



**MIKROENKAPSULASI  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  MENGGUNAKAN  
PENYALUT ETIL SELULOSA DAN VARIASI  
KECEPATAN PENGADUKAN**

**SKRIPSI**

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

Oleh  
**Friska Ayu Fitria**  
**NIM 131810301035**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Saroso (Alm) dan Ibunda Ida Purwati yang tercinta;
2. om Edi Santoso, tante Novi, om Toni, om Bambang, tante Retno, tante Titik, tante Lilik, tante Ninik, tante Wiwik, om Dandik dll;
3. kakek Sutopo (Alm), nenek Muawanah (Alm), eyang Sudjito (Alm), eyang Sarijah (Alm) dan bude Tiwik (Alm);
4. adik-adikku Fadil Muhammad, Diva, Rizki, Difta, Allo, Kiki dll;
5. segenap keluarga yang ada di Malang, Surabaya, Sidoarjo;
6. guru-guru TK Cendrawasih Surabaya, SDN Jambangan V, SMPN 1 Turen dan SMAN 1 Turen, serta dosen-dosen di Jurusan Kimia Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
7. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
8. teman-temanku 9B, Akselerasi '13 SMAKI, KKN 61 Selowogo-Situbondo, Titanium 2013, Kos KPRI, Kos Orange, dan teman-teman ku lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

**MOTTO**

“Cukuplah Allah menjadi penolong bagi kami dan Dia sebaik baik pelindung”.  
(terjemahan QS. Al Imran: 173)

"Apabila Anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka Anda telah berbuat baik terhadap diri sendiri".  
(Benyamin Franklin)

"Rahmat sering datang kepada kita dalam bentuk kesakitan, kehilangan dan kekecewaan; tetapi kalau kita sabar, kita segera akan melihat bentuk aslinya".  
(Joseph Addison)

“Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya, hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah”.  
(Abu Bakar Sibli)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Friska Ayu Fitria

NIM : 131810301035

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  menggunakan Penyalut Etil Selulosa dan Variasi Kecepatan Pengadukan” 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, .....

Yang Menyatakan

Friska Ayu Fitria

NIM 131810301035

**SKRIPSI**

**MIKROENKAPSULASI  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  MENGGUNAKAN  
PENYALUT ETIL SELULOSA DAN VARIASI  
KECEPATAN PENGADUKAN**

Oleh

Friska Ayu Fitria  
NIM 131810301035

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 dan Variasi Kecepatan Pengadukan” 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,

Anggota I,

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

drh. Wuryanti Handayani, M.Si.  
NIP. 196008221985032002

Anggota II,

Anggota III,

Asnawati, S.Si., M.Si.  
NIP. 196808141999032001

Suardiyanto, S.Si., M.Si, Ph.D.  
NIP. 197501191998021001

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 dan Variasi Kecepatan Pengadukan;** Friska Ayu Fitria, 131810301035; 2017: 52 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Zat besi adalah makromineral esensial yang berguna bagi tubuh. Apabila kandungan zat besi dalam tubuh menurun dapat menyebabkan anemia. Besi yang diperlukan oleh tubuh berupa besi (fero/  $\text{Fe}^{2+}$ ). Senyawa fero banyak ditemukan pada Fero sulfat heptahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Bahan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  apabila dibiarkan di udara terbuka dapat membentuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Berdasarkan sifat-sifat besi yang telah diketahui, maka dalam penelitian ini akan dilakukan mikroenkapsulasi. Metode mikroenkapsulasi yang digunakan adalah penguapan pelarut, dimana penyelaputan bahan inti oleh penyalut dilakukan dengan melarutkan polimer ke dalam pelarut yang mudah menguap. Bahan penyalut yang digunakan adalah etil selulosa. Tujuan penelitian ini digunakan untuk mengetahui massa, persen perolehan kembali, bobot total, persen efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  yang tersalut dalam mikroenkapsul, serta bentuk dan ukuran mikroenkapsul yang dihasilkan dari pengadukan.

Etil selulosa (F1, F2, F3) dengan 3 variasi konsentrasi yang berbeda dilarutkan dengan aseton, kedalamnya didispersikan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  diaduk sampai homogen. Pada tempat yang terpisah parafin cair dicampur dengan tween 80. Campuran aseton dimasukkan kedalam larutan campuran parafin tetes demi tetes sambil diaduk dengan homogenizer menggunakan variasi kecepatan 500 (R1), 700 (R2), dan 900 (R3) rpm selama 3 jam. Mikroenkapsul dikumpulkan dengan dekantasi, pencucian dengan n-heksan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 2 jam.

Mikroenkapsul yang dihasilkan berupa butiran kecil berwarna putih sedikit kekuningan. Perolehan kembali mikroenkapsul yang terbesar terdapat pada formula F3R3 (2,2792 gram) pada kecepatan 900 rpm. Semakin cepat pengadukan maka persen perolehan kembali mikroenkapsul semakin tinggi.

Mikroenkapsul diukur absorbansinya secara simultan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mikroenkapsul menggunakan pengompleks *o*-phenantrolin pada panjang gelombang 510 nm dan 358 nm. Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  tertinggi berada pada formula F1R3 yaitu 142,12 mg. Sedangkan formula yang memiliki bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  terendah berada pada formula F3R1 yaitu 123,5 mg. Efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  tertinggi terdapat pada formula F1R3 yaitu 70,66%. Bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  tertinggi berada pada formula F1R1 rpm yaitu 43,714 mg. Sedangkan formula yang memiliki bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  terendah berada pada formula F3R3 sebesar 37,317 mg. Efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{3+}$ , terbesar pada formula F1R1 yaitu bernilai 21,705 %. Formula F3R3 memiliki efisiensi penjerapan terkecil  $\text{Fe}^{3+}$  yaitu 18,439%.

Pengukuran mikroenkapsul menggunakan mikroskop optik Nikon diperoleh diameter terbesar berada pada formula F3R1 2535,7  $\mu\text{m}$ . Ukuran mikroenkapsul akan menurun disaat kecepatan pengadukan bertambah. Bentuk mikroenkapsul terbaik terdapat pada F1R3 sebesar 1233,2  $\mu\text{m}$ . Bentuk mikroenkapsul terbaik pada F1R3 memiliki bentuk bulat, rata dan tidak bergelombang pada pemukaannya.



## PRAKATA

Puji syukur alhamdulillah ke hadirat 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 dan Variasi Kecepatan Pengadukan”. 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 arahan dan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Ibu Asnawati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Suwardiyanto, S.Si., M.Si, Ph.D. selaku Dosen Penguji II, yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Bapak Agung Budi Santoso, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Kimia;
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,  
Penulis

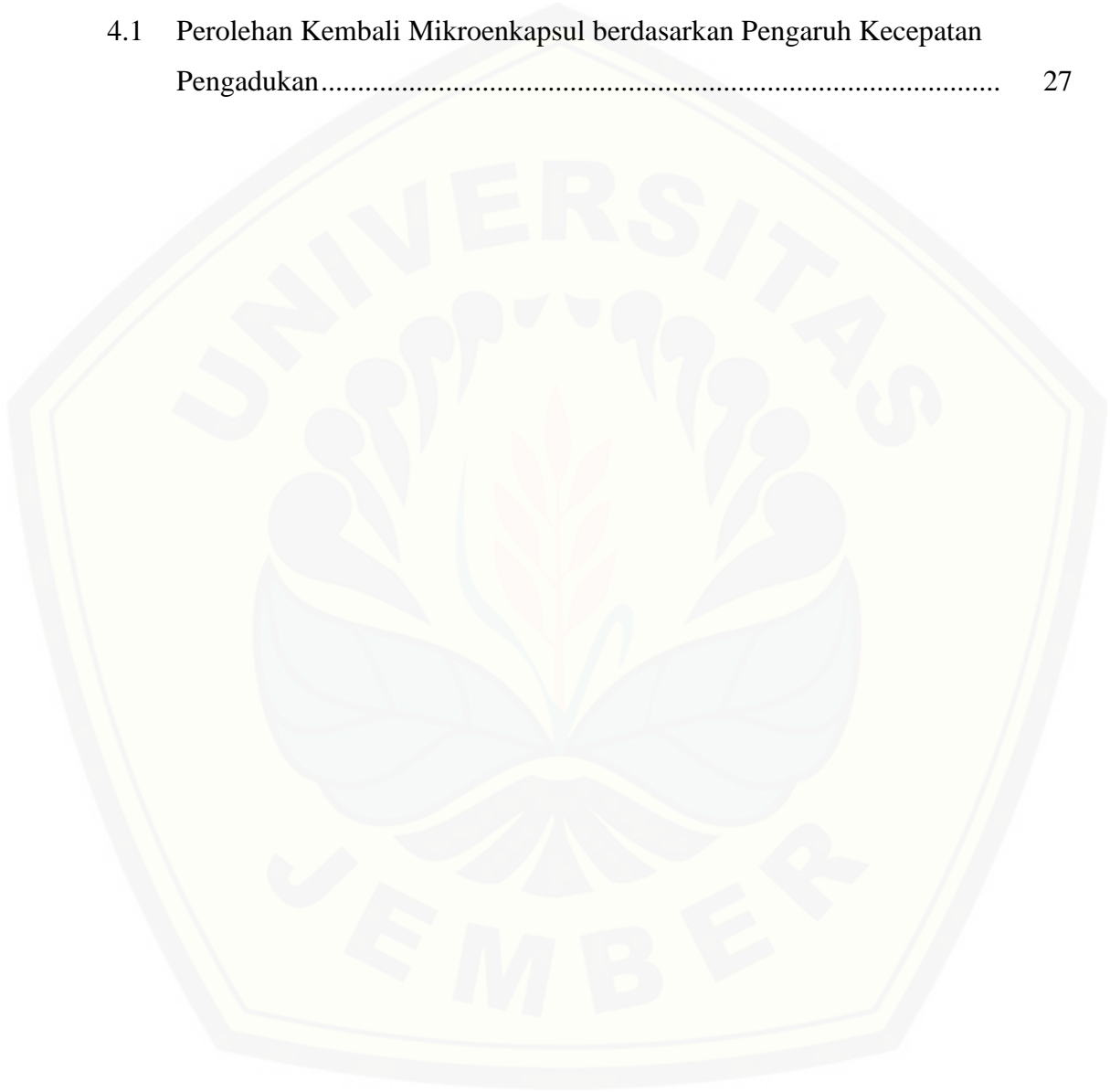
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Mikroenkapsulasi</b> .....	5
<b>2.2 Metode Penguapan Pelarut</b> .....	8
<b>2.3 Pengaruh Kecepatan Pengadukan</b> .....	8
<b>2.4 Pola Aliran Pengadukan</b> .....	9
<b>2.5 Bentuk Pengaduk</b> .....	10
<b>2.6 Fero Sulfat Hepta Hidrat</b> .....	11
<b>2.7 Etil Selulosa sebagai Bahan Penyalut</b> .....	12
<b>2.8 Spektrofotometri UV-Vis</b> .....	13
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	16
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	16
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	16
3.2.1 Alat .....	16
3.2.2 Bahan .....	16

<b>3.3 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>18</b>
3.4.1 Pembuatan Mikroenkapsul dengan Variasi Komposisi.....	18
3.4.2 Penentuan Berat Mikroenkapsul yang diperoleh.....	20
3.4.3 Pengukuran Kadar, Bobot Total dan Efisiensi Penjerapan .....	20
3.4.4 Penentuan Bentuk dan Ukuran Mikroenkapsul .....	24
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Hasil Pembuatan Mikroenkapsul.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Bobot Total dan Efisiensi Penjerapan .....</b>	<b>28</b>
4.2.1 a. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{2+}$ .....	28
4.2.1 b. Pembuatan Kurva Kalibrasi $Fe^{2+}$ secara simultan .....	29
4.2.2 Penetapan Bobot Total $Fe^{2+}$ dalam Mikroenkapsul.....	31
4.2.3 Efisiensi Penjerapan $Fe^{2+}$ .....	31
4.2.4 a. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum $Fe^{3+}$ .....	32
4.2.4 b. Pembuatan Kurva Kalibrasi $Fe^{3+}$ secara simultan .....	33
4.2.5 Penetapan Bobot Total $Fe^{3+}$ dalam Mikroenkapsul.....	34
4.2.6 Efisiensi Penjerapan $Fe^{3+}$ .....	35
4.2.7 Hubungan Efisiensi Penjerapan $Fe^{2+}$ dan $Fe^{3+}$ .....	36
<b>4.3 Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Formulasi terhadap         Bentuk dan Ukuran Mikroenkapsul yang diperoleh.....</b>	<b>37</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>45</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>

**DAFTAR TABEL**

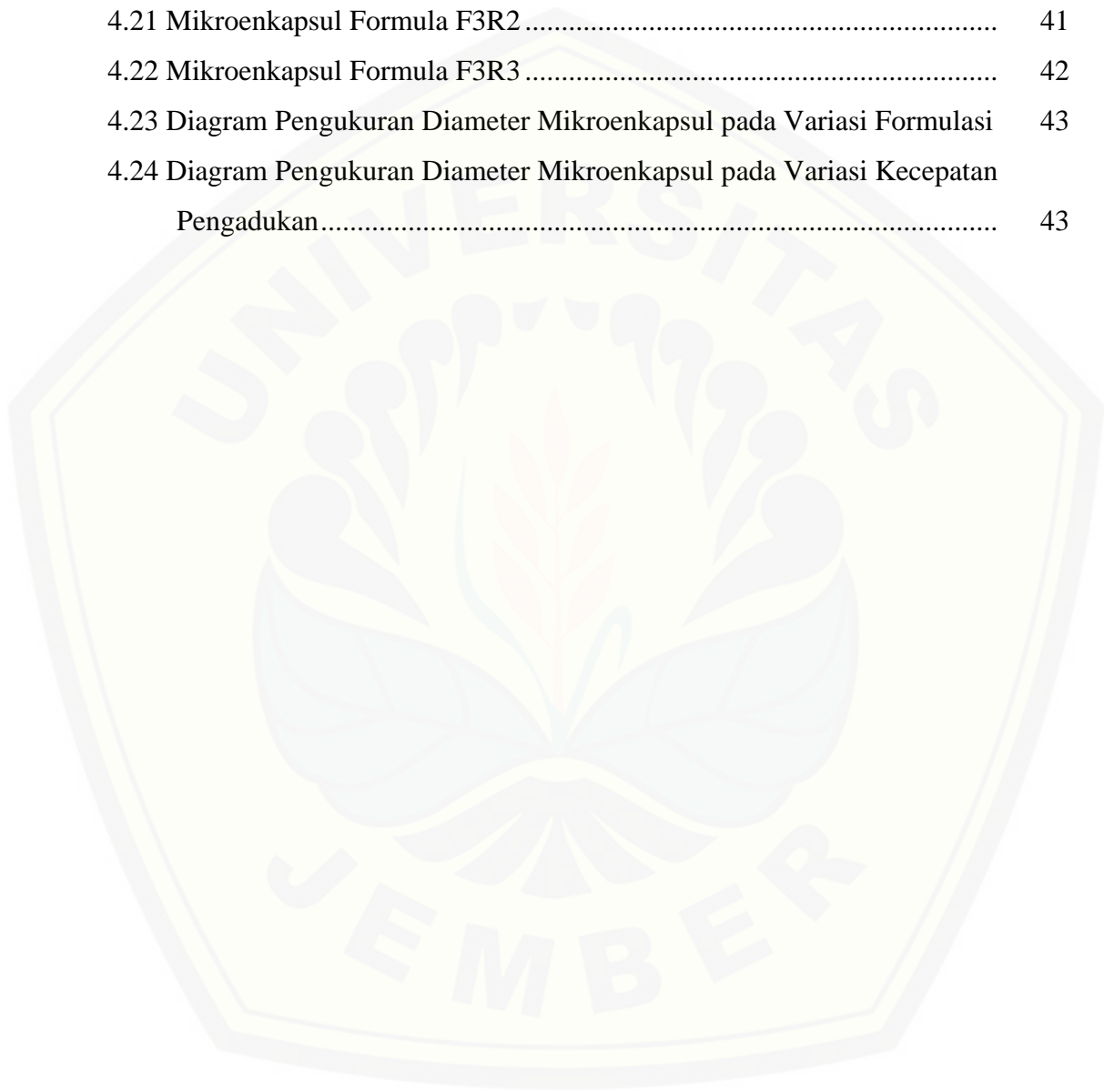
	Halaman
2.1 Spektrum Cahaya Tampak dan Warna Komplementer .....	15
3.1 Formulasi Mikroenkapsulasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	18
4.1 Perolehan Kembali Mikroenkapsul berdasarkan Pengaruh Kecepatan Pengadukan.....	27



