

**PENGARUH WAKTU PENGGILINGAN TERHADAP  
KADAR TOTAL BESI DALAM AMPAS SARI  
KEDELAI MENGGUNAKAN  
SPEKTROFOTOMETER UV-Vis.**

**Nama : Ferry Riyanto Harisman**  
**NRP : 1410 100 026**  
**Jurusan : Kimia**  
**Pembimbing : Drs. R. Djarot Sugiarto K. S., MS**

**Abstrak**

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh waktu penggilingan dalam pembuatan sari kedelai terhadap kadar total zat besi yang tertinggal dalam ampas sari kedelai menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran dilakukan dengan mengomplekskan besi dengan 1,10-fenantrolin membentuk besi(II)-fenantrolin. Panjang gelombang maksimum yang didapat sebesar 511 nm. Penelitian dilakukan dengan mengukur kadar besi dalam kedelai tanpa penggilingan (dengan label GM 1) dan 4 kedelai dengan variasi waktu penggilingan selama 15 detik, 30 detik, 45 detik, dan 60 detik (dengan label GM 2, GM 3, GM4, GM5). Hasil yang didapat yakni GM1 mengandung besi sebanyak 7,082 gram, GM2 sebanyak 6,832 gram, GM3 sebanyak 6,120 gram, GM4 sebanyak 4,867 gram, dan GM5 sebanyak 4,444 gram. Hasil didapat menunjukkan adanya pengaruh yang linier antara waktu penggilingan dan kadar total zat besi dalam ampas sari kedelai.

# THE CORRELATION BETWEEN MILLING TIME AND IRON CONCENTRATION IN SOYA MILK'S RESIDUE USING SPECTROPHOTOMETER UV-Vis

**Name** : Ferry Riyanto Harisman  
**NRP** : 1410 100 026  
**Department** : Chemistry  
**Advisor** : Drs. R. Djarot Sugiarso K. S., MS

## Abstract

A research about correlation between milling time and iron concentration in soya milk's residue using spectrophotometer UV-Vis has been done. The research based on reaction between iron and 1,10-phenantroline as a complexing agent to form iron(II)-phenantroline that have maximum wavelength at 511 nm. This research was done by measuring total iron in soya bean without milling (labeled as GM 1) and soya milk's residue (labeled as GM 2, GM 3, GM 4, GM 5) which have been milled for 15 sec, 30 sec, 45 sec, and 60 sec. The result is GM 1 contained 7,082 grams iron, GM 2 contained 6,832 grams iron, GM 3 contained 6,120 grams iron, GM 4 contained 4,867 grams iron, and GM 5 contained 4,444 grams iron. From the result, we conclude that there is a linearity between milling time and iron concentration left in soya milk's residue.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kedelai

Untuk menyediakan energi yang diperlukan tubuh agar bisa beraktivitas, tubuh mengubah karbohidrat, protein, dan lemak yang dikonsumsi oleh manusia menjadi energi. Salah satu bahan pangan yang mengandung protein dalam jumlah banyak adalah kedelai.

Kedelai atau yang sering disebut sebagai kacang kedelai memiliki nama latin *Glycine max (L.)* Merrill. Bahan pangan berjenis kacang-kacangan ini mulai dikenal pada abad ke-11 dan diketahui berasal dari negara China (sekarang Tiongkok). Kedelai pertama kali masuk ke Indonesia melalui pulau Maluku tepatnya di kota Ambon pada abad ke-16 (Benson and Gibson, 2005).



Gambar 2. 1. Kedelai Kuning

Berdasarkan warna kulitnya, kacang kedelai memiliki tiga varian yang sudah dikenal masyarakat, yaitu kedelai putih/kuning, kedelai hitam, dan kedelai hijau. Kedelai

putih/kuning (Gambar 2. 1.) yaitu kedelai yang warna kulitnya putih/kuning dan biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe, tahu serta sari kedelai, sedangkan kedelai hitam biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan kecap. Di Indonesia, varietas unggul kedelai telah banyak dikembangkan sejak tahun 1990an. Varietas unggul yang dilepas oleh pemerintah telah diuji melalui uji adaptasi dan observasi yang telah dilakukan oleh berbagai instansi terkait seperti Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Teknologi Pertanian, dan juga Perguruan Tinggi (Pitojo, 2003). Dasar-dasar penentuan varietas unggul kedelai adalah menurut umur, warna biji, tipe batang dan ketahanan terhadap hama ataupun gangguan lainnya (Purwono dan Purnamawati, 2007). Beberapa varietas unggul yang baru saja diperkenalkan yakni Gamasugen 1 dan Gamasugen 2 yang diproduksi oleh Pusat Diseminasi Iptek Nuklir (PDIN) yang berada di bawah naungan BATAN. Berikut klasifikasi ilmiah dari kedelai :

|                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| <b>Kerajaan</b>   | : Plantae                         |
| <b>Divisi</b>     | : Spermatophyta                   |
| <b>Sub-divisi</b> | : Angiospermae                    |
| <b>Kelas</b>      | : Dicotyledonae                   |
| <b>Ordo</b>       | : Polypetales                     |
| <b>Famili</b>     | : Leguminosae (Papilionaceae)     |
| <b>Sub-famili</b> | : Papilionoideae                  |
| <b>Jenis</b>      | : Glycine                         |
| <b>Marga</b>      | : <i>Glycine max</i> (L.) Merrill |

(Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Kedelai memiliki senyawa isoflavonoid. Senyawa isoflavonoid dalam kedelai memberikan beberapa dampak positif bagi kesehatan tubuh, antara lain sebagai antioksidan, mencegah kanker, mencegah kolesterol, mengurangi resiko penyakit

jantung, maupun osteoporosis. Kandungan gizi dari kedelai secara umum ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Komposisi Gizi per 100 gram Kedelai

| <b>Komposisi Zat Gizi</b> | <b>Banyaknya</b> |
|---------------------------|------------------|
| Kalori (Kkal)             | 286,0            |
| Protein (g)               | 30,2             |
| Lemak (g)                 | 15,6             |
| Karbohidrat (g)           | 30,1             |
| Kalium (g)                | 196,0            |
| Fosfor (g)                | 506,0            |
| Besi (mg)                 | 6,9              |
| Air (g)                   | 20,0             |

(Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

## **2.2. Sari Kedelai**

Sari kedelai, atau yang sering disebut sebagai susu kedelai, merupakan salah satu dari sekian banyak makanan olahan dari kedelai. Sari kedelai biasa diminum sebagai pengganti dari susu sapi karena harganya lebih murah namun memiliki nilai gizi yang tidak terpaut jauh dari susu sapi. Berikut perbandingan nilai gizi dari susu sapi dan sari kedelai yang ditunjukkan Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2. Perbandingan Nilai Gizi Susu Sapi dan Susu Kedelai per 100 gram

| <b>Nilai Gizi</b> | <b>Susu Sapi</b> | <b>Sari Kedelai</b> |
|-------------------|------------------|---------------------|
| Kalori (Kkal)     | 59,00            | 44,00               |
| Protein (g)       | 2,96             | 3,60                |
| Lemak (g)         | 3,30             | 2,00                |
| Karbohidrat (g)   | 4,50             | 2,90                |
| Kalsium (g)       | 100,00           | 15,00               |
| Fosfor (mg)       | 90,00            | 49,00               |
| Besi (mg)         | 0,10             | 1,20                |

(Pamungkasari, 2008).

Cara membuat sari kedelai tidak jauh berbeda dengan cara pembuatan tahu. Kedelai yang telah dibersihkan dan disortir direndam di dalam air bersih selama 6-8 jam. Kemudian kedelai dicuci sambil dikupas kulitnya hingga bersih. Kedelai yang sudah siap olah direbus dahulu selama  $\pm$  30 menit sebelum digiling. Kedelai yang sudah digiling kemudian disaring untuk menuju tahap akhir. Perbedaan antara pembuatan tahu dan sari kedelai terletak pada tahap akhir pengolahan. Pada tahap akhir pengolahan tahu, filtrat (sari kedelai mentah) diberi pengendap berupa asam asetat atau sejenisnya agar menggumpal. Gumpalan ini yang disebut sebagai tahu. Sedangkan dalam pengolahan sari kedelai, filtrat (sari kedelai mentah) dimasak diatas kompor hingga mendidih sambil diberi gula sebagai pemanis (Warisno dan Dahana, 2010).

### 2.3. Tinjauan Umum Tentang Besi

Logam kedua dengan kelimpahan terbanyak yang terdapat di dalam bumi adalah besi. Walaupun aluminium merupakan logam dengan kelimpahan terbanyak di dalam bumi, namun besi lebih sering dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari sepanjang sejarah umat manusia.

Besi merupakan salah satu dari 94 unsur yang secara alami berada di dalam perut bumi. Berupa logam berwarna abu-abu dengan nomer massa 26, besi dapat dengan mudah ditemukan di semua planet yang berada di semua tata surya karena 80% inti planet adalah besi.

Secara alami logam besi yang terdapat di dalam perut bumi berada dalam bentuk senyawa, diantaranya *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), *siderite* ( $\text{FeCO}_3$ ), dan *limonite* ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Senyawa ini kemudian di ekstrak agar didapatkan logam besi murni. Logam besi sering digunakan untuk membuat baja ataupun bahan *stainless steel* yang merupakan bahan baku pembuatan alat-alat rumah tangga ataupun mesin-mesin produksi. Baja merupakan campuran antara logam besi dengan karbon sedangkan *stainless steel* merupakan campuran antara baja dan logam lain seperti krom (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Walaupun sering digunakan dalam pembuatan peralatan rumah tangga, besi ternyata juga terdapat di dalam tubuh manusia. Besi yang terdapat dalam tubuh manusia bukanlah besi dalam bentuk logam ataupun senyawa alaminya, namun berupa ion-ion besi yaitu  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) dan  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri). Kedua ion yang berada dalam tubuh manusia ini biasa disebut zat besi.

Zat besi merupakan salah satu contoh dari mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Mineral dapat didefinisikan sebagai

senyawa anorganik yang terdapat dalam seluruh jaringan tubuh yang kehadirannya sangat diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan proses kimia di setiap sel. Sebagian besar mineral tidak dapat menghasilkan energi, akan tetapi lebih cenderung mengonsumsi energi untuk mengubahnya menjadi nutrisi bagi tubuh. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa setiap jenis makhluk hidup juga sangat membutuhkan mineral untuk memenuhi kebutuhan setiap sel nya setiap hari.

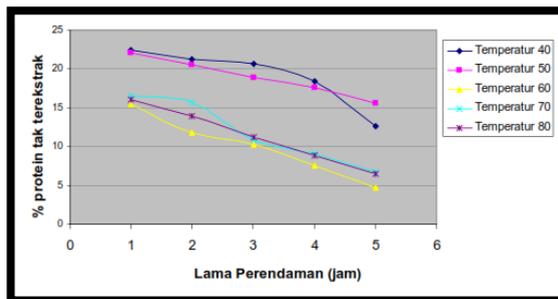
Salah satu fungsi zat besi di dalam tubuh adalah sebagai bahan baku dalam proses pembentukan darah (hemoglobin) yang disebut *hematopiesis* (Moehji, 1992). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, setiap hari orang Indonesia pada rentang usia 19 tahun keatas membutuhkan konsumsi zat besi sebanyak 13-26 mg. Jumlah yang tidak terlalu besar ini dapat sangat mudah dipenuhi hanya dengan mengonsumsi buah dan sayuran mengingat kadar besi dalam buah dan sayuran sebesar 0,1-3,3 mg/100gram (Iswanto, 2003). Adapun sumber zat besi lain yang dapat digunakan sebagai pengganti buah dan sayuran saat keadaan darurat adalah suplemen/ tablet zat besi, diantaranya adalah suplemen/tablet penambah darah. Opsi ini diperuntukkan bagi kelompok tertentu dimana kebutuhan akan zat besi lumayan besar sehingga konsumsi dari makanan pokok saja kurang mencukupi. Adapun anggota dari kelompok tersebut adalah balita, ibu hamil, penderita anemia, wanita usia subur, dan juga anak sekolah.

