	0.566	56.571	2.829	44.213	44.151±0.097
	2	0.094	0.095	0.095	0.095	0.564	56.400	2.820	44.040	
	3	0.095	0.094	0.095	0.095	0.564	56.400	2.820	44.200	
F1G2	1	0.111	0.111	0.110	0.111	0.646	64.613	3.231	45.546	45.488±0.080
	2	0.110	0.111	0.110	0.110	0.644	64.442	3.222	45.522	
	3	0.109	0.110	0.110	0.110	0.641	64.100	3.205	45.396	
F1G3	1	0.122	0.122	0.123	0.122	0.706	70.602	3.530	47.159	47.244±0.073
	2	0.122	0.123	0.123	0.123	0.708	70.773	3.539	47.291	
	3	0.123	0.122	0.122	0.122	0.706	70.602	3.530	47.282	
F2G1	1	0.089	0.089	0.089	0.089	0.535	53.491	2.675	63.429	63.415±0.208
	2	0.089	0.089	0.090	0.089	0.537	53.662	2.683	63.616	
	3	0.088	0.089	0.089	0.089	0.533	53.320	2.666	63.200	
F2G2	1	0.108	0.109	0.109	0.109	0.636	63.587	3.179	68.584	68.213±0.366
	2	0.107	0.107	0.108	0.107	0.629	62.902	3.145	67.853	
	3	0.108	0.108	0.108	0.108	0.632	63.244	3.162	68.203	
F2G3	1	0.128	0.128	0.128	0.128	0.735	73.511	3.676	74.169	74.137±0.027
	2	0.128	0.128	0.128	0.128	0.735	73.511	3.676	74.125	
	3	0.128	0.128	0.128	0.128	0.735	73.511	3.676	74.118	
F3G1	1	0.092	0.092	0.091	0.092	0.549	54.860	2.743	87.682	87.674±0.294
	2	0.091	0.092	0.091	0.091	0.547	54.689	2.734	87.376	
	3	0.091	0.093	0.092	0.092	0.550	55.031	2.752	87.964	
F3G2	1	0.105	0.105	0.106	0.105	0.619	61.875	3.094	89.141	89.396±0.431
	2	0.106	0.105	0.105	0.105	0.619	61.875	3.094	89.153	
	3	0.106	0.106	0.107	0.106	0.624	62.389	3.119	89.893	
F3G3	1	0.116	0.115	0.115	0.115	0.670	67.009	3.350	91.005	90.758±0.501
	2	0.115	0.114	0.114	0.114	0.665	66.496	3.325	90.181	
	3	0.115	0.115	0.116	0.115	0.670	67.009	3.350	91.089	

Ket : F : Formula  
 U : Ulangan  
 A : Absorbansi  
 AR : Absorbansi rata-rata  
 X : Nilai x dari persamaan  $y = mx+c$   
 K : Konsentrasi Fe<sup>3+</sup>  
 Fp : Faktor Pengenceran  
 Fe<sup>3+</sup> D 0.1 gram : Kadar Fe<sup>3+</sup> dalam 0.1 gram  
 Fe<sup>3+</sup> DM : Bobot total Fe<sup>3+</sup> dalam mikroenkapsul  
 Fe<sup>3+</sup> RDM ± Sd : Bobot total Fe<sup>3+</sup> rata-rata dalam mikroenkapsul ± Standart deviasi

**Tabulasi Data Bobot total Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> Pengaruh Waktu Penyimpanan****a. Tabulasi Data Bobot Total Fe<sup>2+</sup> Waktu Penyimpanan 0, 7 dan 14 hari**

Keterangan	Bobot total Fe <sup>2+</sup> (mg)		
	Hari 0	Hari 7	Hari 14
F1G1	108.274	101.394	94.525
F1G2	89.347	81.435	75.360
F1G3	66.913	58.913	52.893
F2G1	181.194	173.625	166.825
F2G2	155.362	147.466	140.630
F2G3	130.760	122.768	115.808
F3G1	269.808	261.802	254.682
F3G2	221.358	212.937	205.789
F3G3	196.681	186.942	180.812