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Bentuk-Bentuk Mikroenkapsul .....	5
2.2 Tahapan Emulsifikasi Penguapan Pelarut .....	8
2.3 Aliran Laminar .....	10
2.4 Aliran Turbulen .....	10
2.5 Jenis-Jenis Pengaduk .....	11
2.6 Padatan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	11
2.7 Struktur $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	12
2.8 Struktur Molekul Etil Selulosa .....	12
2.9 Proses Penyerapan Cahaya Oleh Zat Dalam Sel Sampel .....	14
3.1 Proses Pembuatan Mikroenkapsul .....	18
3.2 Baling-baling dan wadah pengadukan .....	19
3.3 Mikroskop Optik .....	25
4.1 Wujud Mikroenkapsul .....	26
4.2 Grafik % Perolehan Kembali Berdasarkan Penambahan Jumlah Formula .....	28
4.3 Kurva Scanning Panjang Gelombang $\text{Fe}^{2+}$ .....	29
4.4 Kurva Kalibrasi $\text{Fe}^{2+}$ .....	30
4.5 Kurva Kalibrasi $\text{Fe}^{3+}$ .....	30
4.6 Grafik Penetapan Bobot Total $\text{Fe}^{2+}$ dalam Mikroenkapsul .....	31
4.7 Efisiensi Penjerapan $\text{Fe}^{2+}$ .....	31
4.8 Kurva Scanning Panjang Gelombang $\text{Fe}^{3+}$ .....	33
4.9 Kurva Kalibrasi $\text{Fe}^{2+}$ .....	33
4.10 Kurva Kalibrasi $\text{Fe}^{3+}$ .....	34
4.11 Grafik Penetapan Bobot Total $\text{Fe}^{3+}$ dalam Mikroenkapsul .....	34
4.10 Efisiensi Penjerapan $\text{Fe}^{3+}$ .....	35
4.13 Hubungan Efisiensi Penjerapan $\text{Fe}^{2+}$ dan $\text{Fe}^{3+}$ .....	36
4.14 Mikroenkapsul Formula F1R1 .....	37
4.15 Mikroenkapsul Formula F1R2 .....	38
4.16 Mikroenkapsul Formula F1R3 .....	39

4.17 Mikroenkapsul Formula F2R1 .....	39
4.18 Mikroenkapsul Formula F2R2 .....	40
4.19 Mikroenkapsul Formula F2R3 .....	40
4.20 Mikroenkapsul Formula F3R1 .....	41
4.21 Mikroenkapsul Formula F3R2 .....	41
4.22 Mikroenkapsul Formula F3R3 .....	42
4.23 Diagram Pengukuran Diameter Mikroenkapsul pada Variasi Formulasi	43
4.24 Diagram Pengukuran Diameter Mikroenkapsul pada Variasi Kecepatan Pengadukan.....	43



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
4.1 Pembuatan Larutan untuk Analisa Fe <sup>2+</sup> dan Fe <sup>3+</sup> .....	53
4.1.1 Pembuatan larutan induk FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O 100 ppm .....	53
4.1.2 Pembuatan larutan 1,1- Fenantrolin 1000 ppm .....	53
4.1.3 Pembuatan larutan Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 100 ppm .....	53
4.1.4 Pembuatan larutan Buffer 4,5 .....	54
4.1.5 Pembuatan larutan Buffer 3,5 .....	55
4.2 Penetapan Kadar Fe <sup>2+</sup> secara Simultan .....	57
4.2.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum Fe <sup>2+</sup> dari 450-560 nm menggunakan larutan Fe <sup>2+</sup> 8 ppm .....	57
4.2.2 Kurva Kalibrasi Simultan Fe <sup>2+</sup> dan Fe <sup>3+</sup> 510 nm .....	58
4.3 Penetapan Kadar Fe <sup>3+</sup> secara Simultan .....	59
4.3.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum Fe <sup>2+</sup> dari 300-450 nm menggunakan larutan Fe <sup>3+</sup> 8 ppm .....	59
4.3.2 Kurva Kalibrasi Simultan Fe <sup>2+</sup> dan Fe <sup>3+</sup> 358 nm .....	60
4.4 Karakteristik Mikroenkapsul .....	61
4.4.1 Perolehan Kembali Mikroenkapsul (Recovery) .....	61
4.5 Bobot Total dan Efisiensi Penjerapan Simultan Fe <sup>2+</sup> dan Fe <sup>3+</sup> .....	63

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Zat besi adalah makromineral esensial yang berguna bagi tubuh untuk sintesis eritrosit. Asupan zat besi dapat diperoleh dengan mengonsumsi makanan yang banyak mengandung zat besi seperti bayam, daging dan ikan. Zat besi dalam makanan akan diserap oleh tubuh sekitar 10-15%. Menurunnya kadar zat besi pada tubuh disebut dengan anemia (Henny, 2015). Besi dalam makanan banyak ditemukan dalam bentuk senyawa besi non heme berupa kompleks senyawa besi (Feri/  $\text{Fe}^{3+}$ ). Senyawa besi (Feri/  $\text{Fe}^{3+}$ ) dengan adanya pengaruh asam lambung, vitamin C, dan asam amino akan mengalami reduksi menjadi bentuk fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang bisa dicerna tubuh (Respati, 2010).

Besi yang diperlukan oleh tubuh berupa besi (fero/  $\text{Fe}^{2+}$ ). Senyawa fero dapat ditemukan dari beberapa macam molekul besi (II) sulfat antara lain monohidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), tetrahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), pentahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) dan heptahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Fero sulfat heptahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) mempunyai sifat larut dalam air, berupa serbuk atau granul berwarna hijau kebiruan, tidak berbau, berasa seperti garam dan cepat teroksidasi dalam udara terbuka (Wikipedia, 2017). Bahan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  apabila dibiarkan di udara terbuka dapat membentuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Senyawa fero sulfat dapat mengalami perubahan warna setelah bereaksi dengan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan pembawanya. Pemberian oral  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  pada tubuh dalam bentuk garam fero akan memiliki daya serap yang lebih baik daripada garam feri. Hal ini disebabkan karena kelarutan garam fero lebih tinggi dibandingkan garam feri serta daya serap pada tubuh 3 kali lebih tinggi (Mc Diarmid dan Johnson, 2002).

Berdasarkan sifat-sifat besi yang telah diketahui, maka dalam penelitian ini akan dilakukan mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi adalah penyeloputan partikel kecil bahan inti yang telah dikelilingi oleh penyalut (Benita, 1996). Mikroenkapsulasi merupakan proses untuk melindungi suatu senyawa (khususnya



senyawa bioaktif) dengan memakai senyawa lainnya sebagai pelindung (Nedovic *et al.*, 2011; Poshadri dan Aparna, 2010; Gharsallaoui *et al.*, 2007). Mikroenkapsulasi terdiri dari dua bahan utama yaitu adanya bahan inti dan bahan penyalut (Thies, 1996). Mikroenkapsulasi memiliki keuntungan dapat mengubah bentuk, melindungi dan menutupi rasa (Chaerunisa, 2004).

Salah satu metode untuk mikroenkapsulasi yaitu menggunakan metode penguapan pelarut, dimana memiliki prinsip dapat melarutkan polimer ke dalam pelarut yang mudah menguap. Bahan inti akan didispersikan kedalam larutan polimer, dimana larutan polimer yang mengandung bahan inti diemulsikan pada fase pendispersi dan dibiarkan pelarutnya menguap. Hasil mikroenkapsulasi kemudian dikumpulkan dan dilakukan proses dekantasi, pencucian dan pengeringan (Benita, 1996).

Menurut Lachman *et al.*, (1994), keuntungan menggunakan metode mikroenkapsulasi karena lapisan dinding polimer akan melindungi bahan inti dari pengaruh lingkungan luar, dapat mencegah adanya perubahan warna dan bau, serta dapat menjaga stabilitas bahan inti yang dipertahankan dalam jangka waktu yang lama. Menurut penelitian Noviza *et al.*, (2013), penyalutan bahan inti non-Fe dengan penyalut etil selulosa dengan perbandingan 1:1,25 belum tersalut secara sempurna dan belum ada variasi kecepatan pengadukan. Menurut Dashora & Jain (2009), variabel kecepatan pengadukan dan lama pengadukan berpengaruh pada bentuk dan ukuran mikroenkapsul.

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini akan dibuat mikroenkapsul  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan penyalut etil selulosa sebagai pembentuk dinding dengan menggunakan metode penguapan pelarut. Bahan penyalut yang digunakan adalah etil selulosa, karena etil selulosa sudah dikembangkan menjadi bahan tambahan dalam sediaan oral dan topikal. Etil selulosa salah satunya berfungsi sebagai *coating agent* (bahan penyalut), berwujud serbuk putih, tidak berasa dan berbau manis. Etil selulosa tidak larut dalam air dan gliserin. Etil selulosa larut dalam etanol, kloroform dan aseton (Dahl *et al.*, 2005).

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah massa dan persen perolehan kembali mikroenkapsul yang dihasilkan dari proses pengadukan?
2. Berapakah bobot total dan persen efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  yang tersalut dalam mikroenkapsul dan pengaruhnya terhadap kecepatan pengadukan?
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan dan konsentrasi penyalut terhadap bentuk dan ukuran mikroenkapsul yang dihasilkan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui massa dan persen perolehan kembali mikroenkapsul yang dihasilkan dari proses pengadukan.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap bobot total dan persen efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  yang tersalut dalam mikroenkapsul.
3. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan dan konsentrasi penyalut terhadap bentuk dan ukuran mikroenkapsul yang dihasilkan.

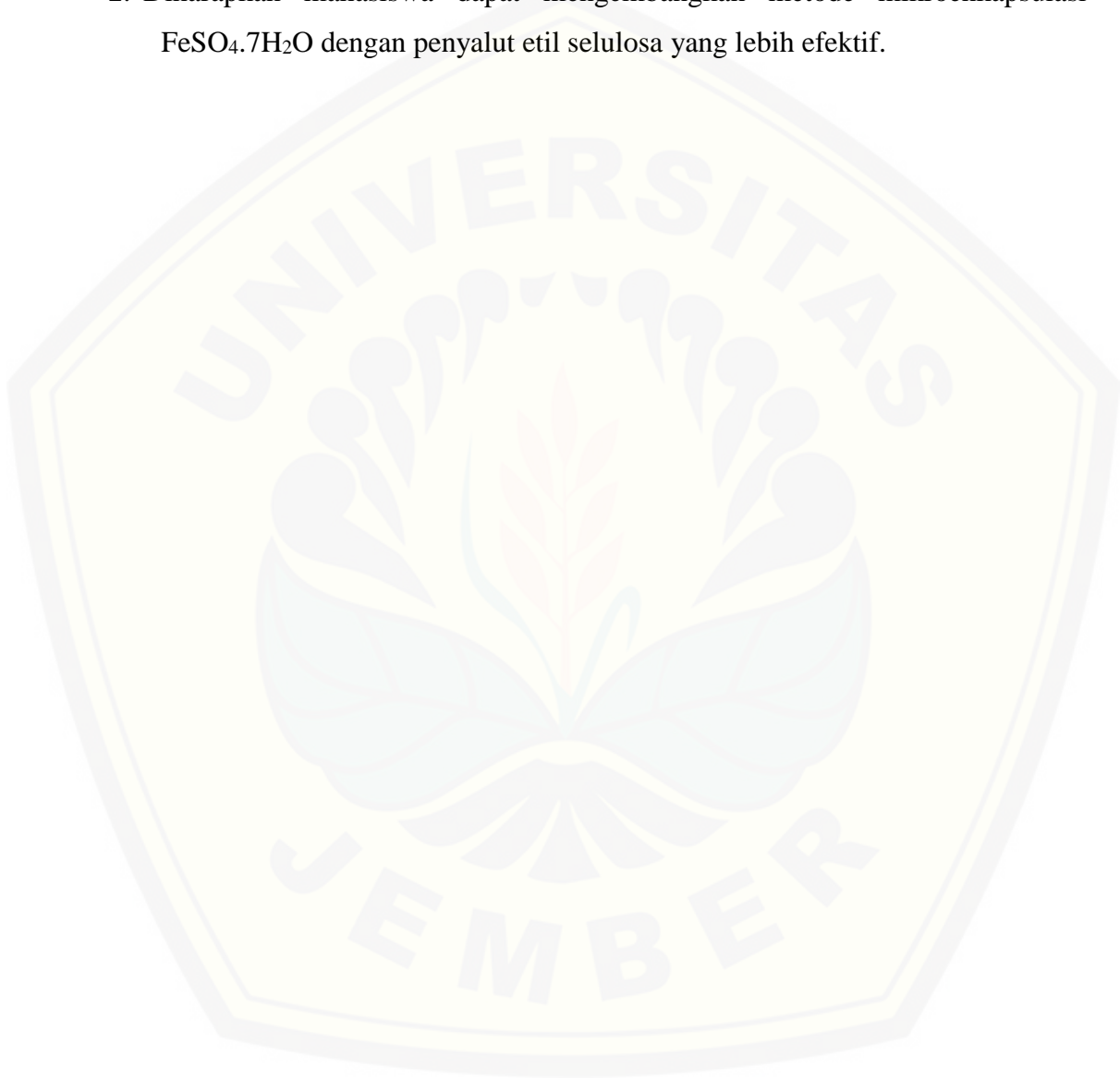
## 1.4 Batasan Masalah

1. Sumber besi yang digunakan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
2. Bahan penyalut adalah etil selulosa Sanghai Honest Chemco., Ltd dengan viskositas 20 mPas.
3. Menggunakan mikroskop optik Nikon yang dihubungkan dengan Opti Lab perbesaran 4x10 untuk mengetahui bentuk dan ukuran mikroenkapsul.
4. Pengamatan ukuran mikroenkapsul diambil dari ukuran yang terbesar dan terkecil secara random.
5. Karakteristik yang dilakukan meliputi bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ , serta efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam mikroenkapsul.
6. Menggunakan Homogenizer IKA RW 20 Digital

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dapat dijadikan solusi bagi masyarakat untuk mengatasi anemia.
2. Diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan metode mikroenkapsulasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan penyalut etil selulosa yang lebih efektif.

