



**Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada  
Sayuran Selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan Stimulasi  
Emulsi Besi Oksida yang Ditumbuhkan Menggunakan  
Sistem Hidroponik *Deep Water Culture***

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika

oleh

Saptaria Rosa Amalia

4211412068

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “**Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada Sayuran Selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida yang Ditumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Water Culture***” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Hari : Kamis

Tanggal : 11 Februari 2016

Semarang, 11 Februari 2016

Pembimbing I



Dr. Agus Yulianto, M.Si.  
NIP. 196607051990031002

Pembimbing II



Dr. Sulhadi, M.Si.  
NIP. 197108161998021001

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.



Semarang, 11 Februari 2016

aptaria Rosa Amalia

4211412068

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada Sayuran Selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida yang Ditumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Water Culture*

disusun oleh

Saptaria Rosa Amalia

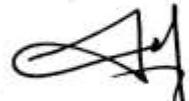
4211412068

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 11 Februari 2016.

Panitia:



Sekretaris



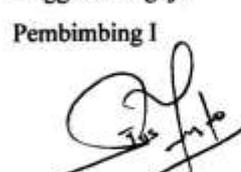
Dr. Suharto Limuwih, M.Si  
196807141996031005

Ketua Penguji



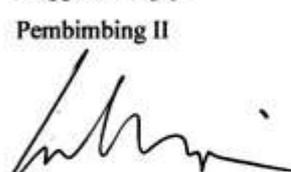
Dr. Khumaedi, M.Si  
196306101989011002

Anggota Penguji/  
Pembimbing I



Dr. Agus Yulianto, M.Si.  
196607051990031002

Anggota Penguji/  
Pembimbing II



Dr. Sulhadi, M.Si.  
197108161998021001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- ✚ “Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum, apabila kaum itu tidak merubah nasibnya sendiri.” (Q.S. Ar ra’d, 11)
- ✚ "Ilmu tidak dapat diraih dengan mengistirahatkan badan (bermalas-malasan)." (HR Muslim)

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Alm. Bapak Suhali Amin dan Ibu Kumini, terima kasih atas cinta, kasih sayang, limpahan do’a dan pengorbanannya yang tiada henti;
2. Riky Ardiyanto, S.Pd., terima kasih atas semua do’a, cinta, dan motivasi yang selalu mengiringi langkahku;
3. Rekan seperjuangan *Material Crew’s* (Yani, Fandi, Margi, Sobirin, Rofi, Nita, Pradita, Nisa, Farida, Mahmudah, Susanto, Reza) terima kasih atas semangat dan bantuannya;
4. Sahabat-sahabatku Kartika, Rika, dan sahabat kos wisma citra 3 terima kasih atas persahabatan, kebersamaan, dan do’anya;
5. Pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika 2014 yang telah menyemangati penulis;
6. Teman-teman Jurusan Fisika 2012, PKL Nano Center Indonesia, KKN Cepoko terimakasih atas kebersamaan yang kalian berikan dan menghibur ketika penulis merasakan kejenuhan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang berjudul “Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada Sayuran Selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida yang Ditumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik *Deep Water Culture*”.

Saya menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., rektor Universitas Negeri Semarang;
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si,Akt., dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang;
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang;
4. Dr. Agus Yulianto, M.Si., dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi, nasehat yang luar biasa dalam penyusunan skripsi ini serta memberikan fasilitas tempat penelitian kepada penulis;
5. Dr. Sulhadi, M.Si., dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, dan tambahan ilmu pengetahuan kepada penulis;

6. Dr. Ngurah Made Darma Putra, M.Si., selaku dosen wali dan seluruh dosen Jurusan Fisika UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menempuh studi;
7. Budi Astuti, S.Pd, M.Sc., yang telah membantu memberikan penilaian, kritik, dan saran terhadap penelitian ini;
8. Sahabat-sahabat seperjuangan keluarga besar mahasiswa Jurusan Fisika 2012. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna.

Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya, lembaga, masyarakat dan pembaca pada umumnya.

Semarang, 11 Februari 2016

Penulis

## ABSTRAK

Amalia, Saptaria Rosa. 2016. *Deteksi Magnetik Kandungan Logam Besi Pada Sayuran Selada (Lactuca Sativa L.) dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida yang Ditumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik Deep Water Culture*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing: Dr. Agus Yulianto, M.Si., Dr. Sulhadi, M.Si.

Kata Kunci: Selada, Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ ), Spektrofotometer UV, zat besi, stimulasi emulsi besi oksida.

Zat besi merupakan salah satu nutrisi penting dalam tubuh manusia. Zat besi diperlukan dalam proses pembentukan sel darah merah. Kebutuhan zat besi per hari diperoleh dari mengkonsumsi sayuran hijau yang kaya akan kandungan zat besi. Namun, tidak semua jenis sayuran hijau mengandung zat besi yang tinggi. Pada penelitian ini memanfaatkan pasir besi untuk distimulasi kedalam sayuran dimaksudkan untuk memperoleh produk sayuran dengan zat besi yang tinggi. Sampel yang digunakan yaitu selada. Stimulasi yang ditambahkan dibuat dengan memanfaatkan pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) disintesis menghasilkan FeCl dengan menggunakan HCl. Larutan FeCl tersebut distimulasi pada media tanam hidroponik *Deep Water Culture*. Akar tanaman yang terendam dalam air akan menyerap FeCl. Produk sayuran dikarakterisasi menggunakan metode magnetik *Suceptibilitymeter Barington MS2B* dan metode kimia Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu. Deteksi magnetik sampel menggunakan *Suceptibilitymeter Barington MS2B* menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik setiap sampel fluktuasi, yaitu sebesar 0 sampai dengan  $1.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Sampel dikategorikan bersifat diamagnetik dan ferromagnetik. Data banyaknya kandungan logam besi yang diukur menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu menunjukkan peningkatan. Peningkatan nilai Fe mulai dari 1.87 mg/100g hingga 3.76 mg/100g. Hal ini mengindikasikan bahwa unsur mikro besi (Fe) berhasil diserap oleh sampel dalam bentuk feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ataupun fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Stimulasi emulsi besi oksida yang ditambahkan pada media tanam hidroponik *Deep Water Culture* efektif meningkatkan kandungan zat besi pada sayuran.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

### BAB

1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	4
1.3 Batasan Permasalahan .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Bahan-Bahan Magnetik .....	7
2.1.1 Diamagnetik .....	7
2.1.2 Paramagnetik .....	9
2.1.3 Ferromagnetik .....	10
2.2 Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ ).....	10

2.3	Besi (Fe) .....	12
2.4	Keberadaan Besi Dalam Air .....	14
2.5	Pasir Besi .....	15
2.6	Zat Besi .....	17
	2.6.1 Zat Besi Dalam Tubuh .....	17
	2.6.2 Zat Besi Pada Tanaman .....	19
	2.6.3 Sumber Zat Besi .....	20
2.7	Tanaman Selada ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	21
2.8	Mineral Magnetik Dalam Tanaman .....	24
2.9	Mineral Hara .....	26
2.10	Sistem Hidroponik .....	27
	2.10.1 Macam-macam sistem tanaman Hidroponik .....	28
	2.10.1.1 Sistem <i>Wick</i> .....	28
	2.10.1.2 Sistem <i>Aerophonic</i> .....	29
	2.10.1.3 Sistem hidroponik <i>drip</i> .....	30
	2.10.1.4 Sistem EBB & Flow .....	31
	2.10.1.5 Sistem NFT ( <i>Nutrient Film Technique</i> ) .....	31
	2.10.1.6 Sistem <i>Deep Water Culture</i> .....	33
3.	METODE PENELITIAN .....	36
3.1	Tempat Penelitian .....	36
3.2	Alat dan Bahan .....	36
	3.2.1 Alat .....	36
	3.2.2 Bahan .....	37
3.3	Prosedur Penelitian .....	37
	3.3.1 Penyemaian Bibit .....	37
	3.3.2 Sintesis Besi Oksida dengan Metode Pelarutan Pasir Besi Dalam Asam Klorida (HCl) .....	38
	3.3.3 Membuat Media Hidroponik .....	39
	3.3.4 Pengambilan Sampel .....	41
	3.3.5 Karakterisasi Sampel .....	42
	3.3.5.1 Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ ) .....	42
	3.3.5.2 Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu .....	42