**b. Tabulasi Data Bobot Total Fe<sup>2+</sup> Waktu Penyimpanan 0, 7 dan 14 hari**

Keterangan	Bobot total Fe <sup>3+</sup> (mg)		
	Hari 0	Hari 7	Hari 14
F1G1	30.618	37.498	44.367
F1G2	31.884	39.854	45.871
F1G3	33.324	41.324	47.344
F2G1	48.942	57.202	63.311
F2G2	53.510	61.779	68.242
F2G3	59.155	67.780	74.107
F3G1	72.634	81.531	87.760
F3G2	73.909	82.999	89.478
F3G3	74.768	84.133	90.637

**c. Tabulasi Data Bobot Total Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> Waktu Penyimpanan 0, 7 dan 14 hari**

Keterangan	Bobot total Fe <sup>2+</sup> dan Fe <sup>3+</sup> (mg)		
	Hari 0	Hari 7	Hari 14
F1G1	138.892	138.892	138.892
F1G2	121.231	121.289	121.231
F1G3	100.237	100.237	100.237
F2G1	230.136	230.827	230.136
F2G2	208.872	209.245	208.872
F2G3	189.915	190.548	189.915
F3G1	342.442	343.333	342.442
F3G2	295.267	295.936	295.267
F3G3	271.449	271.075	271.449

### Lampiran 4.5 Perhitungan Kadar $\text{Fe}^{2+}$ dan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ pada Mikroenkapsul

#### 4.5.1 Kadar $\text{Fe}^{2+}$ dan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari ke-0

Formula	Bobot Total $\text{Fe}^{2+}$ [mg]	Bobot Total $\text{Fe}^{3+}$ [mg]	Bobot Total Fe [mg]	Kadar $\text{Fe}^{2+}$ [%]	Kadar $\text{Fe}^{3+}$ [%]
F1G1	108.274	30.618	138.892	77.956	22.044
F1G2	89.347	31.884	121.231	73.699	26.300
F1G3	66.913	33.324	100.237	66.754	33.245
F2G1	181.194	48.942	230.136	78.733	21.266
F2G2	155.362	53.510	208.872	74.381	25.618
F2G3	130.760	59.155	189.915	68.851	31.148
F3G1	269.808	72.634	342.442	78.789	21.210
F3G2	221.358	73.909	295.267	74.968	25.031
F3G3	196.681	74.768	271.449	72.455	27.544

#### 4.5.2 Kadar $\text{Fe}^{2+}$ dan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari ke-7

Formula	Bobot Total $\text{Fe}^{2+}$ [mg]	Bobot Total $\text{Fe}^{3+}$ [mg]	Bobot Total Fe [mg]	Kadar $\text{Fe}^{2+}$ [%]	Kadar $\text{Fe}^{3+}$ [%]
F1G1	101.394	37.498	138.892	73.002	26.997
F1G2	81.435	39.854	121.289	67.141	32.858
F1G3	58.913	41.324	100.237	58.773	41.226
F2G1	173.625	57.202	230.827	75.218	24.781
F2G2	147.466	61.779	209.245	70.475	29.524
F2G3	122.768	67.780	190.548	64.428	35.571
F3G1	261.802	81.531	343.333	76.253	23.746
F3G2	212.937	82.999	295.936	71.953	28.046
F3G3	186.942	84.133	271.075	68.963	31.036

#### 4.5.3 Kadar $\text{Fe}^{2+}$ dan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ saat Mikroenkapsul Hari ke-7

Formula	Bobot Total $\text{Fe}^{2+}$ [mg]	Bobot Total $\text{Fe}^{3+}$ [mg]	Bobot Total Fe [mg]	Kadar $\text{Fe}^{2+}$ [%]	Kadar $\text{Fe}^{3+}$ [%]
F1G1	94.525	44.367	138.892	68.056	31.943
F1G2	75.360	45.871	121.231	62.162	37.837
F1G3	52.893	47.344	100.237	52.767	47.232
F2G1	166.825	63.311	230.136	72.489	27.510
F2G2	140.630	68.242	208.872	67.328	32.671
F2G3	115.808	74.107	189.915	60.978	39.021
F3G1	254.682	87.760	342.442	74.372	25.627
F3G2	205.789	89.478	295.267	69.695	30.304
F3G3	180.812	90.637	271.449	66.609	33.390