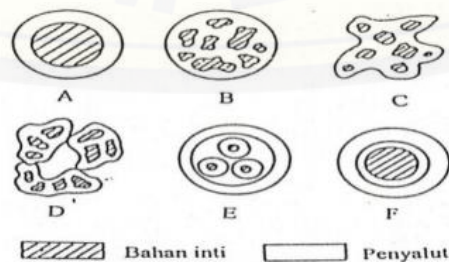


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikroenkapsulasi

Mikroenkapsulasi adalah penyalutan bahan inti yang dikelilingi pelapis bahan polimer. Mikroenkapsul yang dihasilkan akan berukuran mikrometer sampai milimeter (Murtaza *et al.*, 2010; S. Jaya *et al.*, 2009). Mikroenkapsulasi juga merupakan penyalutan tipis suatu bahan inti baik berupa padatan, cairan atau gas dengan suatu polimer sebagai dinding pembentuk mikroenkapsul. Mikroenkapsul yang terbentuk berupa partikel, biasanya memiliki rentang ukuran partikel antara 1–5000  $\mu\text{m}$  (Lachman *et al.*, 1994). Keberhasilan mikroenkapsulasi dipengaruhi oleh metode mikroenkapsulasi, sifat dari bahan inti, bahan penyalut yang dipakai, medium yang digunakan, struktur dinding dan kondisi pembuatan mikroenkapsul (Benita, 1996).

Ukuran mikroenkapsul dibagi menjadi ukuran makro ( $>5.000 \mu\text{m}$ ), ukuran mikro (0.2 sampai 5.000  $\mu\text{m}$ ) dan ukuran nano ( $<0.2 \mu\text{m}$ ) (Silva *et al.*, 2012). Metode emulsifikasi penguapan pelarut digunakan untuk membentuk mikroenkapsul, dimana mikroenkapsul yang dihasilkan akan memiliki ukuran dan bentuk partikel yang berbeda. Hasil mikroenkapsul yang terbentuk dipengaruhi karena adanya perbedaan kecepatan pengadukan, kekentalan penyalut dan adanya tegangan permukaan (Dubey *et al.*, 2009). Proses mikroenkapsulasi memiliki beberapa tujuan diantaranya mengubah cairan menjadi padatan, melindungi bahan inti, memperbaiki aliran serbuk, menutupi rasa dan bau, menyatukan zat-zat yang tidak tersatukan secara fisika-kimia, mengatur pelepasan bahan inti dan memperbaiki stabilitas inti (Lachman *et al.*, 1994).



Gambar 2.1. Bentuk-bentuk mikroenkapsul (Deasy, 1984).

Berdasarkan gambar 2.1 terdapat beberapa bentuk mikroenkapsul diantaranya *mononuclear spherical* (A), *multinuclear spherical* (B), *multinuclear irregular* (C), *multinuclear irregular cluster* (D), *encapsulated microcapsules* (E) dan *dual-walled microcapsules* (F) (Deasy, 1984; Yoana, 2008).

Komponen yang berperan penting dalam mikroenkapsulasi menurut Lachman *et al.*, (1994) adalah:

a. Bahan inti

Berbentuk padatan atau cairan. Bahan inti cairan berupa bahan terdispersi atau terlarut, sedangkan untuk inti padatan hanya berupa zat aktif saja atau campuran zat aktif.

b. Bahan penyalut

Bahan penyalut yang digunakan harus bisa membentuk lapisan yang mengelilingi inti dan memiliki sifat penyalutan yang kuat, stabil dan fleksibel.

Keuntungan dan kerugian menggunakan metode mikroenkapsulasi menurut Istiyani (2008) adalah :

a. Keuntungan:

- Dengan adanya lapisan pada dinding penyalut (polimer), maka zat inti akan terlindungi dari pengaruh lingkungan luar.
- Dapat mencegah terjadinya perubahan warna dan bau.
- Menjaga stabilitas bahan inti dalam waktu yang lama.
- Dapat dicampur dengan komponen lain yang bisa berinteraksi.

b. Kerugian :

- Penyalutan bahan inti kurang merata.
- Pemilihan polimer sebagai penyalut dan pelarut yang digunakan harus sesuai dengan bahan inti agar diperoleh hasil mikroenkapsul yang baik.

Beberapa metode mikroenkapsulasi berdasarkan proses kimia dan mekanik :

a. Berdasarkan proses kimia, mikroenkapsulasi dilakukan dengan beberapa metode diantaranya :

- Penguapan Pelarut

Metode penguapan pelarut ini digunakan dengan menguapkan fase pelarut dari suatu emulsi melalui pengadukan. Metode ini menggunakan bahan penyalut

(polimer) yang diemulsikan ke dalam fase pendispersi (Lachman *et al.*, 1994; Benita, 1996).

- Polimerisasi

Metode polimerisasi menyebabkan terjadinya reaksi dari unit monomer yang ada pada antar muka. Reaksi yang terjadi yaitu antara bahan inti dan fase kontinyu (fase penyangga bahan inti) tempat bahan terdispersi. Reaksi polimerisasi antar muka biasa terjadi pada cairan-cairan, padat-gas, cairan-gas, atau padat-cairan dimana fase kontinyu biasanya berbentuk cairan-gas (Lachman *et al.*, 1994).

- Koaservasi

Metode koaservasi ini merupakan pemisahan fase dalam sistem koloid, dimana terdapat lapisan miskin koloid dan kaya koloid (Ansel, 2005; Deasy, 1984; Lachman *et al.*, 1994).

b. Berdasarkan proses mekanik, mikroenkapsulasi dilakukan dengan beberapa metode diantaranya :

- Suspensi udara

Suspensi udara merupakan pendispersian bahan padat dengan bahan inti, berbentuk partikel dalam aliran udara dengan adanya penyemprotan penyalut dari partikel yang tersuspensi oleh udara (Lachman *et al.*, 1994).

- Pengeringan semprot

Proses pengeringan semprot bahan inti dan penyalut yang didispersikan terlebih dahulu, kemudian diatomisasi campuran inti-penyalut ke dalam aliran udara (Lachman *et al.*, 1994; Istiyani, 2008; Benita, 1996).

- Pembekuan semprot

Pembekuan semprot hampir sama dengan pengeringan semprot, tetapi bahan inti didispersikan ke dalam bahan penyalut yang melebur (Lachman *et al.*, 1994).

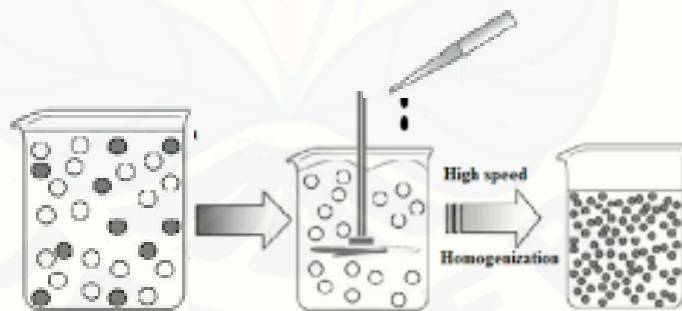
- Lubang ganda sentrifugal

Metode ini menggunakan gaya sentrifugal untuk melingkari bahan inti dengan membran mikroenkapsulas (Lachman *et al.*, 1994).

## 2.2 Metode Penguapan Pelarut

Metode mikroenkapsulasi penguapan pelarut memiliki prinsip melarutkan polimer ke dalam pelarut yang mudah menguap, bahan inti kemudian akan didispersikan kedalam larutan polimer. Larutan polimer yang mengandung bahan inti akan diemulsikan pada fase pendispersi sampai pelarutnya menguap. Hasil mikroenkapsul kemudian dikumpulkan dan dilakukan proses pencucian, filtrasi/dekantasi kemudian pengeringan mikroenkapsul (Benita, 1996).

Metode penguapan pelarut merupakan salah satu metode yang digunakan secara luas dalam pembuatan mikrokapsul. Dengan metode penguapan pelarut ini, proses terbentuknya mikrokapsul dimulai dengan memisahkannya emulsi tetesan fase terdispersi dalam fase pembawa membentuk partikel kecil. Apabila pengadukan dihentikan maka akan terlihat mikrokapsul yang terbentuk turun ke dasar wadah (Sutriyo *et al.*, 2004). Metode ini dapat digunakan untuk memproduksi mikrokapsul dalam variasi yang luas dari berbagai bahan inti cairan maupun padatan. Bahan inti dapat berupa bahan yang larut dalam air maupun yang tidak larut dalam air (Lachman *et al.*, 1994).



Gambar 2.2. Tahapan emulsifikasi penguapan pelarut (Yadav *et al.*, 2012).

Gambar 2.2 merupakan tahapan emulsifikasi penguapan pelarut yang banyak digunakan untuk bahan obat yang larut air (Herrmann & Bodmeier, 1998).

## 2.3 Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan saat emulsi dan dispersi mempengaruhi bentuk dan ukuran mikroenkapsul yang terbentuk. Kecepatan pengadukan yang rendah akan didapatkan mikroenkapsul yang berukuran besar, karena saat penetesan yang

terbentuk berukuran besar. Sebaliknya pada kecepatan yang tinggi maka mikroenkapsul yang terbentuk akan semakin kecil (Sutriyo *et al.*, 2004). Menurut Aliyah *et al.*, (2014), pengadukan optimum mikroenkapsul non-Fe terjadi pada saat kecepatan 700 rpm. Kecepatan pengadukan pada 700 rpm akan menghasilkan ukuran mikroenkapsul yang kecil dan bentuk mikroenkapsul yang mendekati hampir *spheris*.

Proses pengecilan ukuran partikel terjadi karena adanya gaya yang timbul akibat perlakuan mekanik yang diberikan, sehingga menyebabkan pemecahan pada partikel terdispersi. Homogenisasi merupakan proses penyeragaman ukuran partikel dalam upaya mempertahankan kestabilan dari sebuah campuran yang terbentuk dari 2 fase yang tidak dapat menyatu atau biasa disebut emulsi. Proses homogenisasi biasanya dilakukan dengan bantuan alat yang disebut homogenizer. Menurut Bylund (1995), homogenisasi menggunakan kecepatan pengadukan yang tinggi menyebabkan terjadinya pemecahan partikel. Kecepatan putaran tinggi menghasilkan banyak aliran turbulen kecil yang memecahkan partikel yang bersentuhan dengan aliran tersebut sehingga menjadi lebih kecil.

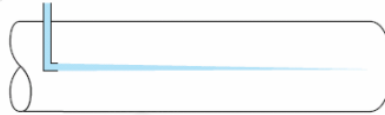
#### **2.4 Pola Aliran Pengadukan**

Fluida merupakan kumpulan zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan bentuk wadah tempatnya, dipengaruhi oleh suatu tegangan (Yudi, 2008). Pengadukan merupakan aktivitas operasi pencampuran dua zat atau lebih agar diperoleh hasil campuran yang homogen dengan zat-zat yang bergerak yang menyebar (terdispersi). Bentuk pengaduk berpengaruh terhadap pola aliran yang dihasilkannya. Berdasarkan pola aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu menghasilkan pola aliran radial, axial, laminar dan turbulen (Earle, 1969).

1. Aliran radial yaitu aliran mendatar dari blade pengaduk ke dinding vessel (tangki) dan membentuk dua daerah, yaitu daerah atas dan daerah bawah.
2. Aliran axial adalah aliran vertikal ke atas dan bawah pengaduk. Pola aliran yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh sifat reologi dari bahan yang diaduk (Sailah, 1993).



3. Pola aliran laminar adalah pola aliran yang mengalir dalam lapisan dan alirannya tenang (Hughes dan Brighton, 1967).



Gambar 2.3 Aliran Laminar (Yudi, 2008).

4. Aliran turbulen adalah aliran yang bersifat bergejolak (Earle, 1969). Aliran fluida turbulen menjaga partikel tetap tersuspensi (Gustiayu *et al*, 2012).



Gambar 2.4 Aliran Turbulen (Yudi, 2008).

## 2.5 Bentuk Pengaduk

Salah satu variasi dasar dalam proses pengadukan dan pencampuran adalah kecepatan putaran pengaduk yang digunakan. Variasi kecepatan putaran pengaduk bisa memberikan gambaran mengenai pola aliran yang dihasilkan. Pemilihan pengaduk yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan proses pengadukan dan pencampuran yang efektif. Menurut Mc Cabe (1993), berdasarkan bentuk pengaduk dapat dibagi menjadi 3 golongan:

### 1. Propeller

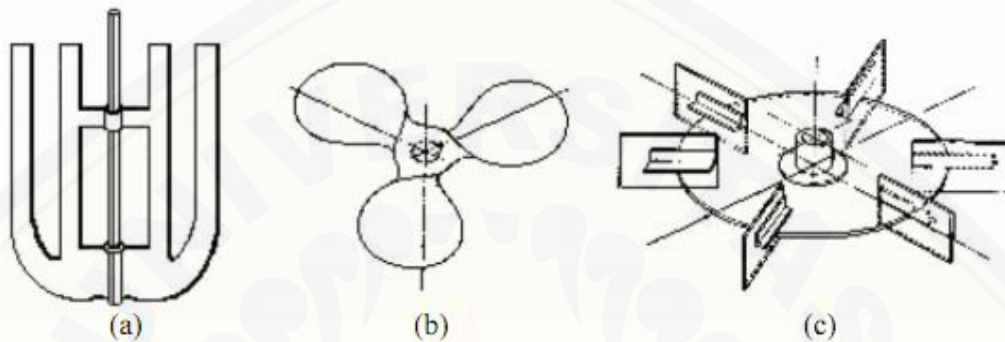
Propeler ini biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki, dengan menimbulkan arah aksial, arus aliran meninggalkan pengaduk secara kontinu melewati fluida ke satu arah tertentu sampai dibelokkan oleh dinding atau dasar tangki

### 2. Turbine

Turbine merupakan pengaduk dengan sudut tegak datar dan bersudut konstan. Pengaduk jenis ini digunakan pada viskositas fluida rendah. Pengaduk turbin ini mengalami aliran turbulensi, arus dan geseran yang kuat antar fluida.