4.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1	Deskripsi Penelitian .....	45
4.2	Karakterisasi hasil Penelitian.....	46
4.2.1	Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu .....	46
4.2.2	Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ ) .....	49
4.3	Pembahasan Hasil Penelitian .....	50
5.	PENUTUP .....	55
5.1	Kesimpulan .....	55
5.2	Saran .....	55
	DAFTAR PUSTAKA .....	56
	LAMPIRAN.....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Contoh beberapa bahan diamagnetik .....	8
2.2 Contoh beberapa bahan paramagnetik .....	9
2.3 Sebaran zat besi dalam tubuh manusia .....	18
2.4 Angka kecupan zat besi manusia pada berbagai golongan umur.....	18
2.5 Sumber zat besi pada makanan per 100g .....	21
2.6 Kandungan zat besi dalam 100g selada .....	23
2.7 Lama perawatan bibit di polibag pada berbagai sayuran .....	24
2.8 Bentuk mineral dan suseptibilitas magnetiknya .....	25
2.9 Kandungan unsur hara makro dan unsur hara mikro pada tanah .....	26
2.10 Rata-rata jumlah hara makro tersedia dalam tanah .....	27
4.1 Hasil pengukuran suseptibilitas pada sampel yang telah distimulasi besi oksida .....	49
4.2 Perbandingan kandungan logam besi dengan nilai suseptibilitas magnetik pada tanaman selada .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kurva magnetisasi bahan magnetik (a) Diamagnetik (b) Paramagnetik (c) Ferromagnetik.....	12
2.2 Skema bentuk besi dalam air.....	15
2.3 Produk sayuran hasil penelitian pada minggu ke-4.....	23
2.4 Hidroponik sistem <i>wick</i> .....	29
2.5 Hidroponik sistem <i>aerophonic</i> .....	29
2.6 Hidroponik sistem <i>drip</i> .....	30
2.7 Hidroponik sistem EBB & Flow .....	31
2.8 Hidroponik sistem NFT ( <i>Nutrient Film Technique</i> ) .....	32
2.9 Hidroponik sistem <i>Deep Water Culture</i> .....	33
3.1 Penyemaian bibit selada pada media tanah .....	38
3.2 Hasil sintesis besi oksida dengan HCl .....	39
3.3 Akar tanaman selada yang terendam dalam air menggunakan sistem hidroponik <i>Deep Water Culture</i> .....	40
3.4 Sistem hidroponik <i>Deep Water Culture</i> .....	40
3.5 Pengambilan sampel yang telah distimulasi besi oksida .....	41
3.6 Sampel yang sudah dikeringkan dan siap dikarakterisasi .....	42
3.7 Skema alur penelitian sayuran selada yang distimulasi emulsi besi oksida dan ditumbuhkan menggunakan sistem hidroponik <i>Deep Water Culture</i> .....	44
4.1 Grafik hubungan antara waktu tumbuh (t) dengan banyaknya kandungan logam besi (mg/100g) pada penanaman sampel pertama	47
4.2 Grafik hubungan antara waktu tumbuh (t) dengan banyaknya kandungan logam besi (mg/100g) pada penanaman sampel kedua .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Data Perbandingan Nilai Suseptibilitas Magnetik dengan Kadar Fe Yang Terkandung dalam Tanaman Sayuran .....	59
2 Data Pengukuran Suseptibilitas Magnetik Sampel Tanaman Kangkung Dari Area Yang Tercemar di Semarang .....	60
3 Hasil Uji Kandungan Unsur Fe Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu .....	61
4 Hasil Uji Kandungan Unsur Fe Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu .....	62
5 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian .....	63
6 Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing .....	67
7 Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana .....	68

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pasir besi merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Salah satu kajian yang menarik dari pasir besi adalah struktur kristal dan sifat kemagnetannya. Menurut Solihah (2010) pasir besi mempunyai komposisi utama besi oksida yaitu magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) serta senyawa-senyawa lain yang kandungannya lebih rendah.

Berbagai penelitian tentang pasir besi telah dikembangkan di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Diawali oleh Prihatin (2004) pembuatan serbuk barium ferrite ( $\text{BaO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dengan bahan dasar pasir besi pantai Bayuran Jepara Jawa Tengah dan karakterisasi sifat magnetik. Rahman (2012) sintesis pewarna magnetik berbahan dasar besi oksida. Perkembangan pasir besi yang terus dikembangkan sampai sekarang yaitu stimulasi pasir pada berbagai tanaman sayuran yang diharapkan akan memberikan kandungan zat besi yang tinggi.

Zat besi merupakan salah satu nutrisi penting untuk tubuh manusia karena zat besi diperlukan dalam proses pembentukan sel darah merah. Sel darah merah mengandung senyawa kimia bernama hemoglobin yang berfungsi membawa oksigen dari paru-paru dan mengantarkannya ke seluruh bagian tubuh (Kartamihardja, 2008). Kekurangan zat besi atau biasa yang disebut dengan anemia dipengaruhi oleh jenis sumber zat besi yang diserap oleh tubuh.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dan menanggulangi kekurangan zat besi pada tubuh yaitu dengan cara mengkonsumsi makanan yang banyak mengandung zat besi. Dilihat dari segi harga lebih terjangkau harga sayuran daripada harga makanan hewani. Oleh karena itu sebagian masyarakat lebih memilih mengkonsumsi sayuran hijau untuk memenuhi kebutuhan zat besi pada tubuh mereka (Cahyono, 2010).

Sayuran selada yang nantinya akan digunakan sebagai sampel memiliki berbagai kandungan gizi, seperti serat, vitamin A, dan zat besi. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk serta kesadaran masyarakat terhadap kesehatan maka permintaan konsumen terhadap selada semakin meningkat (Mas'ud, 2009). Menurut data U.S. Departemen of Agriculture (2010) kandungan zat besi dalam 100 g selada sekitar 0,86 mg. Kandungan zat besi tersebut diduga masih dapat ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia terhadap zat besi setiap harinya.

Tanaman mengambil zat besi dalam bentuk ion ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) atau ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Bentuk lain yang juga diserap oleh tanaman adalah  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$  dan Fe-khelat. Fe umumnya menyusun 0,01% tanaman dengan kisaran dalam daun adalah 10 – 100 ppm (Purbayanti *et al.*, 1991).

Zat besi pada sayuran seperti selada dapat dikaji secara fisika. Sebab unsur-unsur logam Nikel (Nikel), logam kobalt (Co), dan logam besi (Fe) memiliki sifat magnetik yang lebih unggul dibandingkan dengan unsur-unsur yang lainnya. Dengan hal ini maka zat besi pada sayuran dapat dideteksi sifat magnetiknya dengan melalui pengukuran suseptibilitas magnetik. Sayuran yang banyak mengandung zat besi akan mempunyai nilai suseptibilitas magnetik yang lebih

tinggi. Jumlah unsur logam besi yang terdapat di sayuran selada dapat di ketahui dengan uji menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu.

Berbagai penelitian telah banyak mengkaji tentang kandungan zat besi pada sayuran dengan metode yang berbeda. Pengukuran kadar zat besi yang dilakukan oleh Aji & Yulianto (2005) dengan mengambil sampel kangkung yang tumbuh di beberapa wilayah di Semarang. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kandungan zat besi dalam sampel tanaman kangkung tersebut.

Kuncoro (2009) melakukan investigasi kandungan logam besi pada tanaman kangkung dengan metode magnetik. Sampel tanaman kangkung diuji dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) menyatakan bahwa hasil dari tanaman yang telah dikontrol dalam medan magnet nilai suseptibilitas magnetik adalah negatif atau  $\chi_m < 0$  yang mengindikasikan bahwa secara keseluruhan sampel tersebut adalah bahan diamagnetik. Nilai suseptibilitas negatif dikarenakan kandungan zat besi dalam kangkung sampel yang sangat sedikit sehingga hasil pengukuran material magnetik ini tertutupi oleh unsur penyusun tumbuhan yang lain yang bersifat diamagnetik. Sebagai pembanding, Kuncoro (2009) menghitung nilai suseptibilitas magnetik kangkung yang dijual dipasaran, ternyata hasilnya menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetiknya juga negatif. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tidak semua kangkung mengandung zat besi. Ini tergantung pada beberapa faktor salah satunya yaitu kandungan mineral besi yang berada pada media tanam.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut Kusumastiti (2013) mengkaji lebih lanjut dengan metode yang berbeda, memberikan pengotor Fe pada media tanam untuk mendapatkan kadar zat besi yang tinggi dengan menggunakan pasir besi

( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang telah dilarutkan dengan asam klorida (HCl). Hasil sampel menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik tinggi salah satunya yaitu sayuran selada dengan kadar Fe 129,4 mg/100g.

Pada penelitian ini akan mengkaji lebih dalam tentang aplikasi pasir besi yang distimulasi pada sayuran. Deteksi magnetik akan lebih ditekankan dalam meningkatkan kandungan logam besi pada tanaman selada yang nantinya akan digunakan sebagai sampel. Sistem yang digunakan berbeda yaitu dengan menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture*. Sistem ini dapat memberikan suatu lingkungan pertumbuhan yang lebih terkontrol. Hidroponik adalah pengerjaan atau pengelolaan air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman dan juga sebagai tempat akar tanaman menyerap unsur hara yang diperlukan dimana budidaya tanamannya dilakukan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya (Wasonowati *et al.*, 2013). Unsur hara mikro Fe akan dilarutkan kedalam air yang nantinya air akan diserap ke akar sayuran selada.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dituliskan, rumusan permasalahan yang akan menjadi fokus kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil deteksi magnetik kandungan logam besi pada sayuran selada yang telah distimulasi emulsi besi oksida menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture*?
2. Bagaimana pengaruh stimulasi emulsi besi oksida pada media tanam hidroponik *Deep Water Culture* terhadap nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan zat besi sayuran selada?