#### **2.4. Pengaruh Teknik Olahan Pangan terhadap Nilai Gizi**

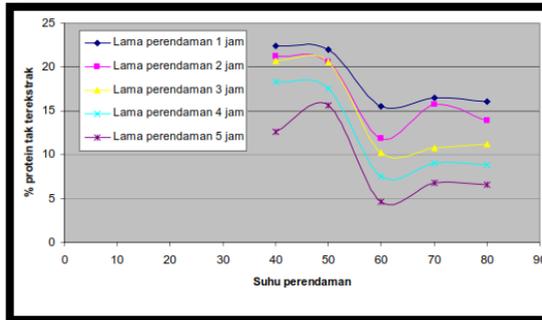
Walaupun sering dianggap sebagai hal yang kurang penting, ternyata teknik pengolahan makanan sangat berpengaruh dalam nilai gizi yang terdapat dalam bahan olahan pangan tersebut. Seperti yang pernah dijelaskan oleh Sekar dan Syarifa (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Lama

Pemasakan dan Temperatur Pemasakan Kedelai terhadap Proses Ekstraksi Protein Kedelai untuk Pembuatan Tahu”. Dalam pengukurannya, Sekar dan Syarifa menggunakan ampas sari kedelai sebagai sampel untuk diukur kadar proteinnya. Ampas kedelai yang digunakan adalah yang sudah diberi perlakuan variasi waktu pemasakan (10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit) dan variasi temperatur pemasakan (80°C, 85°C, 90°C, 95°C, 100°C).

Hasil yang hampir sama juga ditunjukkan oleh penelitian Sundarsih dan Yuliana (2009). Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Waktu dan Suhu Perendaman Kedelai pada Tingkat Kesempurnaan Ekstraksi Protein Kedelai dalam Proses Pembuatan Tahu” ini digunakan kadar protein dalam ampas sari kedelai sebagai parameter pengukuran. Variasi teknik pengolahan yang digunakan adalah waktu (1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam) dan temperatur (40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C) perendaman kedelai sebelum digunakan. Hasil yang didapatkan ditunjukkan oleh Gambar 2. 2. dan Gambar 2. 3.



Gambar 2. 2. Grafik Hubungan antara Kadar Protein dengan Lama Perendaman



Gambar 2. 3. Grafik Hubungan antara Kadar Protein dengan Temperatur Perendaman

## 2.5. Senyawa Kompleks

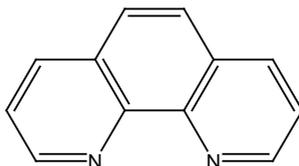
Senyawa koordinasi atau senyawa kompleks adalah senyawa yang terbentuk melalui ikatan kovalen koordinasi antara ion/atom pusat dengan ligan. Disebut atom/ion pusat karena atom tersebut berada pada bagian pusat dari struktur senyawa koordinasi dan berfungsi sebagai penerima pasangan elektron sehingga atom pusat dapat termasuk sebagai asam Lewis. Dengan begitu ligan dapat didefinisikan sebagai molekul/senyawa dalam senyawa koordinasi yang bertugas sebagai penyedia pasangan elektron sehingga ligan dapat termasuk sebagai basa Lewis.

Ikatan kovalen koordinasi berbeda dengan ikatan kovalen. Pada ikatan kovalen pasangan elektron yang digunakan bersama berasal dari sumbangan kedua atom, sedangkan pada ikatan kovalen koordinasi pasangan elektron yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom saja. Tidak semua atom/ion dalam sistem periodik unsur dapat berperan sebagai atom/ion pusat. Hanya atom/ion dari logam transisi yang dapat berperan sebagai atom/ion pusat karena adanya kekosongan dalam orbital-*d* mereka. Sedangkan untuk molekul/senyawa yang akan berperan

sebagai ligan tentu harus memiliki pasangan elektron bebas, baik untuk molekul/senyawa netral ataupun ionik (Chang, 2004).

## 2.6. Kompleks Besi(II)-fenantrolin

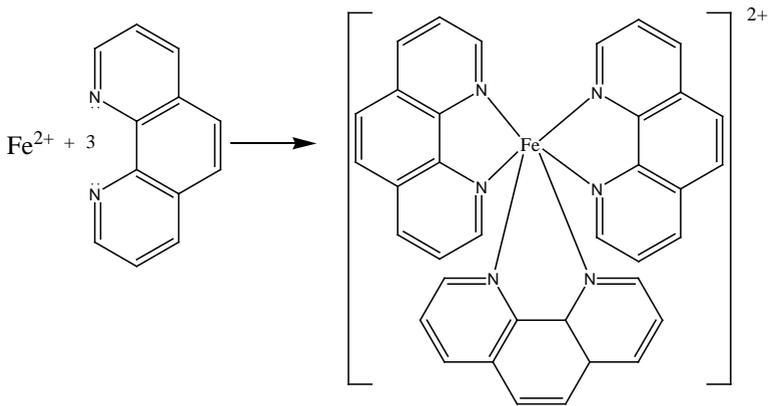
Pengompleks 1,10-fenantrolin merupakan senyawa organik heterosiklik yang sangat mudah membentuk kompleks dengan ion logam yang mempunyai orbital kosong pada orbital-*d*. Pengompleks 1,10-fenantrolin umumnya dijual dalam bentuk padatan kristalin berwarna putih yang memiliki rumus molekul  $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$ . Sama halnya seperti kebanyakan senyawa organik, fenantrolin sangat mudah larut dalam aseton, ataupun etanol namun sedikit larut di dalam air. Struktur 1,10-fenantrolin ditunjukkan oleh Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4. Struktur 1,10-fenantrolin

Dalam penentuan kadar besi, 1,10-fenantrolin bereaksi dengan  $Fe^{2+}$  membentuk kompleks  $[Fe(phen)_3]^{2+}$  yang biasa disebut *ferroin*. 1,10-fenantrolin memberikan warna kepada sampel besi sehingga sampel bisa diidentifikasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Kompleks berwarna merah apabila terikat kepada  $Fe^{2+}$  dan berwarna biru cerah apabila terikat kepada  $Fe^{3+}$ . Reaksi antara besi dengan 1,10 fenantrolin ditunjukkan oleh Gambar 2. 5. Selain menjadi kromofor dalam metode pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *ferroin* juga dapat digunakan sebagai indikator redoks mengingat *ferroin* dapat berubah warna apabila terikat pada ion besi yang berbeda.

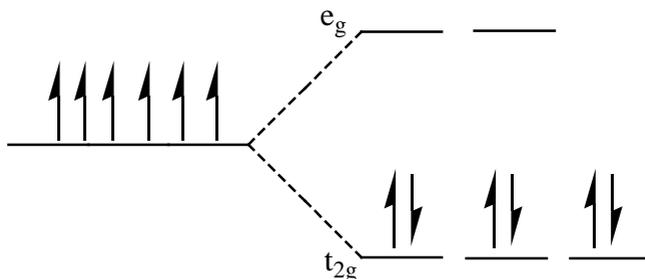
Gambar 2. 7. memperlihatkan bahwa atom pusat  $\text{Fe}^{2+}$  mengikat 6 buah atom nitrogen yang berasal dari 3 ligan 1,10-fenantrolin. Ligan 1,10-fenantrolin termasuk sebagai ligan kuat yang dapat menyebabkan terjadinya pemisahan spin rendah pada atom pusat karena energi yang diperlukan untuk menaikkan



Gambar 2. 5. Reaksi Besi dengan 1,10-fenantrolin

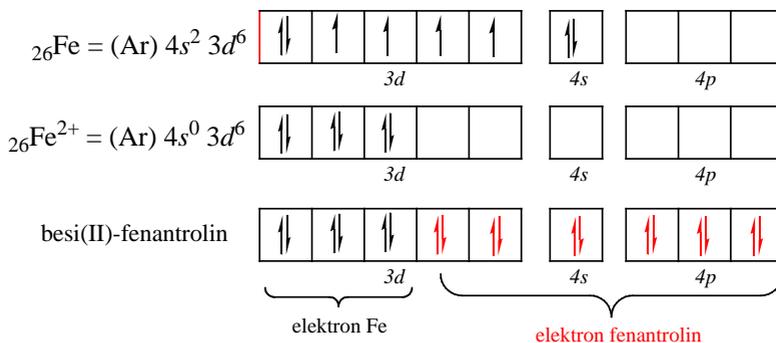
(Fajriati, 2006).

elektron menuju lintasan  $e_g$  lebih besar daripada memasangkan elektron di lintasan  $t_{2g}$ . Prinsip pemisahan spin rendah didasarkan pada asas aufbau. Visualisasi pemisahan spin rendah ditunjukkan oleh Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6. Pemisahan Spin Rendah  $\text{Fe}^{2+}$

Pemisahan spin rendah ini mempengaruhi hibridisasi yang terjadi dalam pembentukan senyawa kompleks. Untuk kompleks besi(II)-fenantrolin hibridisasi yang terjadi adalah  $d^2sp^3$  sehingga geometri yang dimiliki adalah oktahedral. Hibridisasi kompleks besi(II)-fenantrolin ditunjukkan Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7. Hibridisasi Senyawa Kompleks Besi(II)-fenantrolin

## 2.7. Destruksi

Destruksi adalah salah satu perlakuan dalam teknik preparasi sampel dimana sampel dipecah menjadi unsur-unsurnya sehingga dapat dilakukan analisis secara lebih tepat. Destruksi biasanya menguraikan logam organik menjadi logam anorganik bebas. Pemilihan metode destruksi sangat mempengaruhi keberhasilan suatu analisis sampel. Maka dari itu perlu diperhatikan juga sifat sampel dan unsur logam yang terdapat di dalam sampel yang akan dianalisis sebelum memilih metode destruksi yang tepat.

Hingga saat ini, metode destruksi yang diketahui ada dua macam, destruksi basah dan destruksi kering. Destruksi basah adalah salah satu metode destruksi dimana di dalam prosesnya menggunakan asam-asam kuat baik tunggal ataupun campuran untuk melarutkan sampel. Pelarut yang sering digunakan untuk destruksi basah antara lain asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), asam perklorat ( $\text{HClO}_4$ ), dan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Indikator keberhasilan proses destruksi basah ditandai dengan dihasilkannya larutan jernih. Perubahan warna ini menandakan bahwa sampel telah terurai dan telah larut sempurna di dalam pelarut. Metode ini lebih sering digunakan oleh peneliti daripada destruksi kering karena dapat meminimalisir komponen penting yang terbuang-sia-sia (Raimon, 1993).