### 3. Paddles

Pengaduk jenis ini sering memegang peranan penting pada proses pencampuran dalam industri. Bentuk pengaduk ini memiliki minimum 2 sudut yaitu horizontal atau vertical. Pengaduk paddle menimbulkan aliran arah radial dan tangensial dan hampir tanpa gerak vertikal sama sekali. Arus yang bergerak menuju arah horizontal setelah mencapai dinding dibelokkan ke atas atau ke bawah.



Gambar 2.5 Jenis-jenis Pengaduk (a) pengaduk paddle, (b) pengaduk propeller, (c) pengaduk turbine (Mc Cabe, 1993).

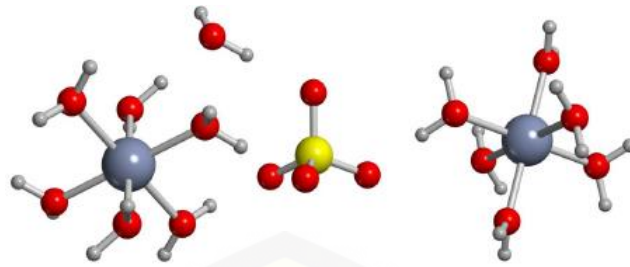
### 2.6 Fero Sulfat Hepta Hidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Gambar 2.6 menunjukkan wujud dari padatan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang berwarna hijau dan kasar.



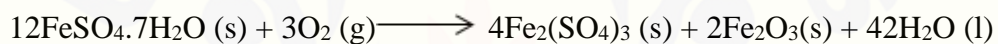
Gambar 2.6. Padatan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Wikipedia, 2017).

Menurut McDiarmid dan Johnson (2002) pemberian oral  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  pada tubuh dalam bentuk garam fero akan memiliki bioavailabilitas yang lebih baik daripada garam feri. Hal ini disebabkan karena kelarutan garam fero lebih tinggi dibandingkan garam feri serta daya serap dalam tubuh 3 kali lebih tinggi. Gambar 2.7 menunjukkan struktur molekul dari  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yaitu :



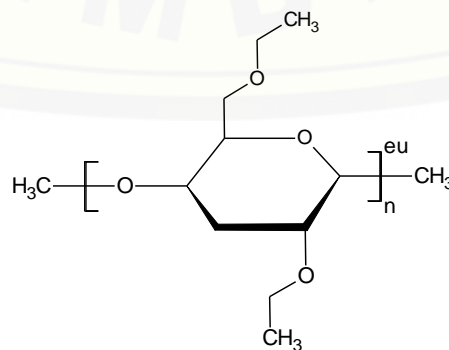
Gambar 2.7 Struktur  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Ruggieo *et al.*, 2016)

Padatan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  apabila dibiarkan di udara terbuka dapat membentuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  memiliki dampak negatif pada tubuh apabila dikonsumsi menyebabkan mual, pusing dan gangguan kesehatan lainnya. Sifat dari  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  kurang stabil dan mudah teroksidasi sehingga dapat diminimalisir penggunaannya dengan menggunakan teknologi mikroenkapsulasi. Berikut merupakan reaksi antara  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan udara adalah sebagai berikut:



## 2.7 Etil Selulosa sebagai Bahan Penyalut

Bahan penyalut (pelapis) yang biasa digunakan pada proses mikroenkapsulasi merupakan suatu senyawa aktif bersifat biokompatibel dan biodegradabel. Bahan penyalut yang digunakan biasanya berupa polimer alam. Hal ini dikarenakan kapsul yang dihasilkan akan dimasukkan ke dalam tubuh secara oral (Yoana, 2008). Etil selulosa digunakan secara luas sebagai bahan tambahan dalam sediaan oral pada produk farmasi. Rumus molekul  $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{O}_6(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_5)_n$ . Etil selulosa berfungsi sebagai *coating agent* (Dahl *et al.*, 2005). Struktur etil selulosa dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Struktur Molekul Etil Selulosa (Rowe *et al.*, 2009).

## 2.8 Spektrofotometri UV-Vis

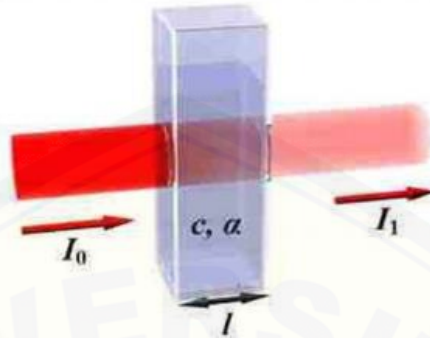
Metode spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu (Day, 2002). Spektrofotometri UV-Vis merupakan teknik analisis yang memakai sumber REM (radiasi elektromagnetik) ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis (Kusnanto, 2012).

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi (Kusnanto, 2012).

Penyerapan suatu berkas radiasi elektromagnetik (absorpsi), apabila dilewatkan melalui sampel kimia akan terabsorpsi energi elektromagnetiknya. Kemudian ditransfer ke atom atau molekul dalam sampel, dimana partikel akan dipromosikan dari tingkat energi yang lebih rendah menuju ke tingkat energi yang lebih tinggi. Energi tersebut kemudian akan tereksitasi (Khopkar, 1990).

Mekanisme spektrofotometri UV-Vis adalah pada saat sejumlah sinar monokromatis dilewatkan pada sebuah larutan, ada sebagian sinar yang diserap, dihamburkan, dipantulkan dan sebagian lagi diteruskan. Namun karena jumlah sinar yang dihamburkan dan dipantulkan sangat kecil, maka dianggap tidak ada. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan. Absorpsi maksimum dari larutan berwarna terjadi pada daerah warna yang berlawanan (warna yang diserap adalah warna komplementer dari warna yang diamati). Jika ditinjau secara mikro, maka ketika cahaya monokromatis melewati larutan sampel, elektron-elektron yang terdapat di dalam sampel akan mendapatkan energi dari cahaya yang dilewatkan dan kemudian

akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi (Harvey, 2000). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat terdapat pada gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel (Kusnanto, 2012).

Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A), sedangkan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitten (T). Penjelasan tersebut mengacu pada hukum Lambert-Berr, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang hamburkan yaitu sebagai berikut:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad \text{atau} \quad \%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100\% \dots \dots \dots \text{persamaan 2.1}$$

dan pengukuran absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0} \dots \dots \dots \text{persamaan 2.2}$$

dimana  $I_0$  merupakan intensitas cahaya datang dan  $I_t$  atau  $I_1$  adalah intensitas cahaya setelah melewati suatu sampel. Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \epsilon \cdot b \cdot c \dots \dots \dots \text{persamaan 2.3}$$

Keterangan :

$I_t$  = intensitas cahaya yang datang

$I_0$  = intensitas cahaya setelah melewati sampel

A = absorbansi

b = diameter (diameter atau tebal kuvet)

c = konsentrasi larutan yang diukur

$\epsilon$  = tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar)

a = tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm). (Skoog, 1998).

Tabel 2.1 Spektrum Cahaya Tampak dan Warna Komplementer

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Orange
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-Hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Orange	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

(Day dan Underwood, 1986).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Organik Jurusan Kimia, Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember mulai bulan Mei sampai Juli.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

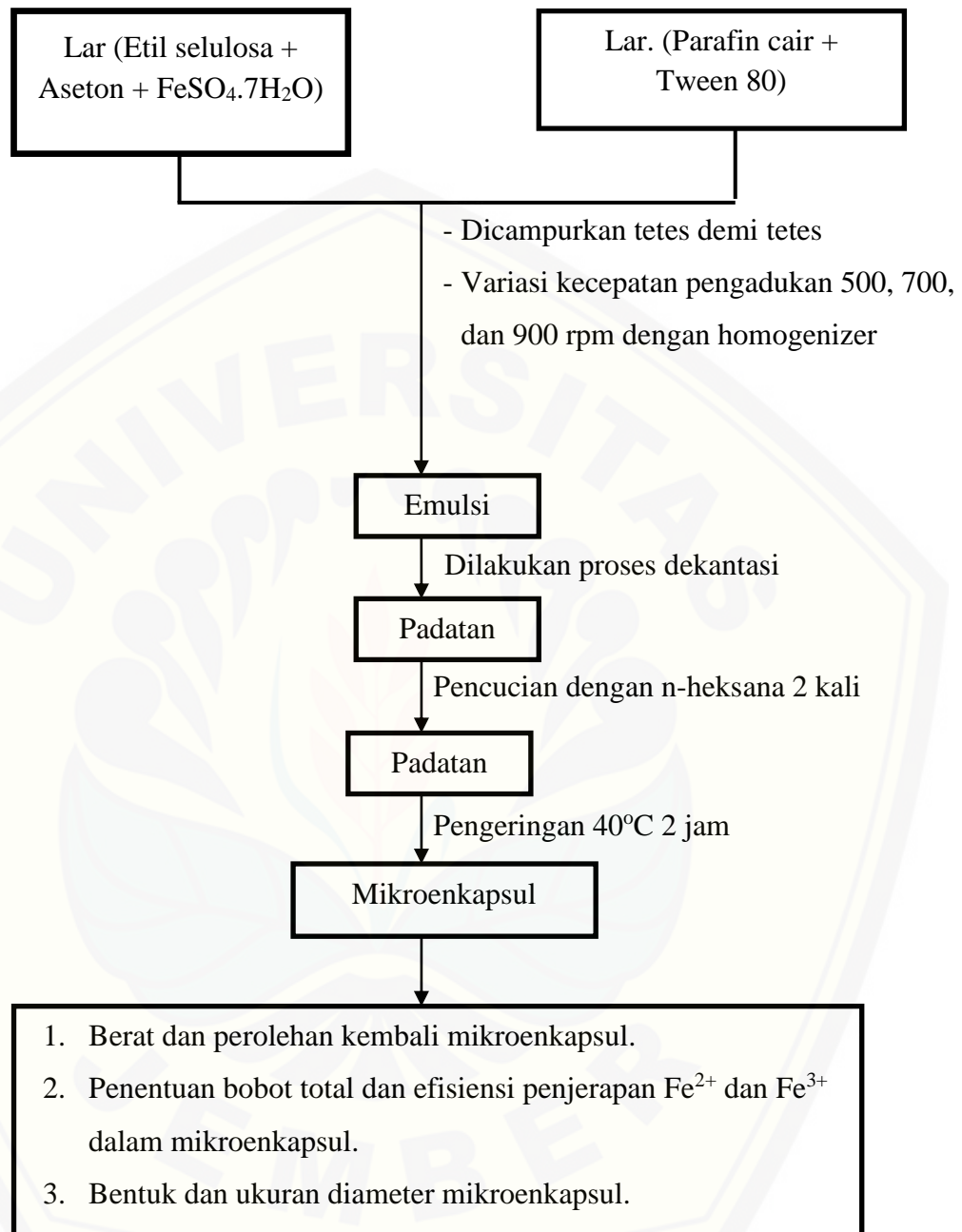
#### 3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Ohaus Analytical Plus), spektrofotometer UV-Vis (Spektrofotometer UV-Vis 722), homogenizer RW IKA 20, mikroskop optik Nikon C-PS 1070225, pH-meter (Jenway 3505), pengaduk kaca, kertas saring, oven (Oven Venticell), peralatan gelas, pipet tetes, pipet volume, pipet mohr, labu ukur, spatula, corong gelas, ball pipet dan gelas arloji.

#### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etil selulosa Shanghai Honest Chem CO., LTD dengan viskositas 20mPas, parafin cair (Teknis), akuades, n-heksana (Teknis), tween 80 (Teknis),  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Merck);  $M_r=270$  gram/mol,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Merck); 278 gram/mol, aseton (Merck),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (Merck); 160 gram/mol,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Merck);  $\rho=1,05$  gram/ml;  $M_r=60$  gram/mol), O-fenantrolin (Merck),  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (Merck);  $M_r=82$  gram/mol.

### 3.3 Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Pembuatan Mikroenkapsul dengan Variasi Komposisi

Etil selulosa dilarutkan dengan aseton dalam beaker gelas, kedalamnya didispersikan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sambil diaduk sampai homogen (M1). Pada tempat yang terpisah parafin cair dicampur dengan tween 80 (M2). Campuran M1 dimasukkan kedalam larutan M2 tetes demi tetes sambil diaduk dengan kecepatan yang telah ditentukan pada temperatur ruang selama 3 jam. Mikroenkapsul dikumpulkan dengan cara dekantasi dan pencucian dengan n-heksan. Setelah itu padatan mikroenkapsul dikeringkan dalam oven pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Perlakuan yang sama digunakan juga pada formulasi tabel 3.1 sesuai hasil mikroenkapsul dengan variasi kecepatan pengadukan (Noviza *et al.*, 2013).

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

Formula	Etil selulosa (gram)	Kecepatan Pengadukan (rpm)
F1R1	1	500
F1R2	1	700
F1R3	1	900
F2R1	1,25	500
F2R2	1,25	700
F2R3	1,25	900
F3R1	1,5	500
F3R2	1,5	700
F3R3	1,5	900

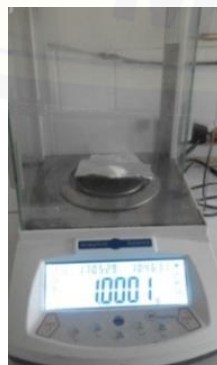
Adapun  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebagai bahan inti tetap yakni sebanyak 1 gram. Demikian juga aseton, paraffin cair, tween 80 dan n-heksana digunakan volume yang sama pada setiap perlakuan yakni 20 ml, 40 ml, 0,8 ml dan 12 ml (Noviza *et al.*, 2013). Berikut gambar 3.1 proses pembuatan mikroenkapsul :



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 3.1 sebelumnya merupakan proses pembuatan mikroenkapsul dimana, (a) Etil Selulosa, (b)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , (c) Penimbangan massa etil selulosa dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , (d) Pengadukan dengan variasi kecepatan, (e) Emulsi yang terbentuk saat pengadukan

Homogenizer yang digunakan saat pengadukan yaitu homogenizer IKA RW 20 dengan diameter 5 cm dan panjang batang pengaduknya 30 cm. Wadah pengadukan menggunakan gelas beaker 250 ml, diameter 7 cm dan tinggi gelas 9,5 cm. Gambar 3.2 berikut merupakan homogenizer IKA RW 20 yang digunakan saat proses pengadukan.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3.2 (a) bentuk baling-baling, (b) diameter baling-baling, (c) panjang batang pengaduk, (d) wadah untuk pengadukan.

### 3.4.2 Penentuan Berat Mikroenkapsul yang Diperoleh

Penentuan berat mikroenkapsul diperoleh dengan cara menimbang hasil serbuk mikroenkapsul yang sudah dioven. Rumus yang digunakan untuk menghitung massa mikroenkapsul yang diperoleh yaitu dengan persamaan 3.1

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

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 *et al.*, 2013)

### 3.4.3 Pengukuran kadar, bobot total dan efisiensi penjerapan Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> dengan menggunakan Spektrofotometri

#### a. Pembuatan Larutan

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

FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O ditimbang sebanyak 0,0480 gram (lampiran 4.1.1). Hasil penimbangan dimasukkan dalam gelas beaker. Kemudian akuades dimasukkan sebanyak 5 mL dalam gelas beaker dan diaduk sampai homogen. Larutan lalu dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari & Sugiarto, 2015).