### **1.3 Batasan Permasalahan**

1. Bahan yang digunakan adalah sayuran selada dengan stimulasi emulsi besi oksida yang ditumbuhkan menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture*.
2. Metode karakterisasi fisika yang digunakan untuk deteksi magnetik adalah dengan menggunakan *Suceptibility-meter* dan didukung dengan analisis kandungan Fe dengan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui nilai suseptibilitas magnetik dari sampel sayuran selada yang telah distimulasi emulsi besi oksida menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture*.
2. Mengetahui pengaruh stimulasi emulsi besi oksida pada media tanam hidroponik *Deep Water Culture* terhadap nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan zat besi sayuran selada.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Bagi bidang keilmuan, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam perkembangan aplikasi pasir besi dan acuan dalam penelitian selanjutnya.

2. Bagi bidang kesehatan dan kesejahteraan manusia pada umumnya, diharapkan penelitian ini akan menghasilkan sampel sayuran selada dengan kadar zat besi yang tinggi daripada sayuran selada dipasaran.

## **1.6 Sistematika Penulisan Skripsi**

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian pendahuluan skripsi, terdiri dari halaman judul, sari (abstrak), halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.
2. Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut:
  - BAB 1. Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika skripsi.
  - BAB 2. Landasan teori, berisi teori-teori pendukung penelitian.
  - BAB 3. Metodologi Penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian.
  - BAB 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.
  - BAB 5. Penutup, yang berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.
3. Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dari penulisan skripsi dan lampiran-lampiran.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahan-Bahan Magnetik**

Bahan magnetik adalah bahan yang terpengaruh oleh medan magnet berupa penyearah dipol-dipol magnetik pada bahan (magnetisasi) yang memenuhi hubungan  $\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H}$ , yaitu besarnya magnetisasi yang timbul pada bahan dipengaruhi oleh suseptibilitas bahan dan kuat medan magnet yang diberikan pada bahan.

Menurut Cullity & Graham (2009:89) semua bahan tersusun dari atom dan setiap atom terdiri dari inti dan elektron yang bergerak mengelilingi inti. Disamping mengorbit pada inti, elektron juga berputar pada sumbunya sendiri (berotasi). Akibat gerakan elektron ini, maka dalam atom timbul medan magnet. Medan magnet akibat dari orbit dan spin elektron ini dapat dipadu seperti perpaduan vektor, dan hasil perpaduannya disebut dengan resultan medan magnet atomis. Berdasarkan resultan medan atomisnya bahan dapat dikelompokkan menjadi bahan diamagnetik, bahan paramagnetik, dan bahan ferromagnetik.

##### **2.1.1 Diamagnetik**

Bahan diamagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas  $\chi_m$  negatif dan sangat kecil.

Tabel 2.1 Contoh beberapa bahan diamagnetik

Bahan	$\chi_m$ (m <sup>3</sup> /kg)
Bismut	$-16.4 \times 10^{-5}$
Tembaga	$-0.98 \times 10^{-5}$
Intan	$-2.2 \times 10^{-5}$
Air raksa (Hg)	$-2.8 \times 10^{-5}$
Perak	$-2.4 \times 10^{-5}$
Emas	$-3.5 \times 10^{-5}$
Hidrogen (1atm)	$-0.22 \times 10^{-8}$
Nitrogen (1 atm)	$-0.67 \times 10^{-8}$
Karbondioksida (atm)	$-1.19 \times 10^{-8}$

Menurut Tipler (2001:337), sifat diamagnet ditemukan oleh Faraday pada tahun 1846 ketika ia mengetahui bahwa sekeping bismut ditolak oleh kedua kutub magnet, yang memperlihatkan bahwa medan luar dari magnet tersebut menginduksikan suatu momen magnetik pada bismut pada arah yang berlawanan dengan medan tersebut .

Bahan diamagnetik tidak mempunyai momen dipol magnet permanen. Jika bahan diamagnetik diberi medan magnet luar, maka elektron-elektron dalam atom akan mengubah gerakannya sedemikian rupa sehingga menghasilkan resultan medan magnet atomis yang arahnya berlawanan dengan medan magnet luar tersebut. Sifat diamagnetik bahan ditimbulkan oleh gerak orbital elektron. Karena atom mempunyai elektron orbital, maka semua bahan bersifat diamagnetik. Suatu bahan dapat bersifat magnet apabila susunan atom dalam bahan tersebut mempunyai spin elektron yang tidak berpasangan. Dalam bahan diamagnetik hampir semua spin elektron berpasangan, akibatnya bahan ini tidak menarik garis gaya.

### 2.1.2 Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan-bahan yang mempunyai nilai susceptibilitas magnetik  $\chi_m$  yang positif, dan sangat kecil.

Tabel 2.2 Contoh beberapa bahan paramagnetik

Bahan	$\chi_m$ (m <sup>3</sup> /kg)
Aluminium	$2.1 \times 10^{-5}$
GdCl <sub>3</sub>	$603 \times 10^{-5}$
Magnesium	$1.2 \times 10^{-5}$
Natrium	$0.84 \times 10^{-5}$
Titan	$18 \times 10^{-5}$
Tungsten	$7.6 \times 10^{-5}$
Oksigen(1atm)	$193.5 \times 10^{-8}$

Menurut Tipler (2001:330-331), paramagnetisme muncul dalam bahan yang atom-atomnya memiliki momen magnetik permanen yang berinteraksi satu dengan yang lain sangat lemah. Apabila tidak terdapat medan magnetik luar, momen magnetik ini akan berorientasi acak. Dengan adanya medan magnetik luar, momen magnetik ini cenderung menyelaraskan sejajar dengan medannya, tetapi ini dilawan oleh kecenderungan momen untuk berorientasi acak akibat gerakan termalnya. Perbandingan momen yang menyelaraskan dengan medan ini bergantung pada kekuatan medan dan temperturnya. Pada medan magnetik luar yang kuat pada temperatur yang sangat rendah, hampir seluruh momen akan diselaraskan dengan medannya. Dalam keadaan ini kontribusi pada medan magnetik total akibat bahan ini sangat besar.

### 2.1.3 Ferromagnetik

Menurut Tipler (2001:333), bahan ferromagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik  $\chi_m$  positif, yang sangat tinggi. Ferromagnetisme muncul pada besi murni, kobalt dan nikel serta paduan dari logam-logam ini. Dalam bahan-bahan ini sejumlah kecil medan magnetik luar dapat menyebabkan derajat penyearah yang tinggi pada momen dipol magnetik atomnya. Dalam beberapa kasus, penyearah ini dapat bertahan sekalipun medan pemagnetannya telah hilang. Ini terjadi karena momen dipol magnetik atom dari bahan-bahan ini mengerahkan gaya-gaya yang kuat pada atom tetangganya sehingga dalam daerah ruang yang sempit momen ini disearahkan satu sama lain sekalipun medan luarnya tidak ada lagi. Daerah ruang tempat momen dipol magnetik disearahkan ini disebut daerah magnetik.

## 2.2 Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ )

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) merupakan ukuran dasar bagaimana sifat kemagnetan suatu bahan. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan, maka dapat diketahui sifat-sifat magnetik lain dari bahan tersebut. Ada tiga kelompok bahan menurut nilai suseptibilitas magnetiknya.

$\chi_m < 0$  : bahan diamagnetik

$0 < \chi_m \ll 1$  : bahan paramagnetik

$\chi_m \gg 1$  : bahan ferromagnetik

Menurut Cullity & Graham (2009:13), sifat magnetik material tidak hanya ditandai oleh besarnya M tetapi juga oleh variasi M dan H. Rasio keduanya yang disebut dengan suseptibilitas.

$$\chi = \frac{M}{H} \frac{\text{emu}}{\text{Oe.cm}^3}$$

M memiliki satuan  $\text{A.cm}^2/\text{cm}^3$  dan H memiliki satuan  $\text{A/cm}$ .  $\chi$  sebenarnya berdimensi. M adalah momen magnetik per satuan volume,  $\chi$  juga mengacu pada volume dan kadang-kadang disebut dengan susceptibilitas volume dan diberi simbol  $\chi_v$ . Susceptibilitas dapat didefinisikan seperti dibawah ini.