**Contoh Perhitungan Kadar  $Fe^{2+}$  Mikroenkapsul F1G1 Hari Ke-0**

$$\begin{aligned} \text{Kadar } Fe^{2+} &= \frac{\text{Bobot total } Fe^{2+} \text{ hari 0}}{\text{Bobot total } Fe} \times 100\% \\ &= \frac{108.274}{138.892} \times 100\% = 77.956\% \end{aligned}$$

**Contoh Perhitungan Kadar  $Fe^{3+}$  Mikroenkapsul F1G1 Hari Ke-0**

$$\begin{aligned} \text{Kadar } Fe^{3+} &= \frac{\text{Bobot total } Fe^{3+} \text{ hari 0}}{\text{Bobot total } Fe} \times 100\% \\ &= \frac{30.618}{138.892} \times 100\% = 22.044\% \end{aligned}$$

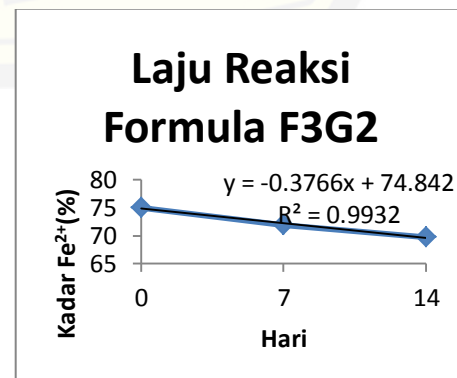
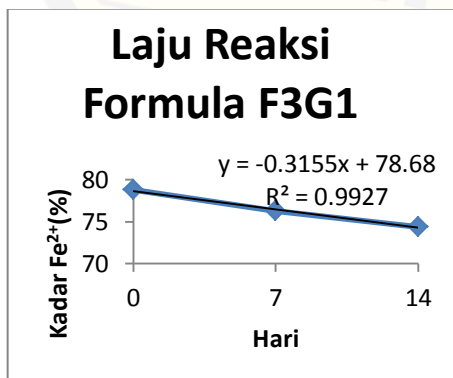
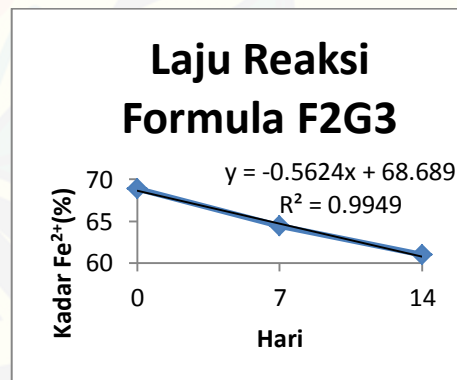
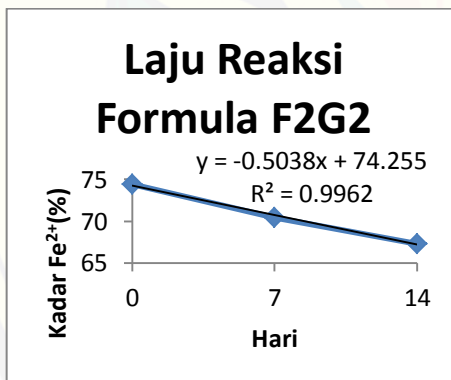
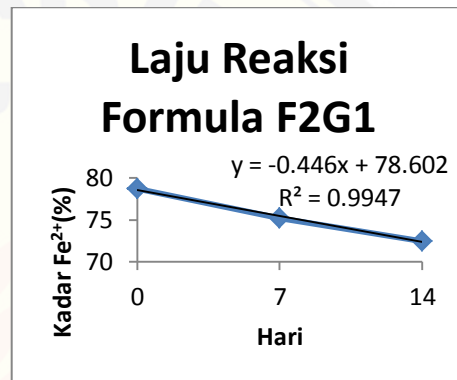
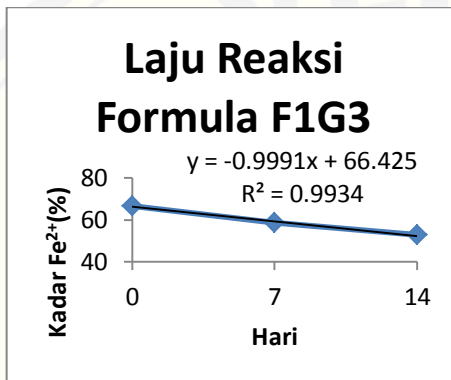
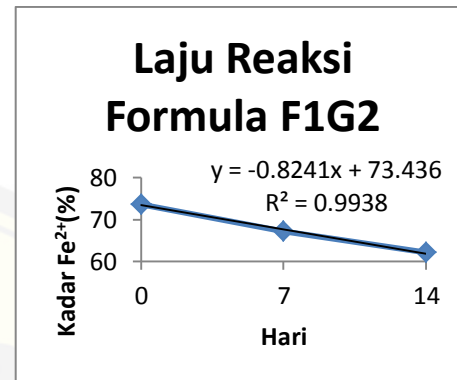
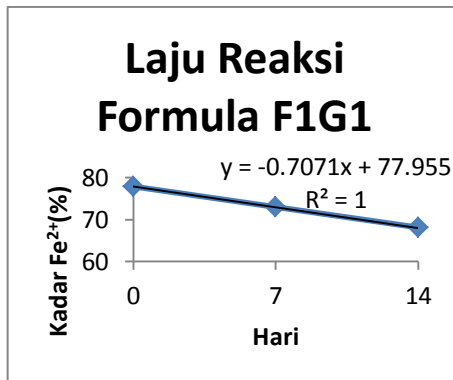
**Tabulasi Penurunan Kadar  $Fe^{2+}$  Mikroenkapsul pada Hari Ke-0, 7, 14**