##### 2. Pembuatan Larutan *o*-fenantrolin 1000 ppm

Serbuk *o*-fenantrolin ditimbang sebanyak 0,1 gram (lampiran 4.1.2). Hasil penimbangan dimasukkan dalam gelas beaker. Kemudian akuades ditambahkan sebanyak 5 mL dalam gelas beaker dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL secara kuantitatif, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari & Sugiarto, 2015).

##### 3. Pembuatan Larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 100 ppm

Serbuk Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditimbang sebanyak 0,0143 gram (lampiran 4.1.3). Hasil penimbangan masukkan dalam gelas beaker. Akuades di tambahkan sebanyak 5 ml dalam gelas beaker dan diaduk hingga homogen. Larutan dipindahkan ke labu

ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas (Sari & Sugiarto, 2015).

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

Pembuatan larutan 0,1 M natrium asetat yaitu menimbang sebanyak 8,2 gram. Larutan dipindahkan ke labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Cara pembuatan asam asetat 0,1 M yaitu dengan mengambil asam asetat sebanyak 0,29 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Pembuatan buffer pH 4,5 diambil 0,1 M  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  sebanyak 17,8 mL dan pembuatan larutan 0,1M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  diambil 32,2 mL (Mohan, 2006).

##### 1. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 3,5

Larutan bufer asetat pH 3,5 dibuat dengan cara melarutkan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sebanyak 0,3962 gram dengan akuades menggunakan gelas beaker 50 mL. Larutan diencerkan dalam labu ukur 100 mL ditambahkan 5 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K_a=1,75 \cdot 10^{-5}$ ) (lampiran 4.1.6). Larutan yang telah dibuat kemudian ditambah akuades hingga batas dan diukur menggunakan pH meter (Azizah, 2017).

#### **b. Penentuan Konsentrasi $\text{Fe}^{2+}$**

##### 1. Penentuan Panjang Gelombang Maksium Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$

Larutan induk Fe (III) 100 ppm diambil 0,8 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 mL. Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  100 ppm sebanyak 1,1 mL ditambahkan, larutan ini berfungsi sebagai larutan pereduksi. Sebanyak 1,5 mL larutan O-fenantrolin 1000 ppm ditambahkan dan 1,5 mL larutan buffer asetat pH 4,5. Aseton sebanyak 5,0 ml ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan tersebut selanjutnya dikocok sampai homogen. Larutan tersebut didiamkan selama 30 menit untuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang 450-560 nm (Sari & Sugiarto, 2015).

##### 2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan induk Fe (II) 100 ppm diambil 0,2-0,8 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 mL yang berbeda. Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  100 ppm ditambahkan sebanyak 1,1 mL pada setiap labu ukur. Larutan O-fenantrolin 1000 ppm

sebanyak 1,5 mL dan larutan buffer asetat pH 4,5 sebanyak 1,5 mL juga ditambahkan pada masing-masing labu ukur. Aseton sebanyak 5,0 mL ditambahkan akuades hingga tanda batas, 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 & Sugiarto, 2015).

### 3. Penentuan Sampel

Serbuk mikroenkapsul ditimbang sebanyak 0,1 gram. Dimasukkan ke labu ukur 25 ml, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan sampel yang telah dibuat tersebut diambil 0,1 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  100 ppm sebanyak 1,1 mL ditambahkan pada labu ukur. Larutan *o*-fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 mL dan larutan buffer asetat pH 4,5 sebanyak 1,5 mL juga ditambahkan pada labu ukur. Aseton sebanyak 5 mL 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 & Sugiarto, 2015).

### c. Penentuan Konsentrasi $\text{Fe}^{3+}$

#### 1. Penentuan panjang gelombang maksimum Fe(III)-fenantrolin

Larutan standar Fe(III) 100 ppm dimasukkan sebanyak 0,8 mL kedalam labu ukur 10 mL, ditambahkan 1,5 mL larutan 1,10 fenantrolin 1000 ppm, ditambahkan 1,5 mL buffer asetat pH 3,5, ditambahkan 5,0 mL aseton, ditambahkan akuades hingga batas. Larutan campuran dikocok dan didiamkan selama 30 menit dan diukur absorbansi pada panjang gelombang 300 nm–450 nm. Pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Hasil pengukuran dibuat

kurva antara absorbansi dan panjang gelombang, diperoleh panjang gelombang maksimum kompleks Fe(III) fenantrolin (Azizah, 2017).

## 2. Pembuatan kurva kalibrasi Fe(III)-fenantrolin

Larutan standar Fe(III) dengan konsentrasi 100 ppm diambil 0,2 mL - 0,8 mL lalu dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL, ditambahkan 1,5 mL larutan fenantrolin 1000 ppm, 1,5 mL buffer asetat pH 3,5, aseton 5 ml dan akuades hingga tanda batas labu ukur. Campuran dikocok dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh (Azizah, 2017).

## 3. Penentuan Sampel

Serbuk mikroenkapsul ditimbang sebanyak 0,1 gram. Dimasukkan ke labu ukur 25 ml, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan sampel yang telah dibuat tersebut diambil 0,1 mL kemudian masukkan dalam labu ukur 10 mL. Larutan *o*-fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 mL dan larutan buffer asetat pH 3,5 sebanyak 1,5 mL ditambahkan pada labu ukur. Aseton sebanyak 5 mL 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 spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah diperoleh. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali (Azizah, 2017).

### d. Analisis kadar, bobot total dan efisiensi penjerapan Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup>

Analisis dilakukan dengan cara memecah mikroenkapsul yang terbentuk dengan cara pengadukan atau penggerusan. Mikroenkapsul kemudian dilarutkan dalam akuades dan ditetapkan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga akan diperoleh konsentrasi mikroenkapsul (Srifiana, 2014). Konsentrasi mikroenkapsul sebelumnya telah diketahui dari pengukuran absorbansi, sehingga perhitungan jumlah kadar yang ada didalam mikroenkapsul dapat ditentukan secara langsung dengan menghitung konsentrasi Fe<sup>2+</sup> yang dikalikan dengan volume pelarut yang ditambahkan.

Kadar Fe<sup>2+</sup> = konsentrasi Fe<sup>2+</sup> x volume pelarut.....persamaan 3.2

Bobot total ditentukan dengan membandingkan massa mikroenkapsul yang diperoleh kemudian dikalikan dengan kadar  $\text{Fe}^{2+}$  lalu dibagi dengan massa mikroenkapsul yang diambil.

$$\text{Bobot total} = \frac{\text{massa mikroenkapsul total}}{\text{massa mikroenkapsul yang diambil}} \times \text{kadar } \text{Fe}^{2+} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.3}$$

Efisiensi mikroenkapsulasi dihitung dengan membandingkan bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  dalam mikroenkapsul dengan bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  teoritis.

$$\% \text{ Efisiensi Penjerapan} = \frac{\text{bobot total } \text{Fe}^{2+} \text{ dalam mikroenkapsul}}{\text{bobot total } \text{Fe}^{2+} \text{ teoritis}} \times 100\% \dots\dots \text{persamaan 3.4}$$

Analisis kadar, bobot total dan efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{3+}$  juga menggunakan rumus perhitungan yang sama dengan  $\text{Fe}^{2+}$  seperti persamaan 3.2; 3,3; dan 3.4 (Deli, 2016).

#### 3.4.4 Penentuan Bentuk dan Ukuran Mikroenkapsul



(a)

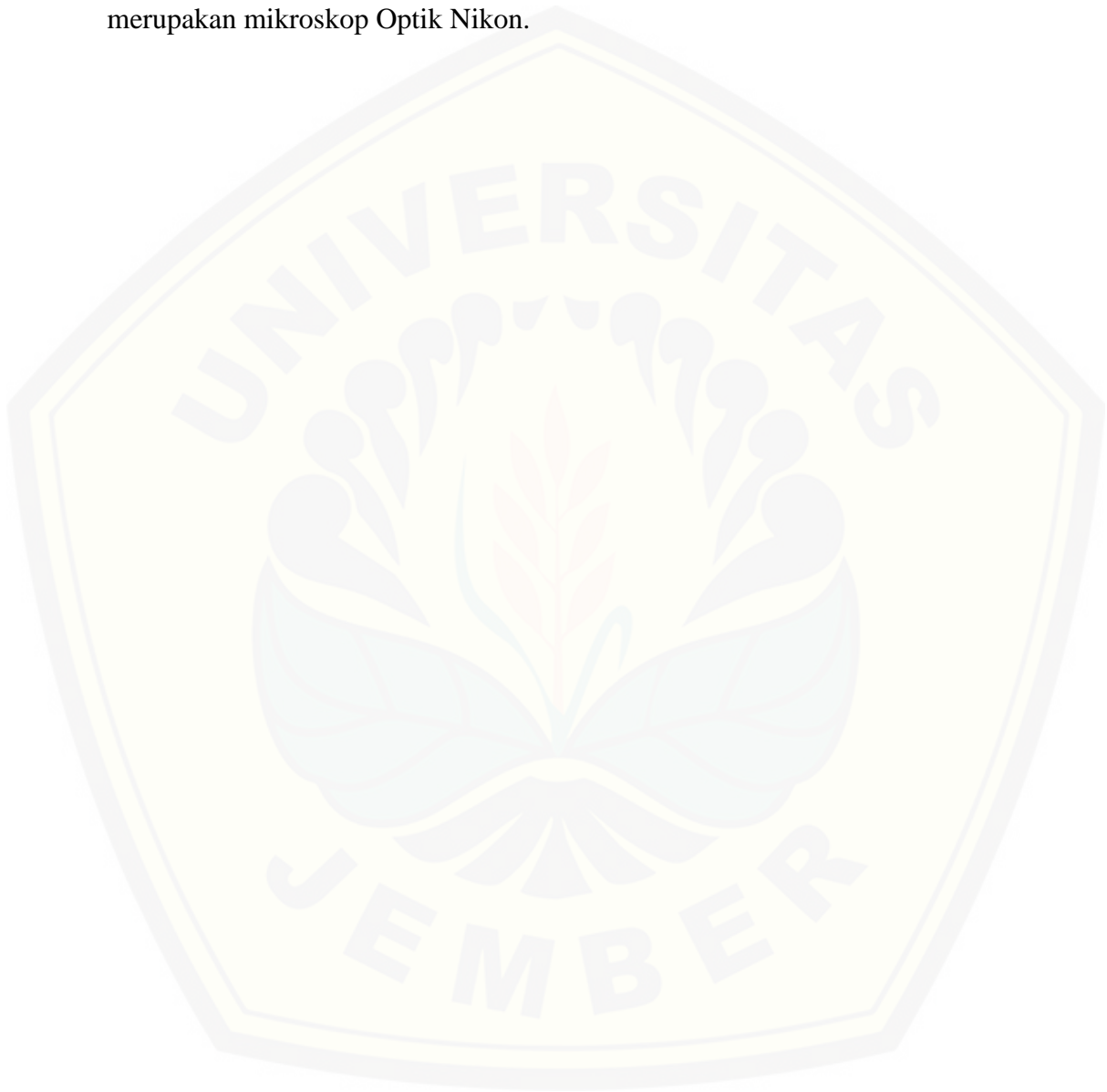


(b)

Gambar 3.3 (a) Mikroskop Optik dan (b) Mikroskop Optik yang dihubungkan dengan laptop berisi aplikasi Optilab.

Bentuk dan ukuran mikroenkapsul dapat diketahui menggunakan mikroskop optik yang dihubungkan dengan aplikasi Opti-Lab. Mikroenkapsul yang akan diukur yakni, dipilih mikroenkapsul dengan ukuran yang terbesar dari masing-masing formula untuk diukur diameternya dibawah mikroskop optik. Menurut

Aliyah *et al.*, (2014), ukuran mikroenkapsul dapat diukur dengan mikroskop perbesaran 4x10. Mikroenkapsul diamati di bawah mikroskop dan diukur diameternya dengan menggunakan skala okuler dan skala objektif sehingga diperoleh nilai satuan mikroenkapsul untuk skala mikrometer. Gambar 3.3 merupakan mikroskop Optik Nikon.





## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Massa dan perolehan kembali mikroenkapsul tertinggi berada pada kecepatan 900 rpm yaitu F3R3 diperoleh massa mikroenkapsul 2,2792 gram dan nilai perolehan kembali 91,15%.
2. Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  tertinggi berada pada formula F1R3 yaitu 142,12 mg. Sedangkan formula yang memiliki bobot total  $\text{Fe}^{2+}$  terendah berada pada formula F3R1 yaitu 123,5 mg. Efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$  tertinggi terdapat pada formula F1R3 yaitu 70,66%. Bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  tertinggi berada pada formula F1R1 rpm yaitu 43,714 mg. Sedangkan formula yang memiliki bobot total  $\text{Fe}^{3+}$  terendah berada pada formula F3R3 sebesar 37,317 mg. Efisiensi penjerapan  $\text{Fe}^{3+}$ , terbesar pada formula F1R1 yaitu bernilai 21,705 %. Formula F3R3 memiliki efisiensi penjerapan terkecil  $\text{Fe}^{3+}$  yaitu 18,439%.
3. Kecepatan pengadukan yang meningkat akan menyebabkan bentuk mikroenkapsul semakin bulat, permukaan yang halus dan tidak bergelombang. Bentuk mikroenkapsul terbaik terdapat pada F1R3. Ukuran mikroenkapsul didapatkan diameter terkecil berada pada formula F1R3 (1233,2  $\mu\text{m}$ ) dan terbesar pada formula F3R1 (2535,7  $\mu\text{m}$ ). Mikroenkapsul yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan ukuran mikroenkapsul yaitu 1-5000 mikrometer.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi bahan inti  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan variasi waktu atau hari, serta variasi kecepatan pengadukan.
2. Perlu dilakukan uji morfologi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) apabila ingin mengetahui morfologi mikroenkapsul lebih lanjut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aliyah., A. L. Rahman., dan H. Ati. 2014. Mikroenkapsulasi Salbutamol Sulfat dengan Matriks Etil Selulosa menggunakan Metode Penguapan Pelarut. *Journal of Science*. 1(1): 1-7.
- Ansel, H. C. 2005. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi: Edisi ke-4*. Jakarta: UI Press.
- Azizah, Nur. 2017. Pengaruh Ion  $As^{3+}$  pada Analisa Besi (III) dengan Ligan 1,10-Fenantrolin dan Tiosianat menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Skripsi*. Surabaya: ITS.
- Benita, S. 1996. *Microencapsulation: Methods and Industrial Applications*. New York: Marcel Dekker Inc. 3-139.
- Berchane, N. 2006. About Mean Diameter and Size Distributions of Poly (Lactide-Co-Glicolide) Microspheres. *Journal of Microencapsulation*. 23(1): 539-552.
- Bylund, G. 1995. *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak. Lund, Sweden.
- Chaerunisa, A. 2004. Mikroenkapsulasi: Metoda Penyalutan dan Evaluasi Farmasetik. *Skripsi*. Sumedang: UNPAD.
- Dahl, L., Slagtern, A., Olafsen, A., Olsbye, U., Schuurman, Y., and Microdatos, C. 2005. Mechanistic Features for Propane Reforming by Carbon Dioxide Over a Ni/Mg (Al) O-Hydrotalcite-Derived Catalyst. *Journal of Catalyst*. 163-175.
- Dashora, A., dan Jain, C. P. 2009. Development and Characterization of Pectin-Prednisolone Microspheres for Colon Targeted Delivery. *Int. J. ChemTech Res*. 1(3): 51-757.
- Day, R. 2002. *Analisa Kimia Kuantitatif Edisi ke-4*. Jakarta: Erlangga.