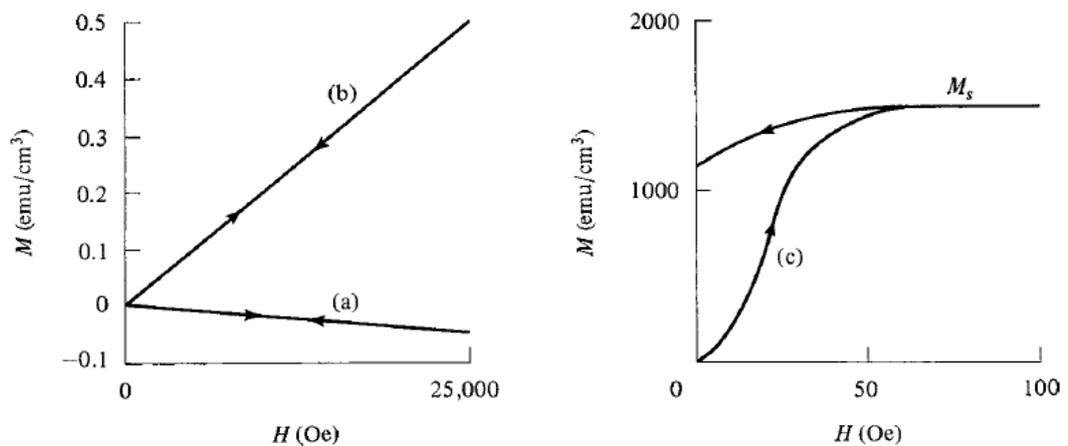
$\chi_m = \chi_v/\rho =$  susceptibilitas massa ( $\text{emu}/\text{Oe g}$ ), dimana  $\rho =$  densitas

$\chi_A = \chi_v A =$  susceptibilitas atom ( $\text{emu}/\text{Oe g atom}$ ), dimana  $A =$  berat atom

$\chi_M = \chi_v M^1 =$  susceptibilitas molar ( $\text{emu}/\text{Oe mol}$ ), dimana  $M^1 =$  berat molekul

Kurva M vs H disebut kurva magnetisasi, ditunjukkan pada gambar 2.1. Kurva (a) dan kurva (b) mempunyai susceptibilitas volume masing-masing  $-2 \times 10^{-6}$  dan  $+20 \times 10^{-6}$ . Zat ini (dia-, para-, atau antiferromagnetik) memiliki M linear ketika kurva H dalam keadaan normal dan tidak menyimpan magnetik ketika medan dihilangkan. Perilaku yang ditunjukkan pada kurva (c) ciri khas dari ferro- atau ferrimagnetik, sangat berbeda. Kurva magnetisasi nonlinear, sehingga variasi  $\chi$  dengan H dan melewati nilai maksimum (sekitar 40 untuk kurva yang ditunjukkan). Dua fenomena lain muncul (Cullity & Graham 2009:14):

1. Saturasi. Pada nilai H yang cukup besar, magnetisasi M menjadi konstan pada nilai saturasi  $M_s$ .
2. Histerisis atau irreversibilitas. Setelah saturasi, penurunan H ke nol tidak mengurangi M ke nol. Bahan ferro- dan ferrimagnetik bisa membuat magnet permanen. Kata histerisis berasal dari kata Yunani yang artinya "tertinggal di belakang"



Gambar 2.1 Kurva magnetisasi bahan magnetik (a) Diamagnetik (b) Paramagnetik (c) Ferromagnetik (Cullity & Graham 2009:14)

### 2.3 Besi (Fe)

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen. Reaksi oksidasi ion ferro menjadi ion ferri ditunjukkan dalam persamaan.



Pada pH sekitar 7,5 - 7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang bersifat tidak larut dan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam (Effendi, 2003).

Fenomena serupa terjadi pada badan sungai yang menerima aliran air asam dengan kandungan besi (ferro) cukup tinggi, yang berasal dari daerah pertambangan. Sebagai petanda terjadinya pemulihan (*recovery*) kualitas air, pada bagian hilir sungai dasar perairan berwarna kemerahan karena terbentuknya  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sebagai konsekuensi dari meningkatnya pH dan terjadinya proses oksidasi besi (ferro). Perairan alam, besi berikatan dengan anion membentuk senyawa  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$ , dan  $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ . Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH.

Sumber besi di alam adalah *pyrite* ( $\text{FeS}_2$ ), *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *limonite* [ $\text{FeO}(\text{OH})$ ], *goethite* ( $\text{HFeO}_2$ ), dan *ochre* [ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ]. Senyawa besi pada umumnya bersifat sukar larut dan cukup banyak terdapat di dalam tanah. Kadang-kadang besi juga terdapat sebagai senyawa *siderite* ( $\text{FeCO}_3$ ) yang bersifat mudah larut dalam air.

Air tanah dalam biasanya memiliki karbondioksida dengan jumlah yang relatif banyak, dicirikan dengan rendahnya pH, dan biasanya disertai dengan kadar oksigen terlarut yang rendah atau bahkan terbentuk suasana anaerob. Pada kondisi ini, sejumlah ferri karbonat akan larut sehingga terjadi peningkatan kadar besi ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) di perairan. Pelarutan ferri karbonat ditunjukkan dalam persamaan reaksi.



Reaksi di atas juga terjadi pada perairan anaerob. Dengan kata lain, besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) hanya ditemukan pada perairan yang bersifat anaerob, akibat proses dekomposisi bahan organik yang berlebihan. Jadi, di perairan kadar besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang tinggi berkorelasi dengan kadar bahan organik yang tinggi, atau kadar besi

yang tinggi terdapat pada air yang berasal dari air tanah dalam yang bersuasana anaerob atau dari lapisan dasar perairan yang sudah tidak mengandung oksigen.

Kadar besi pada perairan yang mendapat cukup aerasi (aerob) hampir tidak pernah lebih dari 0,3 mg/l. Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05 - 0,2 mg/l. Pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah, kadar besi dapat mencapai 10 - 100 mg/l, sedangkan pada perairan laut sekitar 0,01 mg/liter. Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan pertanian sebaiknya memiliki kadar besi tidak lebih dari 20 mg/l.

Pada tumbuhan, besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun, kadar besi yang berlebihan dapat menghambat fiksasi unsur lainnya.

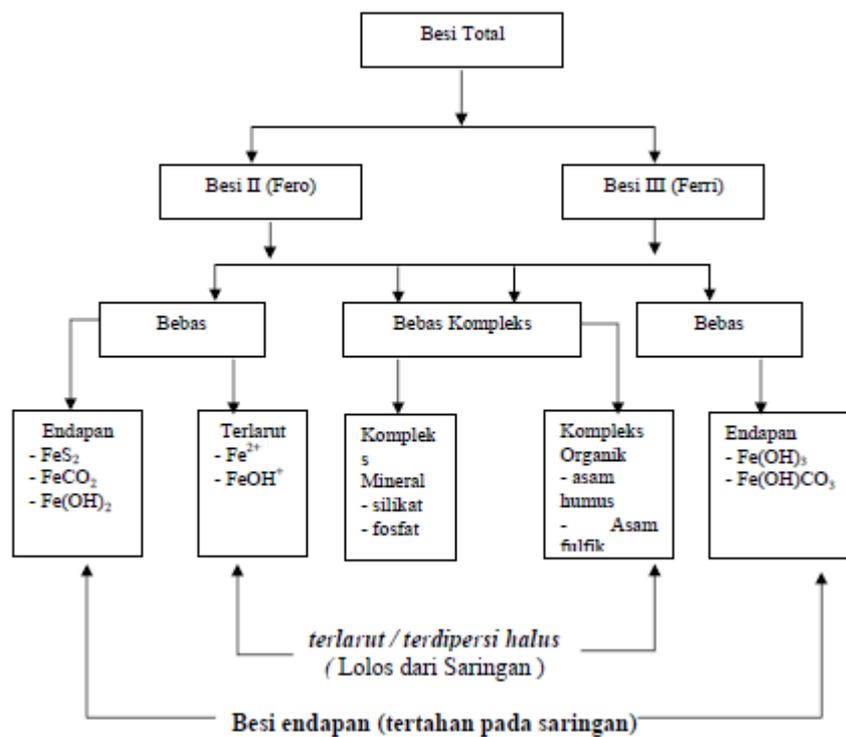
## **2.4 Keberadaan Besi Dalam Air**

Unsur besi (Fe) terdapat pada hampir semua air tanah. Air tanah umumnya mempunyai konsentrasi karbon dioksida yang tinggi dan mempunyai konsentrasi oksigen terlarut yang rendah, kondisi ini menyebabkan konsentrasi besi (Fe) yang tidak terlarut menjadi besi tereduksi (yang larut) dalam bentuk ion bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

Meskipun besi pada umumnya terdapat dalam bentuk terlarut bersenyawa dengan bikarbonat dan sulfat, besi (Fe) juga ditemukan bersenyawa dengan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Selain itu besi ditemukan pula pada air tanah yang mengandung asam yang berasal dari humus yang mengalami penguraian dari tanaman atau tumbuhan yang bereaksi dengan unsur besi untuk membentuk ikatan

kompleks organik. Konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dari 0,01 mg/l sampai dengan  $\pm 25$  mg/l (Effendi, 2003).

Besi pada air permukaan terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain bentuk suspensi dari lumpur, tanah liat dan partikel (dispersi) halus dari besi (III) hidroksida,  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$  dalam bentuk koloid dan organik kompleks. Bentuk besi di dalam air digambarkan dalam bagan seperti di bawah ini:



Gambar 2.2 Skema bentuk besi dalam air (Said, 2004)

## 2.5 Pasir Besi

Pasir besi merupakan sumber daya alam yang sangat berlimpah di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Salah satu kajian yang menarik dari pasir

besi adalah penelitian struktur kristal dan sifat kemagnetannya. Kandungan pasir besi pada pasir alam sangat potensial dan memiliki nilai ekonomis tinggi.

Kekayaan alam tersebut saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan lebih banyak di ekspor dalam bentuk bahan mentah (*raw materials*). Adapun kendala dalam memanfaatkan pasir besi ini adalah teknik penambangan yang belum baik, sehingga banyak masyarakat yang melarang aktifitas pertambangan yang akan merusak keseimbangan alam.