Destruksi kering merupakan salah satu teknik destruksi dimana sampel dirombak dengan jalan pengabuan di dalam *furnace* dengan waktu dan temperatur tertentu. Temperatur yang digunakan tergantung kepada sampel yang akan dianalisis, akan tetapi temperatur yang sering digunakan berada dalam rentang  $400^\circ\text{C}$  -  $800^\circ\text{C}$ . Destruksi kering memanfaatkan reaksi pembakaran di dalam prosesnya sehingga produk akhir yang dihasilkan merupakan senyawa oksida dari logam yang terdapat

di dalam sampel. Senyawa oksida merupakan produk tunggal dari destruksi kering karena senyawa organik yang ada di dalam sampel dapat dipastikan telah menguap semua karena pada umumnya senyawa organik memiliki titik didih tidak lebih dari 400°C. Oksida logam ini kemudian dilarutkan di dalam asam encer (Kristianingrum, 2012).

## 2.8. Spektrofotometer UV-Vis

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dengan suatu materi. Interaksi yang dimaksud dapat berupa penyerapan cahaya, pemantulan cahaya, ataupun penerusan cahaya. Salah satu tokoh di bidang spektroskopi adalah Pierre Bouguer (1698-1758). Pada tahun 1729, Pierre Bouguer adanya korelasi antara absorbansi dengan panjang lintasan adsorpsi yang menunjukkan adanya linearitas. Temuan ini kemudian diperkuat lebih lanjut oleh Johan Heinrich Lambert (1728-1777) pada tahun 1760. Teori ini kemudian dikembangkan lagi oleh August Beer (1825-1863) pada tahun 1852 dengan menemukan hubungan linearitas antara absorbansi dengan konsentrasi. Kedua teori tersebut membentuk suatu persamaan yang sekarang dikenal sebagai Hukum Lambert-Beer yang dinyatakan dalam :

$$A = \varepsilon b C$$

dimana : A = Absorbansi

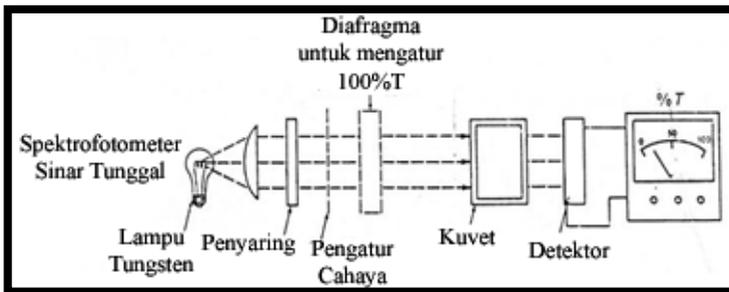
$\varepsilon$  = adsorptivitas molar ( $M^{-1}cm^{-1}$ )

b = panjang kuvet (cm)

C = konsentrasi (M)

Persamaan ini pada akhirnya menjadi dasar dalam pembuatan spektrofotometer.

Salah satu contoh dari spektrofotometer adalah spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis merupakan spektrofotometer yang dibuat berdasarkan adsorpsi cahaya oleh suatu materi. Sesuai dengan namanya, spektrofotometer UV-Vis hanya dapat mengukur sampel yang memiliki warna karena detektor yang dimiliki hanya bisa mendeteksi panjang gelombang pada rentang sinar UV-Vis (315-800 nm). Cara kerja spektrofotometer UV-Vis adalah mengukur banyaknya energi yang dihasilkan oleh elektron saat kembali ke keadaan semula setelah tereksitasi.

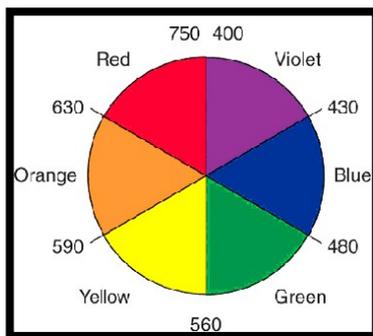


Gambar 2. 8. Diagram Kerja Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis terdiri dari empat bagian utama seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. 8. Bagian-bagian tersebut terdiri dari sumber cahaya, monokromator, wadah sampel, dan detektor. Sumber cahaya memancarkan cahaya polikromatik. Cahaya polikromatik adalah kumpulan dari beberapa spektrum warna dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Cahaya polikromatik ini kemudian diubah menjadi cahaya monokromatik oleh monokromator. Warna yang memiliki

energi yang setara dengan energi minimum elektron untuk tereksitasi akan diserap (adsorpsi) oleh sampel.

Dalam pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis, salah satu syarat bahan yang bisa diukur adalah memiliki warna. Warna ini dihasilkan karena adanya transisi dari  $n \rightarrow \pi^*$  dan  $\pi \rightarrow \pi^*$  akibat dari adanya kekosongan tempat dalam orbital-d di atom pusat. Transisi tersebut terjadi ketika senyawa kompleks dikenai energi oleh sinar ultraviolet. Sinar ultraviolet yang memiliki energi yang sama dengan energi yang dibutuhkan elektron untuk tereksitasi akan diserap dan ketika elektron kembali ke keadaan dasar energi tersebut akan di emisikan. Energi ini kemudian dirubah oleh detektor UV-Vis menjadi panjang gelombang warna komplementer senyawa kompleks sesuai dengan lingkaran warna dalam Gambar 2. 9. yang menunjukkan hubungan antara warna asli dengan warna komplementer. Apabila warna asli adalah merah, maka warna komplementernya adalah hijau. Apabila warna asli adalah *orange*, maka warna komplementernya adalah biru, begitu seterusnya.



Gambar 2. 9. Diagram Warna Asli dan Komplementer

Spektrofotometer UV-Vis menghasilkan data panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) dan absorbansi. Panjang gelombang maksimum diperlukan untuk membuat kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi diperoleh dari variasi pengukuran konsentrasi pada panjang gelombang maksimum. Dari kurva kalibrasi diperoleh persamaan regresi yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi sampel *unknown* dengan memasukkan nilai absorbansi maksimum sampel *unknown* ke dalam persamaan regresi. Kurva kalibrasi yang baik adalah kurva yang memiliki nilai linearitas mendekati 1.

## 2.9. Parameter Metode Validasi

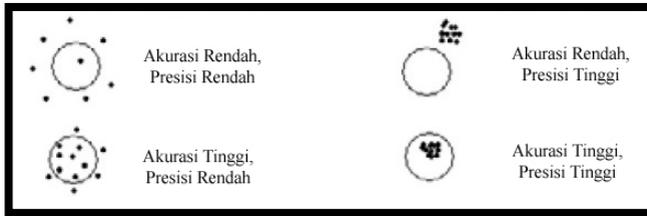
Validasi dapat didefinisikan sebagai mencari tahu atau menguji kebenaran dari sesuatu. Ketika mengajukan suatu metode analisis baru, diperlukan suatu pengujian apakah metode tersebut dapat dilakukan oleh siapapun dan dimanapun dan tetap menghasilkan hasil yang sama. Pengujian dapat dilakukan berdasarkan beberapa parameter, diantaranya akurasi, presisi, *linearity*, *limit of detection*, standar deviasi, dan sebagainya (McPoli, 2009).

### 2.9.1. Akurasi

Akurasi merupakan ukuran keterdekatan hasil terhadap nilai sebenarnya. Akurasi dapat ditentukan berdasarkan *true value* dan presisi. Namun, *true value* sangat sulit ditentukan sehingga diberikan metode lain untuk menentukan akurasi. Metode tersebut adalah metode standar adisi dan metode standar eksternal. Metode standar adisi dilakukan dengan menambahkan larutan standar ke sampel dengan variasi tertentu sedangkan metode standar eksternal menggunakan data berurutan untuk membuat kurva kalibrasi (Christian, 2004).

### 2.9.2. Presisi

Presisi merupakan ukuran keterdekatan hasil antara pengulangan satu dengan pengulangan lainnya. Perbedaan akurasi dan presisi ditunjukkan oleh Gambar 2. 10.



Gambar 2. 10. Perbedaan Akurasi dan Presisi

Besarnya nilai presisi diukur berdasarkan besarnya %RSD (*Relative Standart Deviation*). *Relative Standart Deviation* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\%RSD = \frac{s}{\chi} \times 100$$

dimana : s = nilai standar deviasi

$\chi$  = rata – rata nilai

(Harvey, 2000).

### 2.9.3. *Limit of Detection (LOD)*

Dalam setiap analisis yang melibatkan konsentrasi sampel yang sangat kecil di dalamnya perlu ditentukan titik terendah sampel / konsentrasi terendah sampel yang dapat diukur oleh

metode yang digunakan. *Limit of detection* merupakan konsentrasi terendah sampel yang terukur dalam pengukuran kualitatif namun bisa ditiadakan dalam pengukuran kuantitatif.

#### 2.9.4. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui persebaran data yang didapat. Standar deviasi dapat ditentukan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \chi)^2}$$

dimana : s = nilai standar deviasi

n = banyaknya data

$x_i$  = nilai terbesar dari data

$\chi$  = rata-rata nilai

(McPoli, 2009).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Alat dan Bahan**

##### **3.1.1. Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *blender*, seperangkat alat-alat gelas, cawan poselen 250 mL, kuvet plastik, pH meter digital, pemanas, oven, *muffle furnace* dan neraca analitik. Dalam penelitian ini juga digunakan instrumen spektrofotometer sinar tampak (UV-Vis) model GENESYS 10S UV-VIS Spectrophotometer.

##### **3.1.2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain besi(III)klorida hexahidrat ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), 1,10-fenantrolin ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$ ), aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), natrium asetat anhidrat ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), natrium tiosulfat pentahidrat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), EDTA, HCl 37% dan aqua DM serta kacang kedelai sebagai sampel.

#### **3.2. Prosedur Kerja**

##### **3.2.1. Pembuatan Larutan Standar Fe(III) 100 ppm**

Ditimbang sebanyak 0,0490 gram kristal  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan ke dalam botol timbang. Dilarutkan kristal besi(III)klorida dengan aqua DM secukupnya. Larutan tersebut kemudian dilarutkan hingga 100 mL di dalam labu ukur menggunakan aqua DM.

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

Senyawa hidrat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ditimbang menggunakan botol timbang sebanyak 0,0160 gram dan dilarutkan dengan aqua DM secukupnya. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL untuk elanjutnya ditambahkan aqua DM hingga tanda batas labu ukur.

### 3.2.3. Pembuatan Larutan Kerja EDTA 100 ppm

Ditimbang sebanyak 0,0119 gram serbuk EDTA dilarutkan dengan 50 mL aqua DM di dalam gelas piala 100 mL. Larutan EDTA kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas labu ukur 100 mL.

### 3.2.4. Pembuatan Larutan Kerja 1,10-fenantrolin 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,1005 gram padatan 1,10-fenantrolin dimasukkan ke dalam gelas piala 100 mL sambil ditambahkan aqua DM sebanyak 50 mL. Campuran kemudian diaduk sambil dipanaskan diatas *hotplate* dengan temperatur  $60^\circ\text{C}$  hingga padatan 1,10-fenantrolin larut semua. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL. Setelah dingin, larutan 1,10-fenantrolin ditambahkan aqua DM hingga mencapai tanda batas 100 mL.

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

Padatan natrium asetat anhidrat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) ditimbang sebanyak 7,9700 gram. Selanjutnya padatan ini dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Sebanyak 10 mL asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ditambahkan ke dalamnya dan campuran diencerkan menggunakan aqua DM hingga 100 mL.