- Day dan Underwood. 1986. Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Deasy. 1984. *Microencapsulation and Related Drug Process*. Marcel Dekker, Inc., New York, 1-289.
- Dehghan, S., R. Aboofazeli., M. Avadi., & R. Khaksar. 2010. Formulation Optimization of Nifedipine Containing Microspheres Using Factorial Design. *African Journal of Pharmacy and Technology*. 4(6): 346-354.
- Deli, Chalila. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Natrium Algint terhadap Efisiensi Penjerapan Mikrokapsul Minyak Biji Jinten Hitam (*Nigella Sativa L.*). *Skripsi*. Jakarta : UIN Jakarta.
- D. F. Silva, C. S. Favaro-Trindade, G. A. Rocha and M. Thomazini. 2012. Microencapsulation of lycopene by gelatin-pectin complex coacervation. *Journal of Food Processing and Preservation*. ISSN 1745-4549. 36(1): 185-189.
- Dubey, R. T. C., S. K Umar., dan B. Rao. 2009. Microencapsulation Technology and Applications. *Defence Science Journal*. 59(1): 82-95.
- Earle. 1969. *Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan*. Terjemahan. Jakarta: Sastra Hudaya.
- Elfrida, J. 2012. Uji Efisiensi Disolusi dan Degradasi Secara In-Vitro dari Mikroenkapsulasi Ibu Profen dengan Polipaduan Poli (Asam Laktat) dan Polikaprolakton. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Febriyenti, E. Ben., dan T. Prima. 2013. Formulasi Mikroenkapsulasi Glikuidon Menggunakan Penyalut Etil Selulosa dengan Metode Emulsifikasi Penguapan Pelarut. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik III* ISSN: 2339-2592. 1(1): 324-336.

- Gharsallaoui, A., G. Roudaut., A. Voilley., and R. Saurel. 2007. Applications of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An Overview. *Journal Food Res Inter.* 40 (9): 1107–1121.
- Gustiayu *et al.* 2012. Simulasi Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk menggunakan Side-Entering Impeller untuk Suspensi Padat-Cair. *Jurnal Teknik POMITS.* 1(1): 1-4.
- Halder, A., & A. B. Sa. 2006. Preparation and In Vitro Evaluation of Polystyrene Coated Diltiazem Resin Complex by Oilin Water Emulsion Solvent Evaporation Method. *AAPS PharmSciTech.* 7(2): 1-8.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry.* USA: The Mc Graw-Hill Companies.
- Hermann, J., & R. Bodmeier. 1998. Biodegradable, Somatostin Acetate Containing Microspheres Prepared by Various Aques and Non-Aqueous Solvent Evaporation Methods. Europe. *J. Pharm. Biopharm: Off. J. Arbeitsgemeinschaft Fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik.* 45(1): 75-82.
- Henny. 2015. Perkembangan Terapi Zat Besi Intravena dari Masa ke Masa. *Continuing Professional Development.* 42(8): 586-590.
- Hughes, W.F dan Brighton. 1967. *Fluid Dynamics Schaum's Outline Series.* New York; McGraw-Hill Book Co.
- Istiyani, K. 2008. Mikroenkapsulasi Insulin Untuk Sediaan Oral menggunakan Metode Emulsifikasi dengan Penyalut Natrium Alginat dan Kitosan. *Skripsi.* Depok: Universitas Indonesia.
- Kemala, T., E. Budianto., & B. Soegiyono. 2012. Preparation and Characterization of Microspheres Based on Blend of Poly (lactic acid) and Poli (E-Caprolacton) with Poly (Vynil Alcohol) as Emulsifier. *King Saud University: Arabian Journal of Chemistry.* 5(1): 103-108.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik Edisi ke-2.* Jakarta: UI Press.

- Kim, B. K., S. J. Hwang., J. B. Park., & H. J. Park. 2003. Characteristics of Felodipine Located Poly (E-Caprolactone) Microsphere. *Journal of Microencapsulation*. 22(1): 193-203.
- Kumar, B. P., L. Chandiran., Sarath., L. Bhavya., dan M. Sindhur. 2011. Microparticulate Drug Delivery System : A Review. *Indian Journal of Pharmaceutical Science and Research*. 1(1): 19-37.
- Kusnanto. 2012. Analisis Spektroskopi Uv-Vis “Penentuan Konsentrasi Permanganat (KMnO<sub>4</sub>). *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Lachman, L., H. A. Lieberman., & J. L. Kanig. 1994. *Teori dan Praktek Farmasi Industri Jilid III*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- McCabe, W. L., S. C. Julian., dan P. Harriott. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering, 5th Edition*. Singapore: Mc Graw Hill Book.
- McDiarmid, T., & D. E. Johnson. 2002. Are Any Oral Iron Formulations Better Tolerated Than Ferrous Sulphate?. *Journal of Family Practice*. 51(6): 575-577.
- 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.
- Mujriati, A., dan A. Basid. 2010. Simulasi Tumbukan Partikel Gas Ideal dengan Model Cellular Automata Dua Dimensi. *Jurnal neutrino*. 2(2): 134-140.
- Murtaza., G. M. Ahmad., and G. Shahnaz. 2010. Microencapsulation of Diclofenac Sodium by NonSolvent Addition Technique. *Tropical Journal of Pharmaceutical*. 9(2): 187-195.
- Nedovic, V., K. Ana., M. Verica., L. Steva., and B. Branko. 2011. An Overview of Encapsulation Technologies for Food Applications. *Procedia Food Science*. 1(1): 1806–1815.

- Noviza, D., T. Harliana., dan A. A Rasyad. 2013. Mikroenkapsulasi Metformin Hidroklorida dengan Penyalut Etil Sellulosa menggunakan Metoda Penguapan Pelarut. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. 18(1): 75-79.
- Owen, T. 1996. *Fundamentals of UV-Visible Spectroscopy*. California: Hewlett-packard Company.
- Poshadri, A., & K, Aparna. 2010. Microencapsulation technology : A Review. *J. Res. Angrau*. 38(1): 86-102.
- Respati. 2010. *Anemia defisiensi besi. Buku ajar Hematologi Onkologi Anak*. Jakarta: BP IDAI.
- Ruggiero, T. 2012. *Elucidating the Electronic Origins of Intermolecular Forces in Crystalline Solids*. Syracuse: Syracuse University.
- Rowe, R. C., P. J. Sheskey., & M. E. Quinn. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipien Six Edition*. London: Pharmaceutical Press.
- Sailah. 1993. Penanganan Masalah Mixing dalam Proses Agroindustri. *Ceramah Ilmiah Teknologi Unggulan Penunjang Agroindustri*. Bogor: FATETA IPB.
- Sari, Novita., & D, Sugiarto. 2015. Studi Gangguan Mg (II) dalam Analisis Besi (II) dengan Pengompleks O-Fenantrolin menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(1): 2337-3520.
- Sari, Ratna, Desy Puspita RA, dan M. Agus Syamsur Rijal. 2011. Pengaruh Perbandingan Obat-Polimer terhadap Karakteristik Fisik dan Pelepasan Mikropartikel Ketoprofen-Kitosan. *PharmaScientia*,1(2).
- S.Jaya; T. D. Durance a; R. Wang B. 2009. Effect of Alginate-Pectin Composition on Drug Release Characteristics of Microcapsules. Canada: *Journal of Microencapsulation*.
- Skoog, D. (1998). *Fundamentals of Analytical Chemistry 8th Edition*. Inggris: Brooks/ ColeThomson Learning.

- Srifiana, Yudi., Surini, Silvia., dan Yanuar, Arry. 2014. Mikroenkapsulasi Ketoprofen dengan Metode Koaservasi dan Semprot Kering Menggunakan Pragelatinisasi Pati Singkong Ftalat sebagai Eksipien Penyalut. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 12(2): 162-169.
- Sundar S., J. Kundu., and S. C Kundu. 2010. Biopolymeric Nanoparticles. *IOP Publishing- Science and Technology of Advanced Materials*.11(1): 1–13.
- Sutriyo., J. Djajadisastra., & A. Novitasari. 2004. Mikroenkapsulasi Propanolol Hidroklorida dengan Penyalut Etil Selulosa menggunakan Metode Penguapan Pelarut. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(2): 93-101.
- Syahrian, Azmi. 2016. Pengaruh Kecepatan Homogenisasi dan Jenis Penyalut terhadap Stabilitas Emulsi Minyak Cengkeh dalam Air. *Skripsi*. Bogor: ITB.
- Syauqiah, I., M. Amalia., dan H. Kartini. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Ilmiah Nasional*. 12(1): 11-20.
- Thies, C. 1996. *A Survey of Microencapsulation Processes*. Di dalam S. Benita (Ed.). (Microencapsulation. Methods and Industrial Application). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Wahyono, Dwi. 2010. Ciri Nanopartikel Kitosan dan Pengaruhnya pada Ukuran Partikel dan Efisiensi Penyalutan Ketoprofen. *Tesis*. ITB Bogor. [Online]. Tersedia: [http:// repository.ipb.ac.id/handle/ 123456789/40988](http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/40988) [24 Juli 2017].
- Wikipedia. 2017. Besi II Sulfat. [https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas: Iron\(II\)-sulfate-heptahydrate-sample.jpg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Iron(II)-sulfate-heptahydrate-sample.jpg). [Diakses pada 30 Maret 2017].
- Yadav, A., & D. K. Jain. 2012. Formulation and Evaluation of Gastroretentive Floating Microballoons of Anti Diabetic Drug. *Asian J. Pharm. Journal Life Sci*. 1(2): 101-112.

Yoana, N. R. 2008. Emulsifikasi Untuk Mikroenkapsulasi Propanolol Hidroklorida Dengan Penyalut Alginat. *Skripsi*. Bogor: IPB.

Yudi, Iwan. 2008. Analisa Aliran Berkembang Penuh dalam Pipa. *Skripsi*. Jakarta: UI.





## Lampiran

### Lampiran 4.1 Pembuatan Larutan untuk analisa $\text{Fe}^{2+}$ dan $\text{Fe}^{3+}$

#### 4.1.1 Pembuatan larutan induk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm

Mr  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  = 269 g/mol

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{Ar}}{\text{Mr}}$$

$$100 \text{ ppm} = \frac{\text{mg}}{0,1\text{L}} \times \frac{56 \text{ g/mol}}{269 \text{ g/mol}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{mg}}{0,1\text{L}} \times 0,2082$$

$$\frac{10}{0,2082} = \text{mg}$$

$$\text{mg} = 48,0 \text{ mg}$$

$$\text{gram} = 0,0480 \text{ gram}$$

#### 4.1.2 Pembuatan larutan 1,1- Fenantrolin 1000 ppm

Mr  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$  = 180,21 g/mol

$$1000 \text{ ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{mg}}{0,1\text{L}}$$

$$\text{mg} = 100 \text{ mg}$$

$$\text{gram} = 0,1 \text{ gram}$$

#### 4.1.3 Pembuatan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 100 ppm

Mencari massa  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Mr  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  = 160 g/mol

Ar  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  = 112 g/mol

$$100 \text{ ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{Ar}}{\text{Mr}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{mg}}{0,1\text{L}} \times \frac{112 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{160 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{112 \text{ mg}}{16 \text{ L}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 16 \text{ L} = 112 \text{ mg}$$

$$1600 \text{ mg} = 112 \text{ mg}$$

$$\frac{1600 \text{ mg}}{112} = \text{mg}$$

$$0,0143 \text{ gram} = \text{gram}$$

#### 4.1.4 Pembuatan Buffer 4,5

- Pembuatan larutan 0,1 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$

$$M = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{ml}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gram}}{82 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ ml}}$$

$$\text{gr} = 8,2 \text{ gram}$$

- Pembuatan Asam Asetat 0,1 M didalam labu ukur 50 ml

Konsentrasi Asam asetat 99,5% (w/w)

Mr Asam asetat adalah 60 gram/mol

$\rho$  adalah 1,05 gram/mL

$$M = \frac{n}{v}$$

$$M = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{\rho}{\text{massa}_{\text{total}}}$$

$$M = \frac{99,5 \text{ gram}}{60 \text{ gram/mol}} \times \frac{1,05 \text{ gram/mL}}{100 \text{ gram}}$$

$$M = 1,658 \text{ mol} \times 0,0105 \text{ mL}^{-1}$$

$$M = 0,0174 \frac{\text{mol}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$M = 17,4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Perhitungan Asam asetat 0,1 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$17,4 \text{ M} \cdot V_1 = 0,1 \text{ M} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$17,4 \text{ M} \cdot V_1 = 5 \text{ M}$$

$$V_1 = 0,29 \text{ ml}$$

Selanjutnya pembuatan buffer pH 4,5.

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{M_a \times V_a}{M_g \times V_g}$$

$$[10^{-4,5}] = 1,75 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,1 \text{ M} \cdot V_a}{0,1 \text{ M} \cdot (50 - V_a)}$$

$$[10^{-4,5}] = 1,75 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,1 M \cdot V_a}{5 - 0,1 V_a}$$

$$\frac{1}{1,75} = \frac{0,1 V_a}{5 - 0,1 V_a}$$

$$1,81 = \frac{0,1 V_a}{5 - 0,1 V_a}$$

$$9,05 - 0,181 V_a = 0,1 V_a$$

$$V_a = 32,2 \text{ ml}$$

-Volume CH<sub>3</sub>COONa yang dibutuhkan sebanyak:

$$V_g = 50 \text{ ml} - V_a$$

$$V_g = 50 \text{ ml} - 32,2 \text{ ml}$$

$$V_g = 17,8 \text{ ml}$$

#### 4.1.5 Pembuatan Buffer 3,5

Pembuatan Asam Asetat 0,1 M didalam labu ukur 50 ml

Konsentrasi Asam asetat 99,5% (w/w)

Mr Asam asetat adalah 60 gram/mol

$\rho$  adalah 1,05 gram/mL

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{\rho}{\text{massa}_{\text{total}}}$$

$$M = \frac{99,5 \text{ gram}}{60 \text{ gram/mol}} \times \frac{1,05 \text{ gram/mL}}{100 \text{ gram}}$$

$$M = 1,658 \text{ mol} \times 0,0105 \text{ mL}^{-1}$$

$$M = 0,0174 \frac{\text{mol}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$M = 17,4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Dari CH<sub>3</sub>COOH diambil sebanyak 5 mL dan diencerkan dalam 100 mL larutan sehingga dapat diketahui mol CH<sub>3</sub>COOH, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$M_1 \cdot 50 \text{ mL} = 17,4 \text{ mol/L} \cdot 5 \text{ mL}$$

$$M_1 = 1,74 \text{ M}$$

$$\text{mol CH}_3\text{COOH} = M \text{ CH}_3\text{COOH} \cdot V \text{ CH}_3\text{COOH}$$

$$\text{mol CH}_3\text{COOH} = 1,74 \text{ mol/L} \cdot 0,05 \text{ L}$$

$$\text{mol CH}_3\text{COOH} = 0,087 \text{ mol}$$

Selanjutnya dapat dihitung mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan massanya yang dibutuhkan untuk membuat buffer pH 4,5.