Pasir besi pada umumnya mempunyai komposisi utama besi oksida yaitu magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) serta silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) serta senyawa-senyawa lain yang kandungannya lebih rendah (Solihah, 2010).

Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memiliki fasa kubus, sedangkan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) meskipun memiliki komposisi kimia yang sama namun kedua bahan tersebut memiliki fasa yang berbeda. Maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) berfasa kubus sedangkan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) berfasa heksagonal. Para peneliti lazimnya menggunakan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) sebagai bahan dasar dalam proses sintesis serbuk magnet ferit karena hematit memiliki fasa tunggal yang dipercaya akan memiliki sifat kemagnetan yang kuat jika dibandingkan dengan fasa campuran (Yulianto, 2007).

Nanopartikel magnetit telah menjadi material menarik yang dikembangkan karena sifatnya yang terkenal dan sangat potensial dalam aplikasinya dalam berbagai bidang, seperti dalam bidang medis digunakan sebagai *drug delivery*, terapi hipertermia, dan *Magnetic Resonance Imageing* (MRI). Dalam bidang industri digunakan sebagai katalis, sensor, penyimpanan data dalam bentuk CD atau

hard disk, dan pigmen warna. Untuk mensintesis partikel nano seragam dilakukan beberapa metoda dengan mengatur ukurannya sehingga menjadi salah satu kunci masalah dalam ruang lingkup sintesis nanopartikel (Yuliani *et al.*, 2013).

Banyak metoda yang telah dilakukan peneliti untuk pembuatan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang halus dan homogen diantaranya metoda kopresipitasi, solvothermal, sol gel, solid state, dan lain-lain). Setiap metoda memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, namun semuanya telah terbukti dapat digunakan untuk membuat nanopartikel magnetit (Yuliani *et al.*, 2013).

## **2.6 Zat Besi**

### **2.6.1 Zat Besi Dalam Tubuh**

Zat besi (Fe) merupakan mikroelemen yang esensial bagi tubuh, zat ini diperlukan dalam *hematopoiesis* (pembentukan darah) yaitu dalam sintesa haemoglobin (Hb).

WHO (2012), menyatakan bahwa anemia merupakan salah satu masalah yang memberikan kontribusi peningkatan Angka Kematian Ibu (AKI) dan Angka Kematian Bayi (AKB) di Indonesia. Secara umum di Indonesia sekitar 20% wanita, 50% wanita hamil, dan 3% pria kekurangan zat besi.

Defisiensi besi merupakan penyebab utama anemia di seluruh dunia. Diperkirakan 30% penduduk dunia menderita anemia dan lebih kurang 500-600 juta menderita anemia defisiensi besi. Anemia defisiensi besi terjadi bila asupan besi ke dalam eritroid di sumsum tulang sangat terganggu menyebabkan

konsentrasi hemoglobin menurun. Keadaan ini menyebabkan sel eritrosit mikrositosis dan hipokromia secara progresif (Idris *et al.*, 2008).

Distribusi zat besi dalam tubuh hampir 70% terdapat dalam hemoglobin, dan 25% merupakan zat besi cadangan dalam bentuk ferritin dan hemosiderin, serta sisanya terdapat dalam berbagai enzim oksidatif, antara lain katalase, mitokondria, sitokrom, dan flavoprotein (Suhardjo & Kushart, 2000). Secara rinci distribusi zat besi dalam tubuh dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sebaran zat besi dalam tubuh manusia  
(Suhardjo & Kushart, 2000)

<b>Bagian</b>	<b>Banyaknya Besi (mg)</b>	<b>%</b>
Hemoglobin	2.500	67,19
Cadangan ferritin dan hemosiderin	1.000	26,87
Mioglobin	130	3,5
Pool Labil	80	2,15
Enzima	8	0,21
Pengangkutan	3	0,08
<b>Jumlah</b>	<b>3,721</b>	<b>100,00</b>

Kebutuhan zat besi yang dibutuhkan tubuh setiap harinya untuk menggantikan zat besi yang hilang dari tubuh dan untuk pertumbuhan bervariasi, tergantung dari umur dan jenis kelamin (Suhardjo & Kushart, 2000). Menurut AKG (Angka Kecukupan Gizi, kebutuhan zat besi per orang per hari ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Angka kecukupan zat besi untuk manusia pada berbagai golongan umur (Suhardjo & Kushart, 2000).

<b>Golongan Umur</b>	<b>Kebutuhan zat besi per hari (mg)</b>
0 - 6 bulan	3
7 - 12 bulan	5

1 - 3 bulan		8
4 - 6 bulan		9
7 - 9 tahun		10
	<b>Pria</b>	
10 - 12 tahun		14
13 - 25 tahun		17
16 -19 tahun		13
10 - 45 tahun		13
46 - 59 tahun		13
≥ 60 tahun		14
	<b>Wanita</b>	
10 -12 tahun		19
13 -25 tahun		25
16 -19 tahun		26
20 - 45 tahun		14
46 - 59 tahun		14
≥ 60 tahun		+20
	<b>Hamil / menyusui</b>	
0 - 6 bulan		+2
7 – 12 bulan		+2

Jumlah zat besi yang dikonsumsi haruslah lebih banyak dari jumlah yang dibutuhkan, karena tidak semua jumlah zat besi yang dikonsumsi akan diserap. Tingkat penyerapan zat besi dikenal dengan istilah “bioavailabilitas” (Purnadibrata, 2011).

### 2.6.2 Zat Besi Pada Tanaman

Tanaman mengambil zat besi dalam bentuk ion ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) atau ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Bentuk lain yang juga diserap oleh tanaman adalah  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$  dan Fe-khelat. Fe umumnya menyusun 0,01% tanaman dengan kisaran dalam daun adalah 10–100 ppm. Besi berperan terutama dalam sintesis klorofil dan enzim-enzim yang berfungsi dalam sistem transfer elektron. Unsur ini bersama Mn terlibat dalam aktivitas enzimatik yang terkait dengan metabolisme karbohidrat, reaksi fosforilasi dan siklus asam sitrat (Purbayanti *et al.*, 1991).

Kekurangan Fe menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil, penyusunan protein menjadi tidak sempurna dan penurunan jumlah ribosom. Kekurangan Fe juga menyebabkan penurunan kadar pigmen, dan mengakibatkan pengurangan aktivitas enzim. Tanaman yang keracunan Fe akan menunjukkan gejala-gejala seperti daun berwarna coklat kemerah-merahan, menguning atau orange (Wasiaturrohmah, 2008).

Fe bukan merupakan bagian penyusun molekul klorofil, akan tetapi keberadaannya mempengaruhi tingkat klorofil karena Fe dibutuhkan dalam pembentukan ultra struktur kloroplas. Defisiensi Fe menyebabkan berkurangnya jumlah dan ukuran kloroplas (Salisbury & Rossy, 2000). Pengukuran kehijauan daun dapat mencerminkan kandungan klorofil dalam daun.

Besi (Fe) merupakan unsur mikro yang diserap dalam bentuk ion ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ataupun ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Besi merupakan unsur hara esensial karena merupakan bagian dari enzim-enzim tertentu dan merupakan bagian dari protein yang berfungsi sebagai pembawa elektron pada fase terang fotosintesis dan respirasi (Winarso, 2005).

Selain itu, fungsi besi dalam tanaman tergabung dengan sistem enzim pernafasan tertentu seperti katalase, paraoksidase dan sitokrom a, sitokrom b, sitokrom c, feredoksin, ferikrome dan suksinik dehidrogenase. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi Fe diduga dapat membuat metabolisme pada tanaman berjalan optimal sehingga bahan kering yang dihasilkan lebih banyak.

### **2.6.3 Sumber Zat Besi**

Ada dua jenis sumber zat besi dalam makanan, yaitu zat besi yang berasal dari hem dan bukan hem. Walaupun kandungan zat besi hem dalam makanan hanya antara 5 – 10% tetapi penyerapannya hanya 5%. Makanan hewani seperti daging, ikan dan ayam merupakan sumber utama zat besi hem. Zat besi yang berasal dari hem merupakan Hb. Zat besi non hem terdapat dalam pangan nabati, seperti sayur-sayuran, biji-bijian, kacang-kacangan dan buah-buahan.

Tabel 2.5 Sumber zat besi pada makanan per 100g  
(Suhardjo & Kushart, 2000)

<b>Jenis</b>	<b>Fe (mg)</b>
Daging	2,2 – 5
Ikan	1,2 – 4
Telur	1,2 – 1,5
KacangHijau	6
Selada	0,5-1
Kacang kedelai	15,7

Asupan zat besi selain dari makanan adalah melalui suplemen tablet zat besi. Suplemen ini biasanya diberikan pada golongan rawan kurang zat besi yaitu balita, anak sekolah, wanita usia subur dan ibu hamil. Pemberian suplemen tablet zat besi pada golongan tersebut dilakukan karena kebutuhan akan zat besi yang sangat besar, sedangkan asupan dari makan saja tidak dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Makanan yang banyak mengandung zat besi antara lain daging, kacang-kacangan, dan sayuran yang berdaun hijau.