### 3.2.6. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan standar Fe(III) 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL sebanyak 0,5 mL. Kemudian ditambahkan 1,1 mL larutan kerja natrium tiosulfat 100 ppm. Larutan kerja *1,10-fenantrolin* 1000 ppm ditambahkan kemudian sebanyak 1,5 mL. Larutan stok EDTA 100 ppm ditambahkan setelahnya sebanyak 0,5 mL. Untuk menjaga pH agar tetap asam, buffer asetat pH 4,5 ditambahkan juga ke dalam campuran sebanyak 1 mL. Campuran didiamkan selama  $\pm$  60 menit. Selanjutnya, aseton ditambahkan sebanyak 5 mL. Campuran kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas. Diukur panjang gelombang maksimum larutan standar ini pada rentang 400-600 nm dengan larutan blanko sebagai pembanding.

### 3.2.7. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan standar Fe(III) 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL sebanyak 0,1 mL. Kemudian ditambahkan 1.1 mL larutan kerja natrium tiosulfat 100 ppm. Larutan kerja *1,10-fenantrolin* 1000 ppm ditambahkan kemudian sebanyak 1,5 mL. Larutan stok EDTA 100 ppm ditambahkan setelahnya sebanyak 0,5 mL. Untuk menjaga pH agar tetap asam, buffer asetat pH 4.5 ditambahkan juga ke dalam campuran sebanyak 1 mL. Campuran didiamkan selama  $\pm$  60 menit. Selanjutnya, aseton ditambahkan sebanyak 5 mL. Campuran kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas. Diukur absorbansi larutan standar ini pada panjang gelombang maksimum dengan larutan blanko sebagai pembanding. Prosedur ini diulangi sebanyak 4 kali dengan jumlah larutan standar Fe(III) 100 ppm masing-masing sebanyak 0,2 mL, 0,3 mL, 0,4 mL, dan 0,5 mL.

### 3.2.8. Penentuan Kadar Total Besi dalam Kedelai

Kacang kedelai seberat 100 gram digiling kering menggunakan blender hingga halus. Bubuk kacang kedelai selanjutnya dipindahkan ke dalam cawan porselen 250 mL dan diberi label sebagai GM 1 untuk kemudian dikeringkan dalam oven 100°C hingga beratnya konstan. Setelah itu kedelai diabukan di dalam *muffle furnace* dengan temperatur 600°C selama 4 jam.

Setelah 4 jam, abu yang didapatkan dilarutkan dalam campuran 50 mL aqua DM dan 5 mL HCl 37% sambil dipanaskan diatas *hotplate* selama 60 menit. Campuran kemudian disaring untuk memisahkan abu tak larut.

Sebanyak 0,3 mL filtrat dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL kemudian ditambahkan 1,1 mL larutan kerja natrium tiosulfat 100 ppm. Larutan kerja *1,10-fenantrolin* 1000 ppm ditambahkan kemudian sebanyak 1,5 mL. Larutan stok EDTA 100 ppm ditambahkan setelahnya sebanyak 0,5 mL. Untuk menjaga pH agar tetap asam, buffer asetat pH 4.5 ditambahkan juga ke dalam campuran sebanyak 1 mL. Campuran didiamkan selama  $\pm 60$  menit. Selanjutnya, aseton ditambahkan sebanyak 5 mL. Campuran kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas. Diukur absorbansi larutan standar ini pada panjang gelombang maksimum dengan larutan blanko sebagai pembanding.

### 3.2.9. Penentuan Kadar Total Besi dalam Ampas Sari Kedelai

Kacang kedelai seberat 100 gram direndam dalam air selama  $\pm 5$  jam. Kacang kedelai kemudian diblender menggunakan air dengan perbandingan 1:3 selama 15 detik (GM 2), 30 detik (GM 3), 45 detik (GM 4), dan 60 detik (GM 5). Campuran disaring untuk memisahkan filtrat dengan ampas sari kedelai. Ampas sari kedelai dikeringkan di dalam oven dengan

temperatur 110°C selama  $\pm$  2 jam. Setelah kering, ampas kedelai dipindahkan ke dalam cawan porselen 250 mL untuk diabukan di dalam *muffle furnace* dengan temperatur 600°C selama 4 jam.

Setelah 4 jam, abu yang didapatkan dilarutkan dalam campuran 50 mL aqua DM dan 5 mL HCl 37% sambil dipanaskan diatas *hotplate* selama 60 menit. Campuran kemudian disaring untuk memisahkan abu tak larut.

Sebanyak 0,3 mL filtrat dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL kemudian ditambahkan 1,1 mL larutan kerja natrium tiosulfat 100 ppm. Larutan kerja *1,10-fenantrolin* 1000 ppm ditambahkan kemudian sebanyak 1,5 mL. Larutan stok EDTA 100 ppm ditambahkan setelahnya sebanyak 0,5 mL. Untuk menjaga pH agar tetap asam, buffer asetat pH 4.5 ditambahkan juga ke dalam campuran sebanyak 1 mL. Campuran didiamkan selama  $\pm$  60 menit. Selanjutnya, aseton ditambahkan sebanyak 5 mL. Campuran kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas. Diukur absorbansi larutan standar ini pada panjang gelombang maksimum dengan larutan blanko sebagai pembanding.

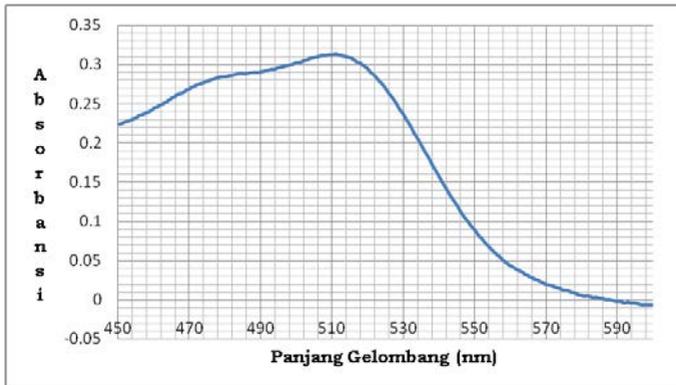
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB IV

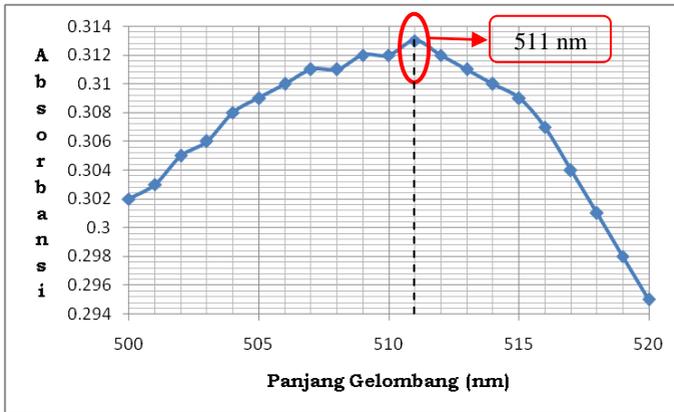
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Pengukuran panjang gelombang dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis model GENESYS 10S pada rentang 450-600 nm dengan interval 1 nm. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada Gambar 4.1. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa panjang gelombang maksimum larutan standar besi berada pada daerah 500-520 nm karena pada daerah tersebut terdapat absorbansi maksimum yang ditandai dengan adanya puncak tertinggi. Dengan begitu belum dapat diketahui dengan pasti panjang gelombang maksimum dari larutan standar besi. Untuk mengetahui lebih jelas, maka dilakukan pengukuran kembali pada rentang 500-520 nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 1. Kurva Absorbansi pada Daerah 450-600 nm



Gambar 4. 2. Kurva Absorbansi pada Rentang 500-520 nm

Berdasarkan Gambar 4.2. diketahui ternyata absorbansi maksimum larutan standar besi berada pada panjang gelombang 511 nm dengan absorbansi maksimumnya 0,313. Panjang gelombang maksimum menunjukkan kepekaan tertinggi dan kesalahan terkecil sehingga pengukurannya akurat. Panjang gelombang ini selanjutnya digunakan sebagai patokan untuk pengukuran absorbansi maksimum pada tahap-tahap selanjutnya.

Senyawa kompleks besi(II)-fenantrolin seharusnya berwarna merah ( $\lambda = 630 - 750 \text{ nm}$ ) dan akan terdeteksi oleh spektrofotometri UV-Vis sebagai warna hijau yang notabene adalah warna komplemeternya ( $\lambda = 480-560 \text{ nm}$ ) sesuai dengan lingkaran warna pada Gambar 2. 9. Pada penelitian ini, walaupun kompleks besi(II)-fenantrolin yang dihasilkan secara kasat mata berwarna jingga yang dikarenakan konsentrasi kompleks hanya sebesar 5 ppm, akan tetapi spektrofotometer UV-Vis membaca panjang gelombang maksimum kompleks terletak pada 511 nm yang masih termasuk sebagai panjang gelombang warna biru yang artinya warna senyawa kompleks besi(II)-fenantrolin masih dianggap sebagai merah oleh spektrofotometer UV-Vis.

## 4.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

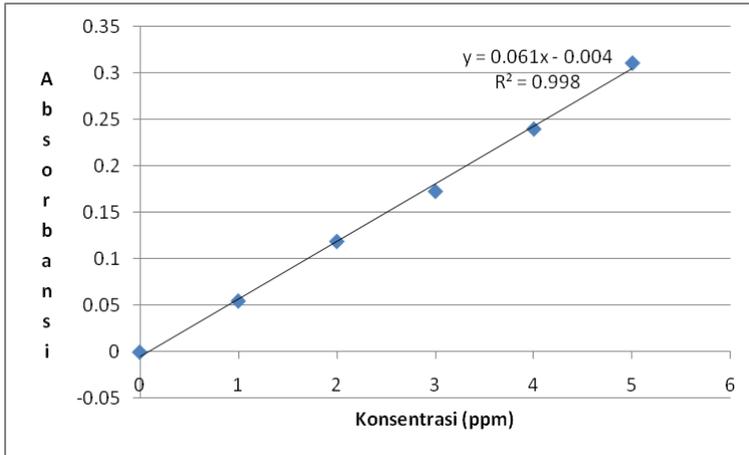
Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur absorbansi larutan standar besi dari konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3, ppm, 4 ppm, dan 5 ppm pada panjang gelombang 511 nm. Karena berada pada 10 mL larutan, maka larutan standar tersebut masing-masing berasal dari larutan standar besi sebanyak 0,1 mL, 0,2 mL, 0,3 mL, 0,4 mL, dan 0,5 mL. Dengan adanya perbedaan konsentrasi tersebut dihasilkan larutan yang memiliki tingkat warna yang berbeda juga. Hasil pembuatan larutan besi(II)-fenantrolin dan kurva kalibrasi masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 4. 3. dan Gambar 4. 4.



Gambar 4. 3. Larutan Besi(II)-fenantrolin 1-5 ppm

Dalam teknik pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis, kurva kalibrasi berguna sebagai alat bantu untuk pengukuran kuantitatif dikarenakan kurva kalibrasi memberikan informasi berupa persamaan regresi linier sederhana ( $y=ax+b$ ) yang menunjukkan adanya hubungan antara sumbu- $x$  dan sumbu- $y$ . Hubungan antara sumbu- $x$  dan sumbu- $y$  ditunjukkan dengan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ). Jika nilai koefisien regresi mendekati 1 menunjukkan adanya linearitas yang baik antara sumbu- $x$  dan

sumbu-y. Nilai ini kemudian dilakukan uji-t untuk mendukung kesimpulan adanya linearitas antara sumbu-x dan sumbu-y.