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{mol CH}_3\text{COOH}}{\text{mol CH}_3\text{COONa}}$$

$$[10^{-3,5}] = 1,75 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,087 \text{ mol}}{x \text{ mol}}$$

$$x = \frac{1,75 \cdot 10^{-5} \times 0,087}{10^{-3,5}}$$

$$x = 0,00483 \text{ mol CH}_3\text{COONa}$$

-Massa  $\text{CH}_3\text{COONa}$  anhidrat yang dibutuhkan sebanyak:

$$\text{Massa} = \text{mol} \times M_r$$

$$= 0,00483 \text{ mol} \times 82,03 \text{ gram/mol}$$

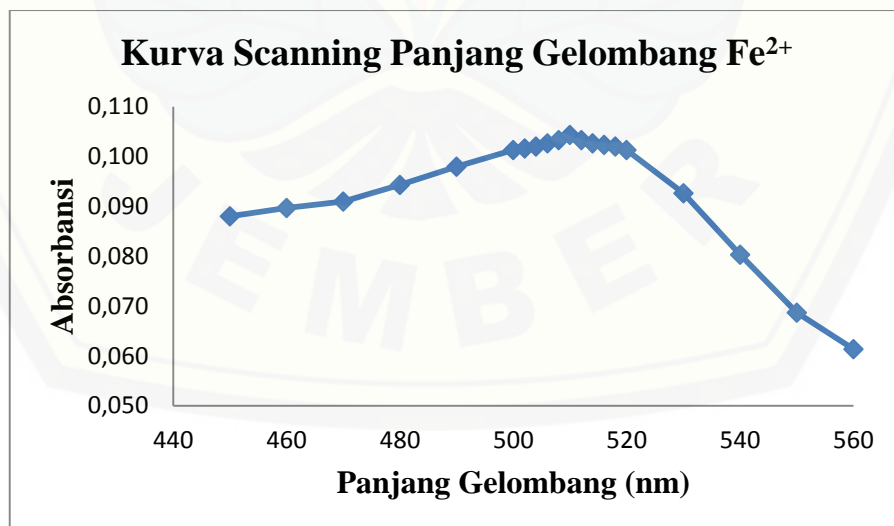
$$= 0,396 \text{ gram}$$

Jadi,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  anhidrat yang dibutuhkan adalah sebanyak 0,396 gram untuk membuat larutan buffer asetat pH 3,5 yang nantinya akan ditambahkan 5 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dalam labu ukur 50 mL.

### Lampiran 4.2 Penetapan Kadar $\text{Fe}^{2+}$ secara Simultan

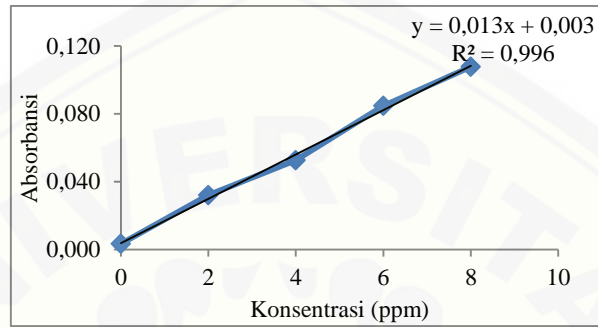
Lampiran 4.2.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum  $\text{Fe}^{2+}$  dari 450-560 nm menggunakan larutan  $\text{Fe}^{2+}$  8 ppm

Panjang Gelombang (nm)	I	II	III	Rata-rata
450	0,088	0,088	0,088	0,088
460	0,090	0,089	0,090	0,090
470	0,091	0,091	0,091	0,091
480	0,094	0,095	0,094	0,094
490	0,098	0,098	0,098	0,098
500	0,102	0,102	0,100	0,101
502	0,101	0,102	0,102	0,102
504	0,102	0,102	0,102	0,102
506	0,103	0,102	0,103	0,103
508	0,103	0,103	0,104	0,103
510	0,104	0,104	0,105	0,104
512	0,103	0,104	0,103	0,103
514	0,102	0,103	0,103	0,103
516	0,103	0,102	0,102	0,102
518	0,102	0,102	0,102	0,102
520	0,102	0,101	0,101	0,101
530	0,093	0,092	0,093	0,093
540	0,080	0,080	0,081	0,080
550	0,069	0,069	0,068	0,069
560	0,061	0,061	0,062	0,061

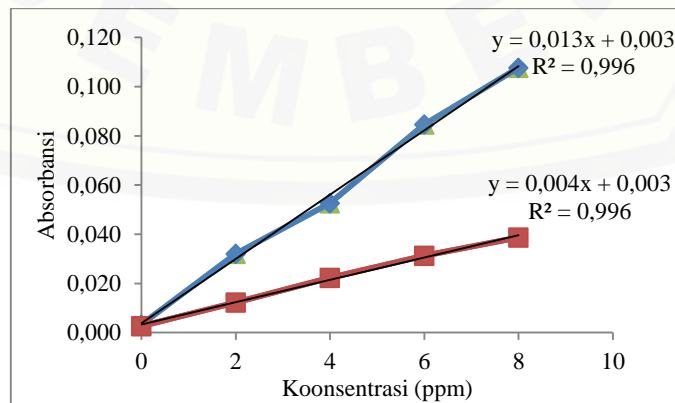
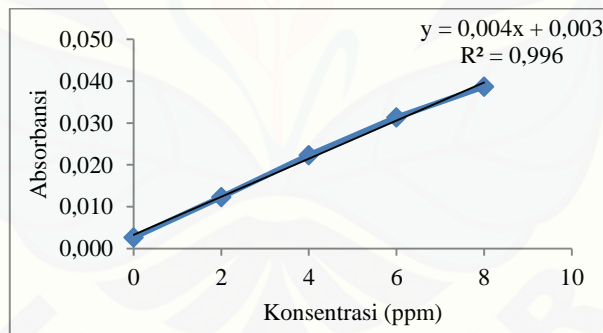


Lampiran 4.2.2 Kurva Kalibrasi Simultan Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> 510 nm

Konsentrasi Fe <sup>2+</sup> (ppm)	I	II	III	Rata-rata
0	0,003	0,004	0,003	0,003
2	0,032	0,032	0,032	0,032
4	0,053	0,053	0,052	0,053
6	0,084	0,085	0,085	0,085
8	0,107	0,108	0,108	0,108



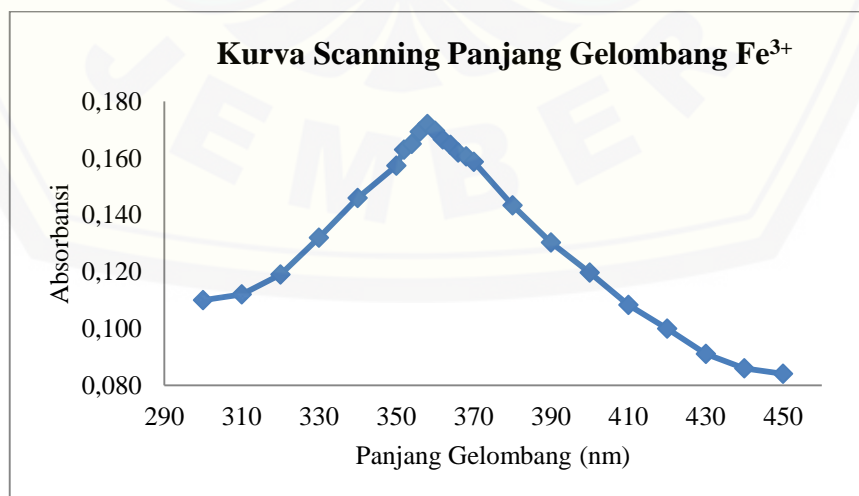
Konsentrasi Fe <sup>3+</sup> (ppm)	I	II	III	Rata-rata
0	0,003	0,002	0,003	0,003
2	0,012	0,013	0,012	0,012
4	0,023	0,022	0,022	0,022
6	0,031	0,031	0,032	0,031
8	0,038	0,039	0,039	0,039



### Lampiran 4.3 Penetapan Kadar $\text{Fe}^{3+}$ secara Simultan

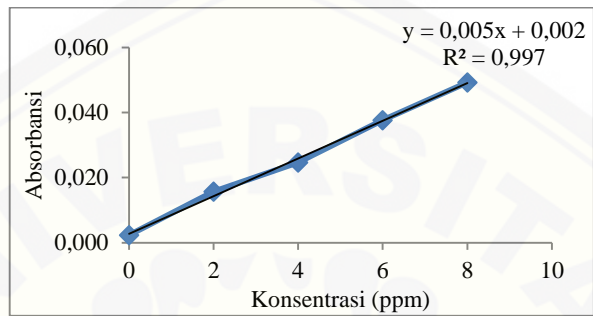
Lampiran 4.3.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum  $\text{Fe}^{3+}$  dari 300-450 nm menggunakan larutan  $\text{Fe}^{3+}$  8 ppm

Panjang Gelombang (nm)	I	II	III	Rata-rata
300	0,110	0,111	0,110	0,110
310	0,112	0,111	0,112	0,112
320	0,119	0,108	0,119	0,119
330	0,132	0,132	0,133	0,132
340	0,145	0,146	0,146	0,146
350	0,157	0,158	0,157	0,157
352	0,163	0,162	0,163	0,163
354	0,165	0,164	0,165	0,165
356	0,170	0,169	0,169	0,169
358	0,172	0,172	0,172	0,172
360	0,170	0,170	0,169	0,170
362	0,167	0,167	0,166	0,167
364	0,165	0,165	0,164	0,165
366	0,162	0,162	0,162	0,162
368	0,160	0,161	0,161	0,161
370	0,158	0,159	0,159	0,159
380	0,144	0,143	0,143	0,143
390	0,131	0,130	0,130	0,130
400	0,120	0,119	0,120	0,120
410	0,109	0,108	0,108	0,108
420	0,100	0,100	0,100	0,100
430	0,091	0,091	0,091	0,091
440	0,086	0,086	0,086	0,086
450	0,084	0,084	0,084	0,084

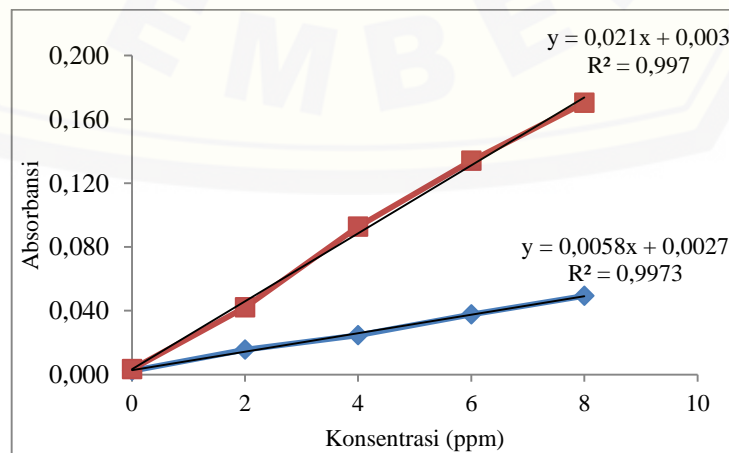
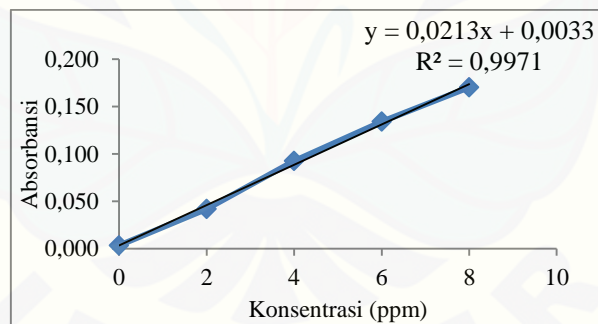


Lampiran 4.3.2 Kurva Kalibrasi Simultan  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  358 nm

Konsentrasi $Fe^{2+}$ (ppm)	I	II	III	Rata-rata
0	0,002	0,002	0,003	0,002
2	0,016	0,016	0,015	0,016
4	0,024	0,025	0,025	0,025
6	0,037	0,038	0,038	0,038
8	0,049	0,049	0,050	0,049



Konsentrasi $Fe^{3+}$ (ppm)	I	II	III	Rata-rata
0	0,004	0,003	0,003	0,003
2	0,042	0,042	0,042	0,042
4	0,092	0,093	0,093	0,093
6	0,134	0,134	0,134	0,134
8	0,171	0,170	0,170	0,170





**Lampiran 4.4 Karakteristik Mikroenkapsul****Lampiran 4.4.1 Perolehan Kembali Mikroenkapsul (Recovery)**

Mk	U	Mf (gram)	Mec (gram)	Mm (gram)	R (%)	Rata-rata R (%)	Sd
F1R1	1	1,0001	1,0008	1,7681	88,37	88,38	0,015
	2	1,0001	1,0008	1,7684	88,38		
	3	1,0003	1,0002	1,7685	88,40		
F1R2	1	1,0000	1,0003	1,7720	88,59	88,58	0,017
	2	1,0002	1,0002	1,7721	88,59		
	3	1,0002	1,0004	1,7718	88,56		
F1R3	1	1,0001	1,0002	1,7787	88,92	88,91	0,010
	2	1,0002	1,0009	1,7792	88,91		
	3	1,0000	1,0009	1,7789	88,90		
F2R1	1	1,0001	1,2508	2,0004	88,87	88,88	0,036
	2	1,0001	1,2500	2,0007	88,92		
	3	1,0004	1,2509	2,0003	88,85		
F2R2	1	1,0001	1,2508	2,0045	89,05	89,08	0,029
	2	1,0002	1,2500	2,0049	89,10		
	3	1,0001	1,2500	2,0048	89,10		
F2R3	1	1,0002	1,2500	2,0116	89,40	89,39	0,010
	2	1,0004	1,2500	2,0117	89,39		
	3	1,0006	1,2504	2,0120	89,38		
F3R1	1	1,0002	1,5002	2,2671	90,67	90,68	0,017
	2	1,0003	1,5002	2,2679	90,70		
	3	1,0004	1,5003	2,2675	90,67		
F3R2	1	1,0003	1,5001	2,2721	90,87	90,87	0,015
	2	1,0000	1,5002	2,2725	90,89		
	3	1,0002	1,5003	2,2719	90,86		
F3R3	1	1,0000	1,5002	2,2791	91,16	91,15	0,010
	2	1,0001	1,5002	2,2788	91,14		
	3	1,0000	1,5005	2,2793	91,15		