## **2.7 Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)**

Tanaman selada merupakan sampel yang digunakan pada penelitian ini. Tanaman selada memiliki fungsi sebagai zat pembangun tubuh, dengan

kandungan zat gizi dan vitamin yang cukup banyak dan baik bagi kesehatan masyarakat (Rubatzky & Yamaguchi, 2000).

Selada adalah salah satu sayuran yang umum dimakan mentah dengan kandungan gizi yang cukup tinggi. Meskipun selada belum membudaya perkembangannya, tetapi prospeknya cukup cerah. Usaha peningkatan produksi selada dilakukan dengan hidroponik untuk peningkatan dan juga memperbaiki kualitas produksi (Sulhakudin, 2008).

Adapun klasifikasi botani untuk selada adalah sebagai berikut:

Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan Berbunga)

Kelas : *Magnoliopsida* (Berkeping dua/dikotil)

Sub kelas : *Asteridae*

Ordo : *Asterales*

Famili : *Asteraceae*

Genus : *Lactuca*

Spesies : *Lactuca sativa*.L

Suhu ideal untuk produksi selada berkualitas tinggi. Suhu optimumnya adalah 20°C (siang) dan 10°C (malam). Suhu yang lebih tinggi dari 30°C biasanya menghambat pertumbuhan, merangsang *bolting* dan menyebabkan rasa pahit.

Tanaman selada dapat tumbuh baik di dataran rendah maupun dataran tinggi (pegunungan). Adapun syarat penting agar selada tumbuh dengan baik adalah tanah mengandung pasir dan lumpur (subur), suhu udara 15-20 derajat, dan derajat kemasaman tanah (pH) 5-6,5. Waktu tanam selada yang baik adalah pada akhir musim hujan (Maret-April). Tapi selada dapat pula ditanam pada musim kemarau, akan tetapi jika pola penyiramannya dilakukan secara teratur.

Selada memiliki penampilan yang menarik. Ada yang berwarna hijau segar dan ada juga yang berwarna merah.



Gambar 2.3 Produk sayuran hasil penelitian pada minggu ke-4

Daun selada yang agak keriting ini sering dijadikan penghias hidangan. Sayangnya jenis selada yang biasa ditanam di dataran rendah terbatas. Jenis selada yang banyak diusahakan di dataran rendah ialah selada daun. Jenis ini begitu toleran terhadap dataran rendah sampai di daerah yang sepanas dan serendah Jakarta pun masih subur dan bagus pertumbuhannya.

Tabel 2.6 Kandungan zat gizi dalam 100g selada  
(U.S. Departemen of Agriculture, 2010)

<b>Zat gizi</b>	<b>Selada</b>
Protein (g)	1,2
Lemak (g)	0,2
Karbohidrat (g)	2,9
Ca (mg)	22,0
P (mg)	25,0
Fe (mg)	0,86
Vitamin A (mg)	162,0
Vitamin B (mg)	0,0
Vitamin C (mg)	8,0

Tanaman selada ditanam dengan jarak tanam rapat untuk memaksimalkan penggunaan ruangan yang tersedia dan umumnya rata-rata 20 cm antar tanaman. Tanaman selada mempunyai umur panen rata-rata sekitar 35-60 hari setelah tanam. Selada ditanam secara hidroponik mempunyai umur panen yang lebih singkat sekitar 28-45 hari (Wisam, 2007).

Tabel 2.7 Lama perawatan bibit di polibag pada berbagai sayuran (Wisam, 2007)

<b>Jenis tanaman</b>	<b>Lama di persemaian</b>	<b>Jumlah daun</b>	<b>Masa tanam</b>
Brokoli	2 minggu	3-4 helai	65 HST
Brussel sprout	3-4 minggu	4-5 helai	90-105 HST
Cabai besar	40-45 hari	4-5 helai	85-90 HST (panen I)
Horenzo	14 hari	3-4 helai	35-50 HST
Kailan	10-18 hari	3-5 helai	52-56 HST
Melon	12-14 hari	4 helai	75-90 HST
Pakcoi	3-4 minggu	3-5 helai	2 bulan
Paprika	2-3 minggu	4-5 helai	20 MST
Seledri	2-3 minggu	4 helai	6-8 MST
Sawi	3 minggu	4-5 helai	2 bulan
<b>Selada</b>	<b>10-18 hari</b>	<b>4 helai</b>	<b>45-55 HST</b>
Timun jepang	10-14 hari	2-3 helai	38-40 HST
Tomat	3 minggu	3-4 helai	75-85 HST (panen I)
Terung jepang	22-26 hari	5 helai	90 HST (panen I)

Keterangan:

HST = hari setelah tanam

MST = minggu setelah tanam

## 2.8 Mineral Magnetik dalam Tanaman

Unsur mineral merupakan salah satu komponen yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup disamping karbohidrat, lemak, protein, dan vitamin.

Sifat magnetik suatu bahan dapat diketahui dengan mengetahui kandungan mineral magnetik pada bahan tersebut. Kandungan mineral magnetik ini dapat diketahui dengan serangkaian penelitian, salah satunya adalah dengan mengukur suseptibilitas magnetik dari bahan tersebut. Tabel 2.8 berikut menjelaskan kelompok mineral ferromagnetik, paramagnetik dan diamagnetik dilihat dari nilai suseptibilitas magnetiknya.

Tabel 2.8 Bentuk mineral dan suseptibilitas magnetiknya (Dearing, 2003)

<b>Mineral</b>	<b>Rumus Kimia</b>	<b>Besi (%)</b>	<b>Suseptibilitas Magntik (x 10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup>/kg)</b>
<b>Ferromagnetic Metals</b>			
Iron	$\alpha\text{Fe}$	100	276000
Cobalt	Co		204000
Nickel	Ni		68850
<b>Paramagnetic (20°C)</b>			
Ilminite	$\text{FeTiO}_3$		1.7,2
Ulvospinel	$\text{Fe}_2\text{TiO}_4$	37	
Olivine	$4[(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4]$	<55	0.01-1.3
Siderite	$\text{FeCO}_3$	48	1.0
Biotite	Mg, Fe, Al silicate	31	0.05-0.95
Pyroxene	$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	<12	0.04-0.94
Chamosite	Oxidised chlorite		0.9
Nontronite	Fe rich clay		0.863
Amphibole	Mg, Fe, Al silicate		0.16-0.69
Epidote	Ca, Fe, Al silicate	31	0.25-0.31
Pyrite	$\text{FeS}_2$	47	0.3
Lepidocrocite	$\text{FeOOH}$	63	0.5-0.75, 0.69
Prochlorite	Mica-like mineral		0.157
Vermiculite	Complex silicate		0.152
Illite	$\text{KAl}_4$ $(\text{Si,Al})_8\text{O}_2\text{O}(\text{OH})_4$		0.15
Bentonite	Complex silicate		0.058
Smectite	Complex silicate		0.05, 0.027

Chalcopytite	CuFeS <sub>2</sub>	30	0.03
Attapulgitite	Complex silicate		0.02
Dolomite	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		0.011
<b>Diamagnetic</b>			
Calcite	CaCO <sub>3</sub>		-0.0048
Alkali-feldspar	Ca, Na, K, Al silicate		-0.005
Plastic			-0.005
Quartz	SiO <sub>2</sub>		-0.0058
Organic matter			-0.009
Water	H <sub>2</sub> O		-0.009
Halite	NaCl		-0.009
Kaolinite	Al <sub>4</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>		-0.019

Sementara itu, kelompok unsur hara yang dimiliki oleh tanah dapat dilihat pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2.9 Kandungan unsur hara makro dan unsur hara mikro pada tanah (Winarso, 2005)

<b>Unsur Hara Makro</b>	<b>Unsur Hara Mikro</b>
Carbon (C)	Besi (Fe)
Oksigen (O)	Borium (Bo)
Hidrogen (H)	Mangan (Mn)
Nitrogen (N)	Tembaga (Cu)
Fosfor (P)	Seng (Zn)
Kalium (K)	Molibdenum (Mo)
Calcium (Ca)	Klor (Cl)
Magnesium (Mg)	
Sulfur (S)	

Unsur hara mikro Aluminium (Al), Timbal (Pb), dan Rubidium (Ru) hanya bersifat menguntungkan dalam beberapa kondisi.

## 2.9 Mineral Hara

Dalam konsep kesuburan tanah pada dasarnya mengkaji kemampuan suatu tanah untuk menyuplai unsur hara yang tersedia bagi tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Unsur hara dalam bentuk tersedia dapat diserap akar tanaman. Kelebihan unsur-unsur yang tersedia ini dapat meracuni tanaman. Suplai unsur hara tersedia dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, yaitu fisika, kimia, dan biologi tanah. Ketiga sifat ini saling berinteraksi dalam mengkondisikan tanah, apakah subur atau tidak. Kesuburan tanah selalu berkorelasi dengan produktivitas suatu tanah yang diperlihatkan oleh hasil tanaman/satuan luas tanah.

Unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman terdiri dari unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan unsur mikro (Zn, Cu, Mn, Mo, B, Fe, dan Cl). Unsur logam Pb dan Cd juga terkandung dalam jaringan tanaman yang disebut hara non-esensial. Sebab belum diketahui fungsi unsur tersebut dalam tubuh tanaman. Secara umum semua unsur hara bersumber dari bebatuan induk tanah/mineral-mineral, kecuali unsur N yang berasal dari bahan organik. Mineral dalam bebatuan terlarut, unsur hara terbebas dan tersedia bagi tanaman (Lahuddin, 2007).

Tabel 2.10 Rata-rata jumlah hara makro tersedia dalam tanah  
(Winarso, 2005)

<b>Unsur Hara</b>	<b>Total tersedia kg.ha<sup>-1</sup> (0-20 cm)</b>	<b>Konsentrasi dalam larutan Tanah (mg/L)</b>
N	200	60
P	100	0,8
K	400	14
Ca	6 000	60
Mg	1 500	40
S	100	26

## **2.10 Sistem Hidroponik**

Hidroponik adalah pengerjaan atau pengelolaan air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman dan juga sebagai tempat akar tanaman menyerap unsur hara yang diperlukan dimana budidaya tanamannya dilakukan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Hidroponik juga termasuk bercocok tanam dalam air dimana unsur hara telah dilarutkan didalamnya (Susila & Koerniawati, 2004).

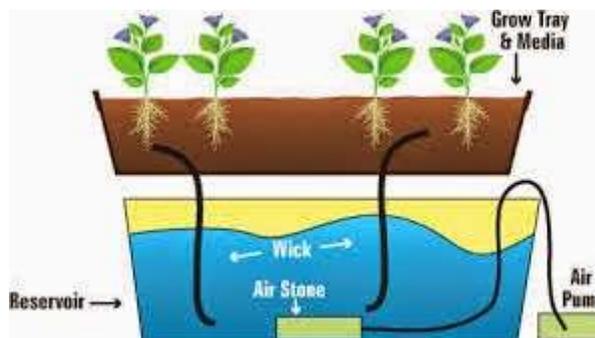
Keberhasilan budidaya secara hidroponik sederhana, selain ditentukan oleh medium yang digunakan, juga ditentukan oleh larutan nutrisi yang diberikan, karena tanaman tidak mendapatkan unsur hara dari medium tumbuhnya (Silvina & Syafrinal, 2008).

Pemberian nutrisi pada sistem pertanian hidroponik berbeda dengan pemberian nutrisi pada sistem pertanian biasa. Pada sistem hidroponik, makanan yang berupa campuran garam-garam pupuk dilarutkan dan diberikan secara teratur, sedangkan bercocok tanam di tanah, pemberian pupuk untuk tanaman hanya sekedar tambahan karena tanah sendiri pada dasarnya secara alami telah mengandung garam-garam pupuk. Pada hidroponik, media tanam tidak berfungsi sebagai tanah. Media tanam hanya berguna sebagai penopang akar tanaman serta meneruskan air larutan mineral yang berlebihan sehingga harus porous dan steril (Williams *et al.*, 1993).

### **2.10.1 Macam-macam sistem tanaman hidroponik**

#### ***2.10.1.1 Sistem Wick***

Sistem menanam hidroponik sistem *wick* merupakan model hidroponik yang paling sederhana. Sistem *wick* dalam tanaman hidroponik bersifat pasif, yang berarti tidak ada bagian yang bergerak.

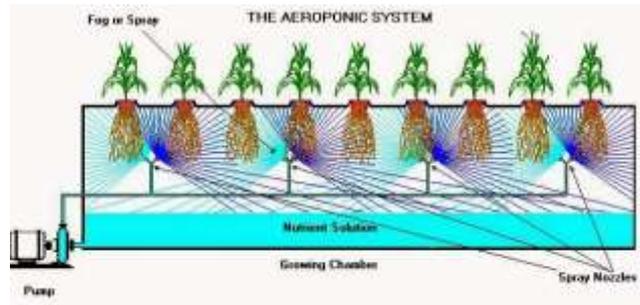


Gambar 2.4 Hidroponik sistem wick  
(Untara, 2014)

Larutan nutrisi yang berada pada sistem *wick* ditarik ke dalam media tumbuh dari reservoir dengan sumbu. Teknik ini memanfaatkan gaya kapilaritas pada sumbu untuk mengantarkan air dan nutrisi ke akar tanaman, sehingga akar dapat menyerap unsur-unsur hara yang disediakan.

#### **2.10.1.2 Sistem Aerophonic**

Sistem tanaman hidroponik dengan *aerophonic* merupakan sistem hidroponik yang paling canggih. *Aerophonic* berasal dari kata *Aero* dan *Phonic*. *Aero* berarti udara, *phonic* artinya cara budidaya, arti secara harafiah cara bercocok tanam di udara, atau bercocok tanam dengan sistem pengkabutan, dimana akar tanamannya menggantung di udara tanpa media, dan kebutuhan nutrisinya dipenuhi dengan cara spraying ke akarnya.

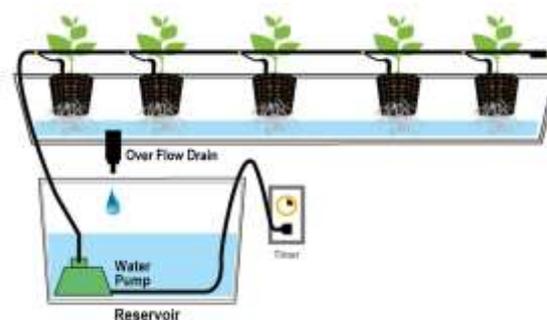


Gambar 2.5 Hidroponik sistem *aeroponic* (Untara, 2014)

Hidroponik sistem *aeroponic* di Indonesia lebih dikenal dengan nama hidroponik teknik pengabutan. Teknik ini merupakan metode budidaya tanpa tanah dengan memberikan air dan nutrisi pada tanaman dalam bentuk butiran kecil atau kabut. Pengabutan berasal dari air dari bak penampungan yang disemprotkan menggunakan nozel sehingga nutrisi lebih cepat terserap akar tanaman. Penyemprotan berdasarkan durasi waktu yang diatur menggunakan pengatur waktu. Penyemprotan ke bagian akar tanaman yang sengaja digantung. Air dan nutrisi yang telah disemprot akan masuk menuju bak penampungan untuk disemprotkan kembali.

### 2.10.1.3 Sistem hidroponik drip

Sistem hidroponik drip merupakan teknik hidroponik yang memberikan air dan nutrisi dalam bentuk tetesan.

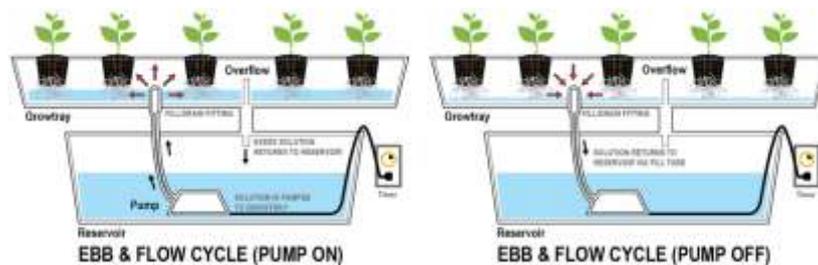


Gambar 2.6 Hidroponik sistem drip (Untara, 2014)

Tetesannya diarahkan tepat pada daerah perakaran tanaman agar tanaman dapat langsung menyerap air dan nutrisi yang diberikan.

#### 2.10.1.4 Sistem EBB & FLOW

Hidroponik Sistem Pasang Surut (*Ebb and Flow System*) adalah suatu sistem menanam dalam hidroponik dimana nutrisi atau pupuk diberikan dengan cara menggenangi/merendam media tanam (zona akar) untuk beberapa waktu tertentu, setelah itu nutrisi tadi dialirkan kembali ke bak penampungan.

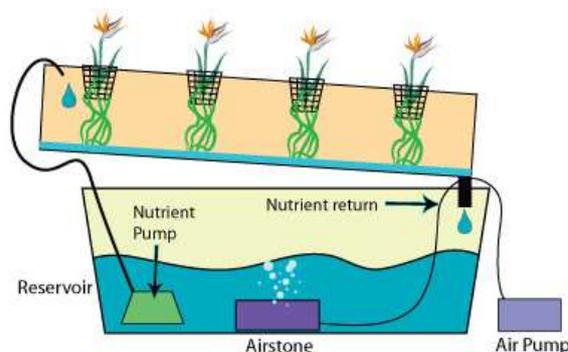


Gambar 2.7 Hidroponik sistem EBB & Flow (Untara, 2014)

Prinsip kerja dari sistem ini adalah nutrisi dipompakan ke dalam bak penampung yang berisi pot yang telah diisi media tanam diletakkan di atasnya. Pompa dihubungkan dengan pengatur waktu (*timer*) sehingga lamanya dan periode penggenangan dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman. Pada dasar bak kita pasang *siphon* yang berfungsi mengalirkan kembali nutrisi ke bak penampung nutrisi secara otomatis.

### 2.10.1.5 Sistem NFT (*Nutrient Film Technique*)

Kata “film” pada hidroponik NFT menunjukkan aliran tipis. Dengan demikian, hidroponik ini hanya menggunakan aliran air (nutrisi) sebagai medianya.