Gambar 4. 4. Kurva Kalibrasi Larutan Standar

Pada penelitian ini didapatkan persamaan regresi sederhana  $y = 0,061x - 0,004$  dan koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,998 dengan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,999. Koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,998 menyatakan bahwa terdapat korelasi yang erat dan linearitas yang baik antara konsentrasi larutan besi dengan absorbansinya. Hal ini dikarenakan nilai kisaran  $R^2$  berada pada rentang  $0,9 < R^2 < 1$ . Nilai  $r$  sebesar 0,999 menyatakan semua titik terletak pada garis lurus yang lerengnya positif karena nilai berada pada  $-1 \leq r \leq 1$ . Dengan persamaan regresi ini, konsentrasi besi didalam sampel dapat diketahui dengan memasukkan nilai absorbansi sampel ke dalam nilai  $y$ . Akan tetapi, nilai konsentrasi yang dihasilkan tidak boleh melebihi konsentrasi maksimum yang terdapat dalam kurva kalibrasi karena diluar kurva kalibrasi linearitas antara sumbu-x dan sumbu-y belum teruji. Jika ternyata konsentrasi sampel

melebihi konsentrasi maksimum, maka perlu dilakukan pengenceran lebih lanjut.

Uji-t telah dilakukan terhadap nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) (Lampiran D) untuk menguji kelayakan kurva kalibrasi. Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai  $t_{hitung}$  adalah 44,677. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai  $t_{tabel}$ . Dengan selang kepercayaan 95% dan derajat kebebasan 5, maka nilai kritik sebaran t adalah sebesar 2,57. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka hipotesis  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang linear antara konsentrasi larutan senyawa kompleks besi(II)-fenantrolin (sumbu-x) dengan absorbansi (sumbu-y).

### 4.3. Penentuan Kadar Total Besi dalam Kedelai

Zat gizi yang dimiliki oleh kedelai terletak di dalam biji yang dilindungi oleh dinding biji yang cukup keras sehingga untuk mengekstraknya diperlukan metode-metode tertentu. Untuk penentuan kadar total besi dalam kedelai (GM 1), kedelai dihancurkan dengan *blender dry mill* sampai halus sehingga dinding biji kedelai hancur dan didapatkan padatan isi biji yang mengandung banyak zat gizi termasuk zat besi di dalamnya. Padatan ini kemudian diabukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa ataupun atom-atom organik yang dapat mengganggu saat pengukuran. ketika diabukan, atom-atom organik tersebut akan berikatan dengan atom oksigen dan membentuk senyawa gas yang keluar saat pengabuan berlangsung. Sedangkan atom-atom anorganik seperti besi juga akan bereaksi dengan oksigen membentuk padatan oksida.

Salah satu syarat sampel yang dapat diukur oleh spektrofotometer UV-Vis adalah berbentuk *liquid* (cair), maka dari itu padatan oksida yang dihasilkan ditambah dengan HCl dan aqua DM agar semua padatan oksida tersebut larut. Larutan ini

kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi yang didapat yakni 0,156 dan 0,160 sehingga absorbansi rata-ratanya 0,158. Setelah melalui perhitungan (Lampiran E) didapatkan bahwa kedelai mengandung sebanyak 7,082 mg zat besi. Nilai ini kemudian dipakai sebagai acuan kadar total besi dalam kedelai untuk pengukuran selanjutnya.

#### **4.4. Penentuan Kadar Total Besi dalam Ampas Sari Kedelai**

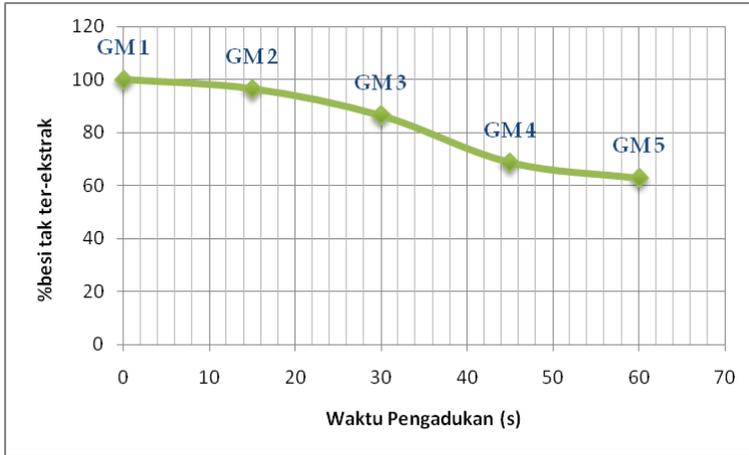
Seperti yang sudah dibahas pada sub bab 4.3. bahwa diperlukan beberapa metode untuk mengekstrak zat besi dari kedelai. Salah satu metode yang ada yaitu dengan membuat sari kedelai. Proses pembuatan sari kedelai ternyata dapat dikategorikan sebagai proses ekstraksi padat-cair (*leaching*) dimana *solute* (zat yang akan diekstrak) berupa padatan isi biji kedelai dan *solvent* (pelarutnya) adalah aqua DM. Dalam proses ekstraksi ini menghasilkan dua fasa seimbang yaitu rafinat dan ekstrak dimana rafinat adalah ampas sari kedelai yang masih mengandung beberapa zat gizi dan ekstrak adalah larutan yang berisi *solvent* dan zat gizi terlarut. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi konsentrasi zat gizi terlarut dalam ekstrak (terutama zat besi), diantaranya yaitu lama waktu pengadukan dengan *blender*.

Sebelum dilakukan ekstraksi, kedelai direndam dalam terlebih dahulu selama 5 jam untuk melunakkan dinding biji kedelai. Dinding biji kedelai yang keras menyulitkan proses ekstraksi karena *blender* tidak mampu memecah dinding biji kedelai sehingga proses ekstraksi akan berjalan kurang sempurna. Dengan direndam dalam air selama 5 jam, proses difusi air ke dalam biji kedelai akan melunakkan dinding biji kedelai sehingga biji lebih mudah dihancurkan.

Penggilingan biji kedelai dengan air dilakukan masing-masing selama 15 detik (GM 2), 30 detik (GM 3), 45 detik (GM 4), dan 60 detik (GM 5). Ampas sari yang didapat kemudian diperlakukan sesuai prosedur dan dihitung konsentrasi besi yang tertinggal. Dengan memasukkan data GM 1 sebagai perbandingan, berikut data hasil perhitungan konsentrasi besi dari ampas sari kedelai yang ditunjukkan Tabel 4. 1. Berdasarkan Tabel 4. 1. dibuat grafik hubungan antara waktu pengadukan dengan kadar besi tak ter-ekstrak yang ditunjukkan Gambar 4. 5.

Tabel 4. 1. Kadar Total Besi dalam Kedelai dan Ampas Sari Kedelai

| Nama | Waktu (s) | Absorbansi     | Absorbansi Rata-rata | Kadar Besi (mg) |
|------|-----------|----------------|----------------------|-----------------|
| GM 1 | 0         | 0,158<br>0,160 | 0,158                | 7,082           |
| GM 2 | 15        | 0,226<br>0,222 | 0,224                | 6,832           |
| GM 3 | 30        | 0,224<br>0,225 | 0,224                | 6,120           |
| GM 4 | 45        | 0,168<br>0,171 | 0,169                | 4,867           |
| GM 5 | 60        | 0,148<br>0,145 | 0,146                | 4,444           |



Gambar 4. 5. Grafik Hubungan antara Waktu Pengadukan dengan %besi Tak Terekstrak

Ketika mata pisau *blender* berputar, dinding biji kedelai beserta isinya akan terpotong menjadi potongan yang kecil-kecil. Semakin lama mata pisau berputar, semakin kecil potongan dari biji kedelai. Proses ini menjadikan luas permukaan kedelai menjadi lebih luas, dengan begitu kelarutan dari kedelai juga semakin tinggi sehingga semakin banyak zat besi yang terekstrak. Sesuai yang dikutip dalam Chang (2004), ada beberapa hal yang mempengaruhi kelarutan suatu zat terlarut, diantaranya adalah pengadukan dan luas permukaan zat terlarut. Semakin besar luas permukaan partikel *solute*, maka semakin banyak partikel *solute* yang bertabrakan dengan partikel *solvent* sehingga reaksi antara *solute* dan *solvent* akan lebih cepat terjadi. Pengadukan mendukung partikel *solute* untuk semakin sering bertabrakan dengan partikel *solvent*. Semakin lama pengadukan, tabrakan antara kedua partikel ini semakin sering terjadi dan menghasilkan energi kinetik yang cukup untuk mengaktifasi reaksi antara *solute* dengan *solvent*.

Fenomena ini terlihat dalam Gambar 4. 5. dengan bertambahnya waktu pengadukan, luas permukaan kedelai menjadi semakin besar sehingga kelarutan kedelai (*solute*) di dalam air (*solvent*) semakin bertambah. Dengan begitu semakin berkurang pula %besi tak terk-ekstrak dalam ampas sari kedelai yang artinya semakin banyak zat besi yang terkandung di dalam sari kedelai.

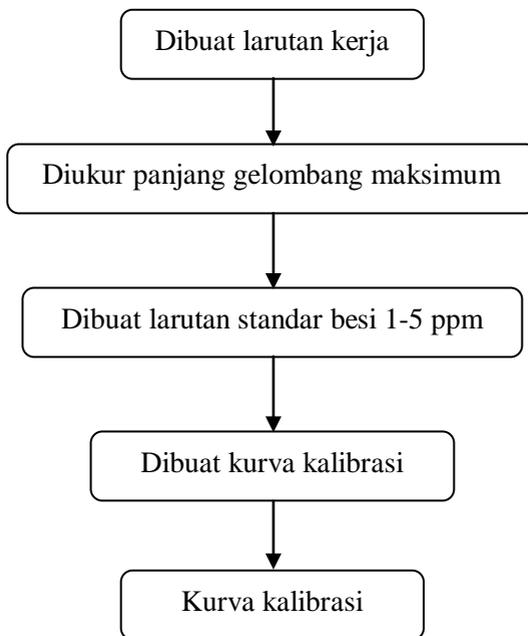
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

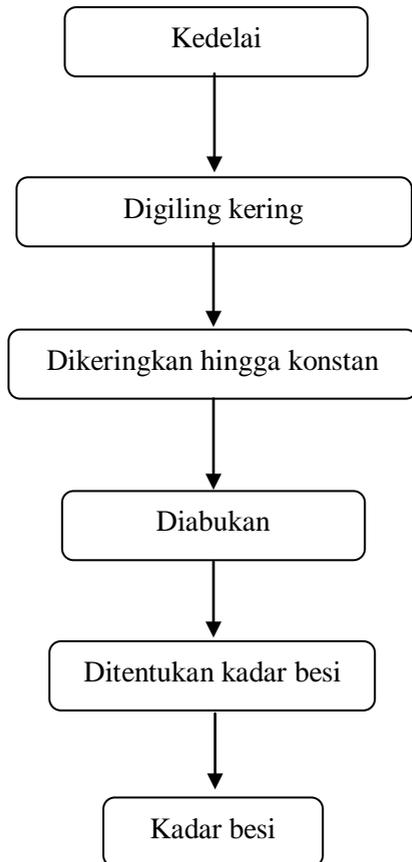
## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