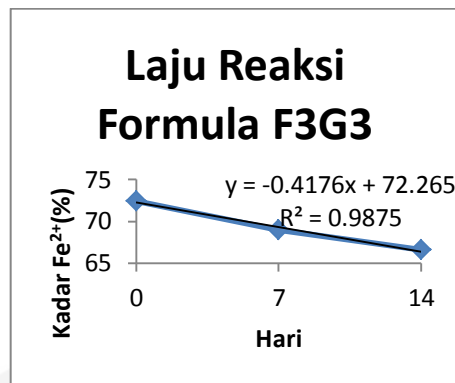
Formula	Kadar $Fe^{2+}$ [%]		
	Hari 1	Hari 7	Hari 14
F1G1	77.956	73.002	68.056
F1G2	73.699	67.141	62.162
F1G3	66.754	58.773	52.767
F2G1	78.733	75.218	72.489
F2G2	74.381	70.475	67.328
F2G3	68.851	64.428	60.978
F3G1	78.789	76.253	74.372
F3G2	74.968	71.953	69.695
F3G3	72.455	68.963	66.609

**Tabulasi Kenaikan Kadar  $Fe^{3+}$  Mikroenkapsul pada Hari Ke-0, 7, 14**

Formula	Kadar $Fe^{3+}$ [%]		
	Hari 1	Hari 7	Hari 14
F1G1	22.044	26.997	31.943
F1G2	26.300	32.858	37.837
F1G3	33.245	41.226	47.232
F2G1	21.266	24.781	27.510
F2G2	25.618	29.524	32.671
F2G3	31.148	35.571	39.021
F3G1	21.210	23.746	25.627
F3G2	25.031	28.046	30.304
F3G3	27.544	31.036	33.390

## Lampiran 4.6 Perhitungan Waktu Paruh Mikroenkapsul

4.6 Laju Reaksi Penurunan  $\text{Fe}^{2+}$  pada Mikroenkapsul



### Perhitungan Waktu Paruh Mikroenkapsul F1G1

$$\begin{aligned} \text{Waktu Paruh} &= \frac{A_0}{2K} \times 100\% \\ &= \frac{77.956}{2 \times 0.707} \times 100\% = 55.132\% \end{aligned}$$

### Tabulasi Waktu Paruh Laju Reaksi Mikroenkapsul

Formula	A <sub>0</sub>	K	R <sup>2</sup>	Waktu Paruh (t <sub>1/2</sub> ) [Hari]
				t <sub>1/2</sub> = A <sub>0</sub> / 2K
F1G1	77.956	0.707	1	55.132
F1G2	73.699	0.824	0.994	44.720
F1G3	66.754	0.999	0.993	33.410
F2G1	78.733	0.446	0.995	88.266
F2G2	74.381	0.504	0.996	73.791
F2G3	68.851	0.562	0.995	61.255
F3G1	78.789	0.316	0.993	124.666
F3G2	74.968	0.377	0.993	99.427
F3G3	72.455	0.418	0.988	86.669