**Keterangan**

- M** : Mikroenkapsul  
**U** : Ulangan  
**Mf** : Massa  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (gram)  
**Mec** : Massa Etil Selulosa (gram)  
**Mm** : Massa Mikroenkapsul (gram)  
**R** : Recovery (%)  
**Sd** : Standar Deviasi

Contoh Perhitungan :

Mencari nilai % perolehan kembali dari F1R1 ulangan I

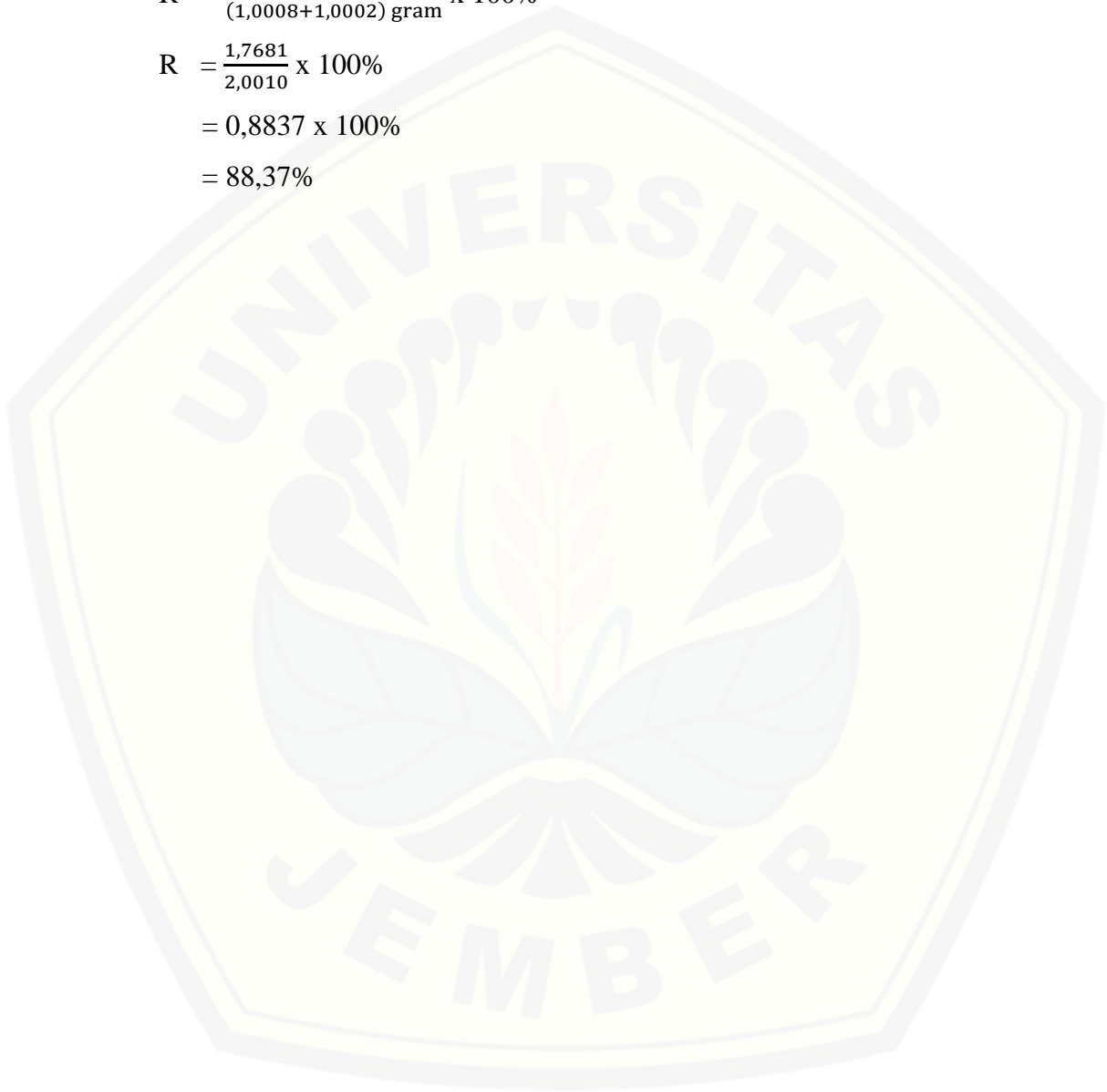
$$R = \frac{\text{Massa Mikroenkapsul yang diperoleh}}{\text{Massa Etil Selulosa+Massa FeSO}_4} \times 100\%$$

$$R = \frac{1,7683 \text{ gram}}{(1,0008+1,0002) \text{ gram}} \times 100\%$$

$$R = \frac{1,7681}{2,0010} \times 100\%$$

$$= 0,8837 \times 100\%$$

$$= 88,37\%$$



Lampiran 4.5 Bobot Total dan Efisiensi Penjerapan Simultan Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup>

Mk	U	Abs		X		Kons (X. Fp)		Mm (mg)	K (mg)		Rata-rata K		Bt (mg)		Rata-rata Bt		Efisiensi Penjerapan		Rata-rata EP		SD	
		λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358		λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358	λ=510	λ=358
F1R1	1	0,044	0,011	2,857	0,857	285,714	85,714	1768,1	7,143	2,143			126,49	42,085			62,803	21,687				
	2	0,043	0,010	2,802	0,819	280,195	81,916	1768,4	7,005	2,048	7,04	2,1	130,57	42,097	128,06	43,714	64,829	21,404	63,585	21,705	1,1	0,3
	3	0,043	0,011	2,789	0,844	278,896	84,383	1768,5	6,972	2,110			127,13	40,993			63,123	22,023				
F1R2	1	0,046	0,012	2,981	0,908	298,052	90,844	1772,0	7,451	2,271			132,04	41,364			65,560	20,334				
	2	0,046	0,011	2,994	0,884	299,351	88,377	1772,1	7,484	2,209	7,405	2,239	132,62	43,523	131,22	41,725	65,849	20,006	65,154	19,911	1,0	0,5
	3	0,045	0,012	2,912	0,895	291,234	89,513	1771,8	7,281	2,238			129,00	43,532			64,053	19,392				
F1R3	1	0,047	0,013	3,036	0,946	303,571	94,643	1778,7	7,589	2,366			132,45	40,952			69,317	18,612				
	2	0,047	0,013	3,036	0,946	303,571	94,643	1779,2	7,589	2,366	7,6	2,346	135,58	40,293	142,12	40,100	71,347	18,993	70,566	18,865	1,1	0,2
	3	0,047	0,012	3,049	0,922	304,870	92,175	1778,9	7,622	2,304			135,61	39,055			71,033	18,990				
F2R1	1	0,039	0,010	2,529	0,766	252,922	76,591	2000,4	6,323	1,915			126,29	43,677			62,708	20,538				
	2	0,040	0,009	2,610	0,755	261,039	75,455	2000,7	6,526	1,886	6,402	1,885	123,87	43,108	124,49	42,806	61,506	21,610	61,813	21,254	0,8	0,6
	3	0,039	0,009	2,542	0,741	254,221	74,123	2000,3	6,356	1,853			123,31	44,355			61,225	21,615				
F2R2	1	0,041	0,011	2,653	0,817	265,260	81,721	2004,5	6,631	2,043			132,93	40,244			66,002	19,982				
	2	0,040	0,011	2,584	0,804	258,442	80,390	2004,9	6,461	2,010	6,529	2	129,54	39,153	130,88	39,682	64,318	19,440	64,986	19,703	0,9	0,3
	3	0,040	0,010	2,597	0,779	259,740	77,922	2004,8	6,494	1,948			130,18	39,650			64,639	19,687				
F2R3	1	0,043	0,012	2,776	0,869	277,597	86,851	2011,6	6,940	2,171			139,60	39,079			67,026	19,018				
	2	0,044	0,011	2,857	0,857	285,714	85,714	2011,7	7,143	2,143	7,064	2,173	143,69	37,684	135,2	38,146	67,045	18,739	67,131	18,721	0,2	0,3
	3	0,044	0,012	2,844	0,882	284,416	88,182	2012,0	7,110	2,205			143,06	37,674			67,320	18,405				
F3R1	1	0,033	0,009	2,133	0,661	213,312	66,136	2267,1	5,333	1,653			120,90	37,484			60,030	20,896				
	2	0,034	0,009	2,201	0,675	220,130	67,468	2267,9	5,503	1,687	5,446	1,676	124,81	38,252	123,5	37,994	61,970	20,902	61,320	20,717	1,1	0,3
	3	0,034	0,009	2,201	0,675	220,130	67,468	2267,5	5,503	1,687			124,79	38,246			61,959	20,354				
F3R2	1	0,035	0,009	2,269	0,688	226,948	68,799	2272,1	5,674	1,720			128,91	38,303			64,008	19,404				
	2	0,035	0,008	2,282	0,663	228,247	66,331	2272,5	5,706	1,658	5,695	1,679	129,67	37,74	129,41	37,704	64,386	18,711	64,254	18,940	0,2	0,4
	3	0,035	0,008	2,282	0,663	228,247	66,331	2271,9	5,706	1,658			129,64	37,067			64,368	18,706				
F3R3	1	0,036	0,010	2,325	0,726	232,468	72,597	2279,1	5,812	1,815			134,99	37,888			65,767	18,812				
	2	0,037	0,011	2,380	0,764	237,987	76,396	2278,8	5,950	1,910	5,904	1,878	135,03	36,215	134,55	37,137	67,319	17,982	66,807	18,439	0,9	0,4
	3	0,037	0,011	2,380	0,764	237,987	76,396	2279,3	5,950	1,910			135,58	37,308			67,334	18,524				

**Keterangan :**

Abs $\lambda_{510}$	= Absorbansi saat panjang gelombang Fe <sup>2+</sup> 510 nm
Abs $\lambda_{358}$	= Absorbansi saat panjang gelombang Fe <sup>3+</sup> 358 nm
X $\lambda_{510}$	= (Abs $\lambda_{358}$ - ( Abs $\lambda_{510}$ *5,25)) / ((0,005+0,002) - ((0,013+0,003)*5,25))
X $\lambda_{358}$	= (Abs $\lambda_{510}$ - ((0,013+0,003)* X $\lambda_{510}$ )) / (0,004+0,003)
Kons	= X. Faktor pengenceran
K $\lambda_{510}$	= kadar Fe <sup>2+</sup> (mg)
K $\lambda_{358}$	= kadar Fe <sup>3+</sup> (mg)
Bt	= bobot total Fe <sup>2+</sup> / Fe <sup>3+</sup> dalam mikroenkapsul (mg)

**Contoh Perhitungan FIR1 Ulangan 1 :**

Diketahui :

- Pada Fe<sup>2+</sup> saat  $\lambda_{510}$ nm dan Fe<sup>3+</sup> saat  $\lambda_{358}$ nm

a. Mencari nilai X  $\lambda_{510}$

$$\begin{aligned} X_{\lambda_{510}} &= (\text{Abs}_{\lambda_{358}} - (\text{Abs}_{\lambda_{510}} * 5,25)) / ((0,005 + 0,002) - ((0,013 + 0,003) * 5,25)) \\ &= (0,011 - (0,044 * 5,25)) / ((0,005 + 0,002) - ((0,013 + 0,003) * 5,25)) \\ &= 2,857 \end{aligned}$$

b. Mencari Kons  $\lambda_{510}$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= x \cdot \text{Faktor Pengenceran} \\ &= 2,857 \text{ ppm} \times 100 \\ &= 285,714 \text{ ppm} \end{aligned}$$

c. Kadar Fe<sup>2+</sup> dalam 0,1 gram mikroenkapsul (labu ukur 25 ml)

$$\begin{aligned} \text{Kadar atau Jumlah Fe}^{2+} &= \text{Konsentrasi} \times \text{Volume akuades pada labu ukur} \\ &= 285,714 \text{ ppm} \times 0,025 \text{ L} \end{aligned}$$

$$= 7,147 \text{ mg}$$

d. Bobot total  $\text{Fe}^{2+}$

$$\begin{aligned} \text{Bobot total Fe}^{2+} &= \frac{\text{massa total mikroenkapsul}}{\text{massa mikroenkapsul yang diambil}} \times \text{Jumlah Fe}^{2+} \\ &= \frac{1768,3 \text{ mg}}{100 \text{ mg}} \times 7,147 \text{ mg} \\ &= 126,40 \text{ mg} \end{aligned}$$

e. Mencari nilai  $X_{\lambda 358} \text{Fe}^{3+}$

$$\begin{aligned} X_{\lambda 510} &= (\text{Abs}_{\lambda 510} - ((0,013+0,0003) \times X_{\lambda 510})) / (0,004+0,003) \\ &= (0,044 - ((0,013+0,0003) \times 2,857)) / (0,004+0,003) \\ &= 0,857 \end{aligned}$$

f. Mencari Kons  $\lambda_{358} \text{Fe}^{3+}$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= x \cdot \text{Faktor Pengenceran} \\ &= 0,857 \text{ ppm} \times 100 \\ &= 85,714 \text{ ppm} \end{aligned}$$

g. Kadar  $\text{Fe}^{3+}$  dalam 0,1 gram mikroenkapsul (labu ukur 25 ml)

$$\begin{aligned} \text{Kadar atau Jumlah Fe}^{3+} &= \text{Konsentrasi} \times \text{Volume akuades pada labu ukur} \\ &= 85,714 \text{ ppm} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 2,143 \text{ mg} \end{aligned}$$

h. Bobot total  $\text{Fe}^{3+}$

$$\begin{aligned} \text{Bobot total Fe}^{3+} &= \frac{\text{massa total mikroenkapsul}}{\text{massa mikroenkapsul yang diambil}} \times \text{Jumlah Fe}^{3+} \\ &= \frac{1768,1 \text{ mg}}{100 \text{ mg}} \times 2,143 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$= 42,085 \text{ mg}$$

i. Efisiensi Penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Penjerapan} &= \frac{\text{bobot total Fe}^{2+}}{\text{massa Fe}^{2+}\text{mula-mula}} \times 100\% \\ &= \frac{126,40 \text{ mg}}{201,4 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 62,803\% \end{aligned}$$

j. Efisiensi Penjerapan  $\text{Fe}^{2+}$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Penjerapan} &= \frac{\text{bobot total Fe}^{3+}}{\text{massa Fe}^{2+}\text{mula-mula}} \times 100\% \\ &= \frac{43,714 \text{ mg}}{201,4 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 21,687\% \end{aligned}$$