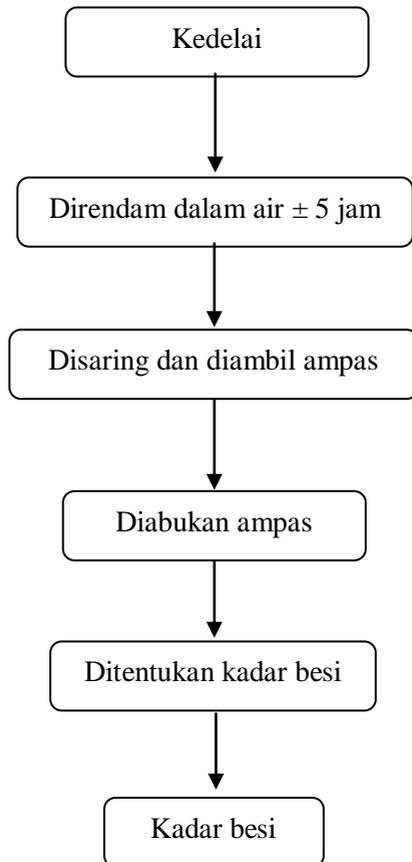
#### DIAGRAM SKEMATIK PENELITIAN

##### A. 1. Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi



**A. 2. Diagram Alir Penentuan Kadar Besi dalam Kedelai**

### A. 3. Diagram Alir Penentuan Kadar Besi dalam Ampas Sari Kedelai



## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN

#### B. 1. Pembuatan Larutan Standar Besi(III) 100 ppm

Larutan standar besi(III)-klorida dengan konsentrasi 100 ppm (setara dengan 100 mg/L) didapatkan dengan melarutkan padatan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 0,0483 gram dalam 100 mL aqua demineralisasi.

$$\text{ppm Fe} = \frac{\text{Ar Fe}}{\text{Mr FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} \times \text{ppm FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$100 \text{ mg/L} = \frac{56}{270,3} \times \text{ppm FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned} \text{ppm FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} &= 100 \text{ mg/L} \times 4,8215 \\ &= 482,15 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Jika dilarutkan dalam 100 mL aqua DM maka digunakan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak :

$$\text{ppm FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Volume aqua DM}}$$

$$\text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \text{ppm FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \times \text{Volume aqua DM}$$

$$\begin{aligned} \text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} &= 482,15 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ &= 48,215 \text{ mg} \approx 0,0483 \text{ gram.} \end{aligned}$$

## B. 2. Pembuatan Larutan Kerja $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 100 ppm

Larutan kerja natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) dengan konsentrasi 100 ppm (setara dengan 100 mg/L) didapatkan dengan melarutkan padatan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 0,0157 gram dalam 100 mL aqua DM.

$$ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{Mr \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{Mr \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \times ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$100 \text{ mg/L} = \frac{158}{248} \times ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned} ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= 100 \text{ mg/L} \times 1,5696 \\ &= 156,96 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Jika dilarutkan dalam 100 mL aqua DM maka digunakan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebanyak :

$$ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Volume aqua DM}}$$

$$\text{massa } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = ppm \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \times \text{Volume aqua DM}$$

$$\begin{aligned} \text{massa } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= 156,96 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ &= 15,696 \text{ mg} \approx 0,0157 \text{ gram.} \end{aligned}$$

### B. 3. Pembuatan Larutan Kerja EDTA 100 ppm

Larutan kerja EDTA dengan konsentrasi 100 ppm (setara dengan 100 mg/L) didapatkan dengan melarutkan padatan EDTA sebanyak 0,01 gram dalam 100 mL aqua DM.

$$ppm \text{ EDTA} = \frac{\text{massa EDTA}}{\text{Volume aqua DM}}$$

$$\text{massa EDTA} = ppm \text{ EDTA} \times \text{Volume aqua DM}$$

$$\begin{aligned} \text{massa EDTA} &= 100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ &= 10 \text{ mg} \approx 0,01 \text{ gram.} \end{aligned}$$

### B. 4. Pembuatan Larutan Kerja 1,10-fenantrolin 1000 ppm

Larutan kerja 1,10-fenantrolin (biasa disebut o-fenantrolin) dengan konsentrasi 1000 ppm (setara 1000 mg/L) didapatkan dengan melarutkan padatan 1,10-fenantrolin sebanyak 0,1 gram dalam 100 mL aquades.

$$ppm \text{ o-fenantrolin} = \frac{\text{massa o-fenantrolin}}{\text{Volume aqua DM}}$$

$$\text{massa o-fenantrolin} = ppm \text{ o-fenantrolin} \times \text{Volume aqua DM}$$

$$\begin{aligned} \text{massa o-fenantrolin} &= 1000 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \\ &= 100 \text{ mg} \approx 0,1 \text{ gram.} \end{aligned}$$

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

Larutan kerja buffer asetat dengan pH 4,5 didapatkan dengan melarutkan padatan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sebanyak 7,94 gram dalam asam asetat glasial dan aqua DM. Berikut perhitungannya :

- Molaritas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  p.a

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{\text{massa jenis } \text{CH}_3\text{COOH}}{\text{Mr } \text{CH}_3\text{COOH}}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{1049 \text{ gram /liter}}{60 \text{ gram /mol}}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 17,47 \text{ mol/liter}$$

$$= 17,47 \text{ M}$$

- Molaritas dalam 100 mL larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
Jika berada dalam 100 mL larutan, maka konsentrasi asam asetat menjadi :

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

$$17,47 \text{ M} \cdot 10 \text{ mL} = M_2 \cdot 100 \text{ mL}$$

$$M_2 = 1,75 \text{ M}$$

Dengan konsentrasi sebesar 1,75 M, banyaknya asam asetat dalam 100 mL larutan asetat sebesar :

$$n_{CH_3COOH} = M_{CH_3COOH} \cdot V_{Larutan}$$

$$n_{CH_3COOH} = 1,75 \text{ mol/liter} \cdot 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,175 \text{ mol}$$

- Buffer asetat pH 4,5  
Buffer asetat didapat dengan melarutkan garam natrium asetat anhidrat dengan asam asetat p.a dalam 100 mL aqua DM. Asam asetat glasial memiliki nilai konstanta  $K_a = 1,75 \times 10^{-5}$ . Persamaan untuk menghitung larutan buffer asetat dengan pH 4,5 adalah sebagai berikut :

$$[H^+] = K_a \times \left[ \frac{n_{CH_3COOH}}{n_{CH_3COONa}} \right]$$

$$[10^{-4,5}] = 1,75 \times 10^{-5} \times \left[ \frac{0,175 \text{ mol}}{n_{CH_3COONa}} \right]$$

$$n_{CH_3COONa} = \frac{1,75 \times 10^{-5} \times 0,175 \text{ mol}}{10^{-4,5}}$$

$$= 0,0968 \text{ mol}$$

Jadi massa natrium asetat anhidrat yang dibutuhkan sebanyak :

$$n_{CH_3COONa} = \frac{\text{massa } CH_3COONa}{Mr \text{ } CH_3COONa}$$

$$\text{massa } CH_3COONa = 0,0968 \text{ mol} \times 82,03 \text{ gram/mol}$$

$$= 7,94 \text{ gram}$$

## LAMPIRAN C

### TABEL HASIL PENGUKURAN PANJANG GELOMBANG MAKSIMUM

Pengukuran panjang gelombang maksimum senyawa besi(II)-fenantrolin dibuat dengan mengukur absorbansi larutan pada konsentrasi 5 ppm yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada rentang  $\lambda$  450-600 nm. Data hasil pengukuran panjang gelombang maksimum larutan kompleks besi(II)-fenantrolin dengan interval 10 nm ditunjukkan pada tabel C.1. berikut :

**Tabel C. 1.** Data absorbansi larutan besi(II)-fenantrolin dengan interval 10 nm

| Panjang Gelombang (nm) | Absorbansi |
|------------------------|------------|
| 450                    | 0,223      |
| 460                    | 0,244      |
| 470                    | 0,269      |
| 480                    | 0,284      |
| 490                    | 0,291      |
| 500                    | 0,302      |
| 510                    | 0,312      |
| 520                    | 0,295      |
| 530                    | 0,237      |
| 540                    | 0,158      |
| 550                    | 0,089      |
| 560                    | 0,044      |
| 570                    | 0,020      |
| 580                    | 0,006      |
| 590                    | -0,002     |
| 600                    | -0,006     |

Dari tabel C.1. terlihat bahwa panjang gelombang maksimum larutan kompleks besi(II)-fenantrolin terletak di daerah 500-520 nm. Maka dari itu dilakukan pengukuran kembali pada daerah tersebut dengan interval 1 nm. Data yang didapat disajikan dalam tabel C.2.

**Tabel C. 2.** Data absorbansi larutan besi(II)-fenantrolin dengan interval 1 nm pada  $\lambda$  500-520 nm.

| Panjang Gelombang (nm) | Absorbansi |
|------------------------|------------|
| 500                    | 0,302      |
| 501                    | 0,303      |
| 502                    | 0,305      |
| 503                    | 0,306      |
| 504                    | 0,308      |
| 505                    | 0,309      |
| 506                    | 0,310      |
| 507                    | 0,311      |
| 508                    | 0,311      |
| 509                    | 0,312      |
| 510                    | 0,312      |
| 511                    | 0,313      |
| 512                    | 0,312      |
| 513                    | 0,311      |
| 514                    | 0,310      |
| 515                    | 0,309      |
| 516                    | 0,307      |
| 517                    | 0,304      |
| 518                    | 0,301      |
| 519                    | 0,298      |
| 520                    | 0,295      |

Dari tabel C.2. terlihat bahwa absorbansi maksimum larutan kompleks besi(II)-fenantrolin sebesar 0,318 terletak di daerah 508-513 nm. Karena absorbansi maksimum terletak pada *range* panjang gelombang yang cukup panjang (508-513 nm), maka disimpulkan bahwa panjang gelombang maksimum larutan terletak pada median nilai panjang gelombangnya yaitu 511 nm.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN D

### ANALISIS REGRESI KURVA KALIBRASI

Kurva kalibrasi senyawa besi(II)-fenantrolin dibuat dengan mengukur absorbansi larutan pada konsentrasi 0; 1; 2; 3; 4; 5 ppm yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada  $\lambda$  511 nm. Data hasil pengukuran absorbansi larutan kompleks besi(II)-fenantrolin ditunjukkan pada tabel D.1. berikut :

**Tabel D. 1.** Data absorbansi larutan besi(II)-fenantrolin

| Konsentrasi (ppm) | Absorbansi |
|-------------------|------------|
| 0                 | 0          |
| 1                 | 0,055      |
| 2                 | 0,119      |
| 3                 | 0,172      |
| 4                 | 0,240      |
| 5                 | 0,311      |

**Tabel D. 2.** Analisis regresi larutan besi(II)-fenantrolin

| No       | X      | Y     | XY    | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|----------|--------|-------|-------|----------------|----------------|
| 1        | 0,000  | 0,000 | 0,000 | 0              | 0,000000       |
| 2        | 1,000  | 0,055 | 0,055 | 1              | 0,003025       |
| 3        | 2,000  | 0,119 | 0,238 | 4              | 0,014161       |
| 4        | 3,000  | 0,173 | 0,519 | 9              | 0,029929       |
| 5        | 4,000  | 0,240 | 0,960 | 16             | 0,057600       |
| 6        | 5,000  | 0,311 | 1,555 | 25             | 0,096721       |
| $\Sigma$ | 15,000 | 0,898 | 3,327 | 55             | 0,201436       |

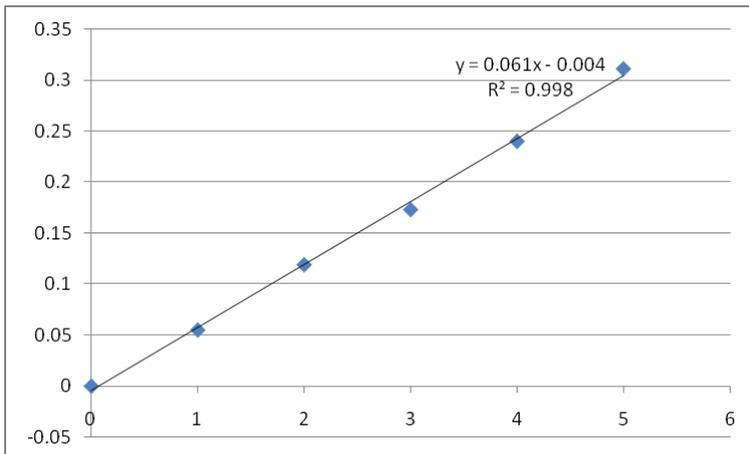
$$\bar{X} = 2,500$$

$$\bar{Y} = 0,149667$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(6 \times 3,327) - (15 \times 0,898)}{(6 \times 55) - 225} \\
 &= 0,06182 \approx 0,061 \\
 b &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(0,898 \times 55) - (15 \times 3,327)}{(6 \times 55) - 225} \\
 &= -0,00490 \approx -0,004
 \end{aligned}$$

$$y = ax + b$$

$$y = 0,061x - 0,004$$



**Gambar D.1.** Kurva kalibrasi larutan besi(II)-fenantrolin

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{n(\Sigma XY) - \{(\Sigma X)(\Sigma Y)\}}{\{[n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\{n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2\}\}^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{6(3,327) - \{(15)(0,898)\}}{\{[6(55) - (15)^2]\{6(0,201436) - (0,898)^2\}\}^{\frac{1}{2}}} \\
 &= 0,998978979 \approx 0,999
 \end{aligned}$$

Jadi diperoleh nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dari larutan senyawa kompleks besi(II)-fenantrolin yaitu 0,999. Sedangkan uji  $t$  terhadap kurva kalibrasi larutan standar dilakukan untuk mengetahui keberartian dari koefisien korelasi tersebut. Dengan nilai  $n = 6$ , maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{hitung}} &= \frac{|r| \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}} \\
 &= \frac{(0,999) \sqrt{6-2}}{\sqrt{1-(0,999)^2}} \\
 &= \frac{1,998}{0,04472136} = 44,677
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Derajat kebebasan (df)} &= n - 1 \\
 &= 6 - 1 = 5
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai  $t_{\text{hitung}}$  adalah 44,677. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai  $t_{\text{tabel}}$  (Tabel D. 3.). Dengan selang kepercayaan 95% dan derajat kebebasan 4, maka nilai kritik sebaran  $t$  adalah sebesar 2,57. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$ , maka hipotesis  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang linear antara

konsentrasi larutan senyawa kompleks besi(II)-fenantrolin (sumbu- $x$ ) dengan absorbansi (sumbu- $y$ ).

Dimana :

$H_0$  : Tidak korelasi antara konsentrasi (sumbu- $x$ ) dengan absorbansinya (sumbu- $y$ ).

$H_1$  : Ada korelasi antara konsentrasi (sumbu- $x$ ) dengan absorbansinya (sumbu- $y$ ).

**Tabel D. 3.** Tabel Uji t

| Nilai t untuk selang kepercayaan | 90 % | 95 % | 98 % | 99 %  |
|----------------------------------|------|------|------|-------|
| Nilai kritis $ t $ pada harga P  | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,01  |
| Jumlah derajat kebebasan         |      |      |      |       |
| 1                                | 6,31 | 1,17 | 3,86 | 63,66 |
| 2                                | 2,92 | 4,30 | 6,96 | 9,92  |
| 3                                | 2,35 | 3,18 | 4,54 | 5,84  |
| 4                                | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60  |
| 5                                | 2,02 | 2,57 | 3,36 | 4,03  |
| 6                                | 1,94 | 2,45 | 3,14 | 3,71  |
| 7                                | 1,89 | 2,36 | 3,00 | 3,50  |
| 8                                | 1,86 | 2,31 | 2,90 | 3,36  |
| 9                                | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25  |
| 10                               | 1,81 | 2,23 | 2,76 | 3,17  |
| 12                               | 1,78 | 2,18 | 2,68 | 3,05  |
| 14                               | 1,76 | 2,14 | 2,62 | 2,98  |
| 16                               | 1,75 | 2,12 | 2,58 | 2,92  |
| 18                               | 1,73 | 2,10 | 2,55 | 2,88  |
| 20                               | 1,72 | 2,09 | 2,53 | 2,85  |
| 30                               | 1,70 | 2,04 | 2,46 | 2,75  |
| 50                               | 1,68 | 2,01 | 2,40 | 2,68  |
| $\infty$                         | 1,64 | 1,94 | 2,33 | 2,58  |

## LAMPIRAN E

### PERHITUNGAN KADAR TOTAL BESI DALAM KEDELAI

Berdasarkan hasil analisis spektrofotometer UV-Vis, dilakukan perhitungan kadar besi dalam kedelai dan ampas kedelai seperti berikut :

Untuk perhitungan dalam kedelai, kedelai digiling kering hingga halus. Kemudian dipindahkan 58,86 gram kedelai giling ke dalam cawan porselen dan dikeringkan dalam oven 100°C hingga beratnya konstan. Berat konstan yang didapat 55,30 gram. Kedelai ini kemudian di furnace hingga menjadi abu. Abu yang didapat dilarutkan dalam 50 mL aqua DM + 5 mL HCl sambil dipanaskan selama 60 menit. Filtrat disaring kemudian diukur absorbansinya.

Untuk perhitungan dalam ampas kedelai, kedelai dicuci bersih tanpa dikupas kulitnya kemudian direndam selama 6 jam. Kedelai digiling basah selama 15 detik, 30 detik, 45 detik, dan 60 detik. ampas yang didapat dikeringkan dalam oven hingga kering. Ampas kedelai dipindahkan ke cawan porselen dan diabukan. Abu yang didapat dilarutkan dalam 30 mL aqua DM + 2 mL HCl sambil dipanaskan selama 30 menit. Filtrat disaring kemudian diukur absorbansinya.

Semua data yang didapat dapat dilihat dalam tabel E.1. Dari data ini dilakukan perhitungan konsentrasi besi dalam masing-masing sampel sebagai berikut :

**Tabel E.1.** Data Hasil Pengamatan Sampel Kedelai dan Ampas Kedelai

| Nama | Variasi Waktu Penggilingan (s) | Massa Setelah Penggilingan Basah (g) | Massa Sebelum Furnace (g) | Massa Sesudah Furnace (g) | Volume Setelah Pemanasan (mL) | Absorbansi | Absorbansi Rata-Rata |
|------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------|----------------------|
| GM 1 | 0                              | -                                    | 55,30                     | 4,38                      | 44                            | 0,156      | 0,158                |
|      |                                |                                      |                           |                           |                               | 0,160      |                      |
| GM 2 | 15                             | 69,55                                | 29,97                     | 1,31                      | 25                            | 0,226      | 0,224                |
|      |                                |                                      |                           |                           |                               | 0,222      |                      |
| GM 3 | 30                             | 65,22                                | 26,64                     | 1,17                      | 20                            | 0,224      | 0,224                |
|      |                                |                                      |                           |                           |                               | 0,225      |                      |
| GM 4 | 45                             | 73,21                                | 31,44                     | 1,34                      | 22                            | 0,168      | 0,169                |
|      |                                |                                      |                           |                           |                               | 0,171      |                      |
| GM 5 | 60                             | 65,15                                | 26,27                     | 2,18                      | 22                            | 0,148      | 0,146                |
|      |                                |                                      |                           |                           |                               | 0,145      |                      |

### E. 1. Perhitungan Kadar Besi GM 1

Kadar besi dalam sampel kacang kedelai GM 1 memiliki absorbansi rata-rata sebesar 0,158. Jika :

$$y = 0,061x - 0,004$$

dengan  $y$  adalah absorbansi kedelai dan  $x$  adalah konsentrasi kompleks besi(II)-fenantrolin, maka :

$$x = \frac{y + 0,004}{0,061}$$

$$x = \frac{0,158 + 0,004}{0,061}$$

$$x = 2,67 \text{ ppm}$$

Konsentrasi ini didapat setelah 0,3 mL filtrat diambil dan diencerkan hingga 10 mL lalu diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dalam persamaan reaksinya, 1 mol besi akan menghasilkan 1 mol besi(II)-fenantrolin sehingga konsentrasi total besi dalam filtrat:

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

$$M_1 \cdot 0,3 \text{ mL} = 2,67 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$M_1 = 89 \text{ ppm}$$

Sebanyak 4,38 gram abu dilarutkan dalam 50 mL aqua DM + 5 mL HCl sambil dipanaskan selama 60 menit. Setelah 60 menit volume filtrat menjadi 42 mL. Dalam keadaan ideal, hal ini berarti sebanyak 4,38 gram abu yang mengandung besi dilarutkan hingga 42 mL. Konsentrasi total besi dalam filtrat sebesar 89 ppm

setara dengan 89 mg/L. Jika volume filtrat adalah 44 mL, maka massa besi yang terkandung dalam 4,38 gram abu sebesar :

$$ppm \text{ total filtrat} = \frac{\text{Massa Fe dalam abu}}{\text{Volume filtrat}}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 89 \text{ mg/L} \times 44 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 3,916 \text{ mg.}$$

Abu sebanyak 4,38 gram didapat setelah mengabukan 55,3 gram kedelai sehingga dapat dikatakan bahwa massa Fe dalam abu sama dengan massa Fe dalam 55,3 gram kedelai. Massa 55,3 gram kedelai didapat setelah mengeringkan 58,86 gram kedelai dalam oven 100°C selama 2 jam. Dalam 100 gram kedelai, massa besi yang dikandung sebanyak :

$$\text{massa Fe dalam 100 g} = \frac{\text{Massa kedelai dalam 100 g}}{\text{massa kedelai dalam 55,3 g}} \times 3,916 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam 100 g} = \frac{100 \text{ g}}{55,3 \text{ g}} \times 3,916 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam 100 g} = 7,082 \text{ mg.}$$

Jadi kadar total besi dalam 100 gram kedelai sebesar 7,082 mg.

## E. 2. Perhitungan Kadar Besi GM 2

Kadar besi dalam sampel ampas kacang kedelai GM 2 memiliki absorbansi rata-rata sebesar 0,224. Jika :

$$y = 0,061x - 0,004$$

dengan  $y$  adalah absorbansi kedelai dan  $x$  adalah konsentrasi kompleks besi(II)-fenantrolin, maka :

$$x = \frac{y + 0,004}{0,061}$$

$$x = \frac{0,224 + 0,004}{0,061}$$

$$x = 3,75 \text{ ppm}$$

Konsentrasi ini didapat setelah 0,3 mL filtrat diambil dan diencerkan hingga 10 mL lalu diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dalam persamaan reaksinya, 1 mol besi akan menghasilkan 1 mol besi(II)-fenantrolin sehingga konsentrasi total besi dalam filtrat:

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

$$M_1 \cdot 0,3 \text{ mL} = 3,75 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$M_1 = 125 \text{ ppm}$$

Sebanyak 1,31 gram abu dilarutkan dalam 30 mL aqua DM + 2 mL HCl sambil dipanaskan selama 30 menit. Setelah 60 menit volume filtrat menjadi 25 mL. Dalam keadaan ideal, hal ini berarti sebanyak 1,31 gram abu yang mengandung besi dilarutkan hingga 25 mL. Konsentrasi total besi dalam filtrat sebesar 125 ppm setara dengan 125 mg/L. Jika volume filtrat adalah 25 mL, maka massa besi yang terkandung dalam 1,31 gram abu sebesar :

$$\text{ppm total filtrat} = \frac{\text{Massa Fe dalam abu}}{\text{Volume filtrat}}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 125 \text{ mg/L} \times 25 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 3,125 \text{ mg.}$$

Abu sebanyak 1,31 gram didapat setelah mengabukan 29,97 gram ampas kedelai sehingga dapat dikatakan bahwa massa Fe dalam abu sama dengan massa Fe dalam 29,97 gram ampas kedelai. Ampas kedelai yang dihasilkan dari penggilingan 100 gram kedelai adalah 69,55 gram, namun yang dimasukkan ke cawan porselen hanya 29,97 gram sehingga massa besi dalam ampas kedelai total sebesar :

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{\text{Massa kedelai dalam } 69,55 \text{ g}}{\text{massa kedelai dalam } 29,97 \text{ g}} \times 3,125 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{69,55 \text{ g}}{29,97 \text{ g}} \times 3,125 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = 6,835 \text{ mg.}$$

### E. 3. Perhitungan Kadar Besi GM 3

Kadar besi dalam sampel ampas kacang kedelai GM 3 memiliki absorbansi rata-rata sebesar 0,224. Jika :

$$y = 0,061x - 0,004$$

dengan  $y$  adalah absorbansi kedelai dan  $x$  adalah konsentrasi kompleks besi(II)-fenantrolin, maka :

$$x = \frac{y + 0,004}{0,061}$$

$$x = \frac{0,224 + 0,004}{0,061}$$

$$x = 3,75 \text{ ppm}$$

Konsentrasi ini didapat setelah 0,3 mL filtrat diambil dan diencerkan hingga 10 mL lalu diukur absorbansi menggunakan

spektrofotometer UV-Vis. Dalam persamaan reaksinya, 1 mol besi akan menghasilkan 1 mol besi(II)-fenantrolin sehingga konsentrasi total besi dalam filtrat:

$$\begin{aligned} M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ M_1 \cdot 0,3 \text{ mL} &= 3,75 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ mL} \\ M_1 &= 125 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sebanyak 1,17 gram abu dilarutkan dalam 30 mL aqua DM + 2 mL HCl sambil dipanaskan selama 30 menit. Setelah 60 menit volume filtrat menjadi 20 mL. Dalam keadaan ideal, hal ini berarti sebanyak 1,17 gram abu yang mengandung besi dilarutkan hingga 20 mL. Konsentrasi total besi dalam filtrat sebesar 125 ppm setara dengan 125 mg/L. Jika volume filtrat adalah 20 mL, maka massa besi yang terkandung dalam 1,17 gram abu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{ppm total filtrat} &= \frac{\text{Massa Fe dalam abu}}{\text{Volume filtrat}} \\ \text{massa Fe dalam abu} &= 125 \text{ mg/L} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} \\ \text{massa Fe dalam abu} &= 2,500 \text{ mg.} \end{aligned}$$

Abu sebanyak 1,17 gram didapat setelah mengabukan 26,64 gram ampas kedelai sehingga dapat dikatakan bahwa massa Fe dalam abu sama dengan massa Fe dalam 26,64 gram ampas kedelai. Ampas kedelai yang dihasilkan dari penggilingan 100 gram kedelai adalah 65,22 gram, namun yang dimasukkan ke cawan porselen hanya 26,64 gram sehingga massa besi dalam ampas kedelai total sebesar :

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{\text{Massa kedelai dalam } 65,22 \text{ g}}{\text{massa kedelai dalam } 26,64 \text{ g}} \times 2,500 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{65,22 \text{ g}}{26,64 \text{ g}} \times 2,500 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = 6,120 \text{ mg.}$$

#### E. 4. Perhitungan Kadar Besi GM 4

Kadar besi dalam sampel ampas kacang kedelai GM 4 memiliki absorbansi rata-rata sebesar 0,169. Jika :

$$y = 0,061x - 0,004$$

dengan  $y$  adalah absorbansi kedelai dan  $x$  adalah konsentrasi kompleks besi(II)-fenantrolin, maka :

$$x = \frac{y + 0,004}{0,061}$$

$$x = \frac{0,169 + 0,004}{0,061}$$

$$x = 2,85 \text{ ppm}$$

Konsentrasi ini didapat setelah 0,3 mL filtrat diambil dan diencerkan hingga 10 mL lalu diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dalam persamaan reaksinya, 1 mol besi akan menghasilkan 1 mol besi(II)-fenantrolin sehingga konsentrasi total besi dalam filtrat:

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

$$M_1 \cdot 0,3 \text{ mL} = 2,85 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$M_1 = 95 \text{ ppm}$$

Sebanyak 1,34 gram abu dilarutkan dalam 30 mL aqua DM + 2 mL HCl sambil dipanaskan selama 30 menit. Setelah 60 menit volume filtrat menjadi 22 mL. Dalam keadaan ideal, hal ini berarti sebanyak 1,34 gram abu yang mengandung besi dilarutkan hingga 22 mL. Konsentrasi total besi dalam filtrat sebesar 95 ppm setara dengan 95 mg/L. Jika volume filtrat adalah 22 mL, maka massa besi yang terkandung dalam 1,34 gram abu sebesar :

$$ppm \text{ total filtrat} = \frac{\text{Massa Fe dalam abu}}{\text{Volume filtrat}}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 95 \text{ mg/L} \times 22 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 2,090 \text{ mg.}$$

Abu sebanyak 1,34 gram didapat setelah mengabukan 31,44 gram ampas kedelai sehingga dapat dikatakan bahwa massa Fe dalam abu sama dengan massa Fe dalam 31,44 gram ampas kedelai. Ampas kedelai yang dihasilkan dari penggilingan 100 gram kedelai adalah 73,21 gram, namun yang dimasukkan ke cawan porselen hanya 31,44 gram sehingga massa besi dalam ampas kedelai total sebesar :

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{\text{Massa kedelai dalam } 73,21 \text{ g}}{\text{massa kedelai dalam } 31,44 \text{ g}} \times 2,090 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{73,21 \text{ g}}{31,44 \text{ g}} \times 2,090 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = 4,867 \text{ mg.}$$

### E. 5. Perhitungan Kadar Besi GM 5

Kadar besi dalam sampel ampas kacang kedelai GM 5 memiliki absorbansi rata-rata sebesar 0,146. Jika :

$$y = 0,061x - 0,004$$

dengan  $y$  adalah absorbansi kedelai dan  $x$  adalah konsentrasi kompleks besi(II)-fenantrolin, maka :

$$\begin{aligned} x &= \frac{y + 0,004}{0,061} \\ x &= \frac{0,146 + 0,004}{0,061} \\ x &= 2,48 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Konsentrasi ini didapat setelah 0,3 mL filtrat diambil dan diencerkan hingga 10 mL lalu diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dalam persamaan reaksinya, 1 mol besi akan menghasilkan 1 mol besi(II)-fenantrolin sehingga konsentrasi total besi dalam filtrat:

$$\begin{aligned} M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ M_1 \cdot 0,3 \text{ mL} &= 2,48 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ mL} \\ M_1 &= 82,67 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sebanyak 2,18 gram abu dilarutkan dalam 30 mL aqua DM + 2 mL HCl sambil dipanaskan selama 30 menit. Setelah 60 menit volume filtrat menjadi 22 mL. Dalam keadaan ideal, hal ini berarti sebanyak 2,18 gram abu yang mengandung besi dilarutkan hingga 22 mL. Konsentrasi total besi dalam filtrat sebesar 82,67

ppm setara dengan 82,67 mg/L. Jika volume filtrat adalah 22 mL, maka massa besi yang terkandung dalam 2,18 gram abu sebesar :

$$\text{ppm total filtrat} = \frac{\text{Massa Fe dalam abu}}{\text{Volume filtrat}}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 82,67 \text{ mg/L} \times 22 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{massa Fe dalam abu} = 1,819 \text{ mg.}$$

Abu sebanyak 2,18 gram didapat setelah mengabukan 26,27 gram ampas kedelai sehingga dapat dikatakan bahwa massa Fe dalam abu sama dengan massa Fe dalam 26,27 gram ampas kedelai. Ampas kedelai yang dihasilkan dari penggilingan 100 gram kedelai adalah 65,15 gram, namun yang dimasukkan ke cawan porselen hanya 26,67 gram sehingga massa besi dalam ampas kedelai total sebesar :

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{\text{Massa kedelai dalam } 65,15 \text{ g}}{\text{massa kedelai dalam } 26,67 \text{ g}} \times 1,819 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = \frac{65,15 \text{ g}}{26,67 \text{ g}} \times 1,819 \text{ mg}$$

$$\text{massa Fe dalam ampas} = 4,444 \text{ mg.}$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kadar besi per 100 gram kedelai sebesar 7,082 mg (GM 1), 6,832 mg (GM 2), 6,120 mg (GM 3), 4,867 mg (GM 4), dan 4,444 mg (GM 5). Kesimpulan yang didapat yaitu lama waktu penggilingan berbanding terbalik dengan kadar zat besi dalam ampas sari kedelai sehingga semakin lama digiling maka zat besi dalam ampas sari kedelai semakin sedikit, dengan demikian zat besi dalam susu kedelai semakin banyak.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan nilai gizi lain (protein) sebagai parameter sehingga dapat memperkuat penelitian ini.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya sebagai anak pertama pada tanggal 02 Agustus 1992. Penulis adalah alumnus TK Al-Falah Surabaya, SD Negeri Kidul Dalem 3&5 Bangil, SMP Negeri 1 Bangil, dan SMA Negeri 1 Bangil. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur PMDK pada tahun 2010. Selama menempuh pendidikan di ITS penulis aktif dalam organisasi dan kegiatan tingkat jurusan maupun institut. Penulis pernah menjabat sebagai staff Divisi Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Kimia 2011/2012. Selain menjabat sebagai staff Divisi Minat Bakat pada periode 2011/2012, penulis juga aktif sebagai salah satu pemain basket tim CARBON di bawah naungan Divisi Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Kimia ITS selama 2010-2012. Penulis juga sempat menjadi anggota aktif UKM Bridge ITS periode 2010-2011 serta UKM Catur ITS selama 2010-2012. Penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia FMIPA ITS dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Analitik dengan judul “Pengaruh Waktu Penggilingan terhadap Kadar Besi dalam Ampas Sari Kedelai Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis” dengan dosen pembimbing Drs. R. Djarot Sugiarto K. S., MS ([djarot@chem.its.ac.id](mailto:djarot@chem.its.ac.id)). Penulis menerima pertanyaan, kritik, saran dan diskusi melalui email [ferryriyanto@rocketmail.com](mailto:ferryriyanto@rocketmail.com) atau [ferry.riyanto10@mhs.chem.its.ac.id](mailto:ferry.riyanto10@mhs.chem.its.ac.id).