Gambar 2.8 Hidroponik sistem NFT (*Nutrient Film Technique*)  
(Untara, 2014)

Keunggulan sistem hidroponik ini antara lain air yang diperlukan tidak banyak, kadar oksigen terlarut dalam larutan hara cukup tinggi, air sebagai media mudah didapat dengan harga murah, pH larutan mudah diatur dan ringan sehingga dapat disangga dengan talang (peralon). Oleh karena itu penelitian ini menggunakan sistem hidroponik NFT.

Dalam sistem hidroponik, air dialirkan ke deretan akar tanaman secara dangkal. Akar tanaman berada di lapisan dangkal yang mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman. Perakaran dapat berkembang di dalam nutrisi dan sebagian lainnya berkembang di atas permukaan larutan. Aliran air sangat dangkal, jadi bagian atas perakaran berkembang di atas air yang meskipun lembab tetap berada di udara. Di sekeliling perakaran itu terdapat selapis larutan nutrisi.

Dari sinilah muncul istilah NFT yang didefinisikan sebagai metode budidaya tanaman dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal

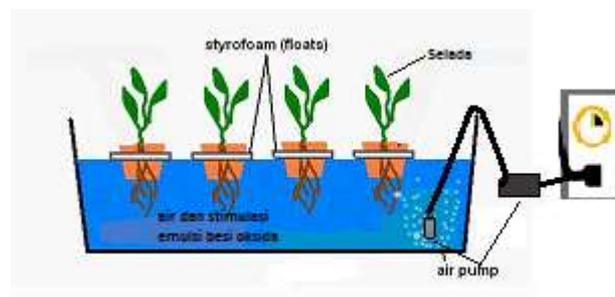
dan tersirkulasi, yang memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi dan oksigen.

Pada sistem NFT, air atau nutrisi dialirkan dalam wadah penanaman (peralon). Wadah penanaman dibuat miring agar nutrisi zat besi dapat mengalir. Nutrisi zat besi yang telah melewati wadah penanaman, ditampung dalam bak atau tangki dan kemudian dipompa untuk dialirkan kembali. Tinggi nutrisi zat besi hanya 3 mm, tidak boleh lebih dari itu karena air yang terlalu tinggi akan menyebabkan oksigen terlarut sedikit.

Salah satu prinsip dasar NFT ialah ketebalan air di dalam hanya beberapa millimeter saja (biasanya 3 mm). Dengan demikian, banyak akar bertumpuk di atas aliran air dan rapat sehingga bila tanaman tumbuh subur, akarnya tebal. Ketebalan lapisan air tergantung kecepatan air yang masuk dan kemiringan talang.

#### 2.10.1.6 Sistem Deep Water Culture

Salah satu metode hidroponik yang mudah diterapkan adalah *Deep Water Culture* (DWC) atau metode kultur Rakit Apung.



Gambar 2.9 Hidroponik sistem *Deep Water Culture* (Untara, 2014)

Disebut Rakit Apung karena tanaman dibuat terapung diatas rakit *styrofoam* yang telah diberi lubang seukuran pot tanam. Adapun istilah *Deep Water Culture* disematkan dalam metode ini karena akar tanaman senantiasa terendam dalam air.

Dalam kultur ini, akar tanaman dibiarkan terendam dalam larutan air yang kaya akan oksigen dan nutrisi. Nutrisi sangat berperan dalam setiap metode hidroponik, tidak terkecuali dalam kultur Rakit Apung ini. Hal ini dikarenakan metode bercocok tanam secara hidroponik ini memang tidak menggunakan tanah sebagai media tanam, sehingga praktis nutrisi harus cukup tersedia bagi tanaman. Nutrisi yang digunakan tentunya adalah nutrisi yang mudah larut dalam air sehingga memudahkan bagi akar tanaman untuk menyerapnya.

Berhubung akar tanaman terendam dalam air secara terus-menerus, ketersediaan oksigen terlarut dalam air juga mutlak diperlukan karena pada dasarnya akar tanaman juga perlu bernapas dan untuk itu diperlukan ketersediaan oksigen yang cukup. Kecukupan oksigen terlarut dapat diciptakan dengan menggunakan pompa udara yang biasa dipakai untuk akuarium yang dihubungkan ke *air stone* melalui selang udara. Gelembung-gelembung udara yang keluar secara kontinyu melau *air stone* ini akan menciptakan kondisi air yang telah mengandung nutrisi menjadi kaya akan oksigen.

Untuk memulai bercocok tanam dengan kultur Rakit Apung ini, benih / biji tanaman disemaikan dalam tanah terlebih dahulu. Setelah tanaman mulai berkecambah dengan mengeluarkan beberapa helai daun (biasanya dalam rentang waktu 2 minggu), tanah yang telah ditumbuhi tanaman tersebut selanjutnya diletakkan dalam pot khusus yang biasa disebut net pot yang dipasang pada

lubang-lubang rakit styrofoam. Selanjutnya Rakit diletakkan diatas air yang telah disiapkan dalam wadah.

Tanaman yang umum dibudidayakan dengan menggunakan metode ini adalah tanaman sayuran, khususnya selada sehingga ada juga yang menyebut kultur Rakit Apung ini dengan sebutan *Lettuce Culture*.

**Kelebihan sistem *Deep Water Culture* :**

1. Tanaman mendapat suplai air dan nutrisi secara terus menerus.
2. Lebih menghemat air dan nutrisi.
3. Mempermudah perawatan karena tidak perlu melakukan penyiraman.
4. Biaya pembuatan cukup murah.

**Kekurangan sistem *Deep Water Culture* :**

1. Oksigen akan susah didapatkan tanaman tanpa bantuan alat (aerator, *airstone*).
2. Akar tanaman lebih rentan terhadap pembusukan.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Penelitian**

Pengambilan sampel dilakukan pada *greenhouse* di daerah Villa Siberi Banjarejo, Boja, Kendal. Karakterisasi sifat kemagnetan sampel sayuran selada dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral Dan Material Maju FMIPA, Universitas Negeri Malang. Karakterisasi kandungan Fe dalam sampel sayuran selada dilakukan di Laboratorium Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan antara lain *suceptibilitymeter Barington MS2B* untuk mengukur nilai suseptibilitas magnetik pada sampel. Uji kandungan logam besi dalam sampel menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu.

Alat –alat pendukung media tanam hidroponik lainnya yaitu pot untuk tempat sampel tumbuh. *Styrofoam* digunakan sebagai penyangga agar sampel tumbuh mengapung diatas air. Bak (penampung air) berperan sebagai tempat media tanam yang berisi air dan nutrisi hidroponik. Akar tanaman yang terus-menerus terendam dalam air membutuhkan oksigen, ketersediaan oksigen pada air diciptakan menggunakan *air pump* berfungsi sebagai alat pompa udara dan *air stone* berguna menciptakan gelembung-gelembung udara. Alat yang digunakan untuk menghubungkan udara dari *air pump* ke *air stone* menggunakan selang.

### **3.2.2 Bahan**

Sampel yang digunakan yaitu bibit tanaman selada (Merk *Ritan Seed*). Sampel awalnya ditumbuhkan pada media tanah lalu kemudian di pindah tanam pada media sekam bakar. Sekam bakar digunakan sebagai penopang tumbuhnya sampel pada pot. Bahan yang paling penting yaitu air, air digunakan sebagai media tumbuh sampel dan juga sebagai tempat akar tanaman menyerap unsur hara yang diperlukan. Stimulasi yang ditambahkan pada sampel menggunakan emulsi besi oksida yang disintesis dari bahan pasir besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan asam klorida (HCl).

### **3.3 Prosedur Penelitian**

Alur penelitian dalam meningkatkan kandungan logam besi pada sayuran dilakukan dengan beberapa tahap. Yang pertama tahap penyemaian bibit (biji), sintesis besi oksida dengan metode pelarutan pasir besi dalam HCl, pembuatan media hidroponik, pengambilan sampel dengan interval waktu yang sama yaitu 7 hari, dan tahap terakhir karakterisasi sampel dan analisa data hasil karakterisasi.

#### **2.3.1 Penyemaian Bibit**

Penelitian diawali dengan menyemai biji selada pada pot dengan media tanam campuran tanah dan kompos. Bibit selada yang telah berumur 2 minggu dipindahkan pada pot dengan media tanam sekam bakar.



Gambar 3.1 Penyemaian bibit selada pada media tanah

### 3.3.2 Sintesis Besi Oksida dengan Metode Pelarutan Pasir Besi dalam HCl

Nutrisi yang akan lebih banyak di tambahkan pada media hidroponik adalah nutrisi yang banyak mengandung logam besi. Logam besi dibuat dengan memanfaatkan pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) disintesis dengan asam klorida (HCl) menghasilkan senyawa menurut reaksi berikut :



Hasil sintesis pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan asam klorida (HCl) menunjukkan bahwa larutan hasil reaksi mengandung kaya akan ion besi  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion besi  $\text{Fe}^{2+}$ . Hasil reaksi tersebut adalah bentuk dari larutan garam klorida besi dari  $\text{FeCl}_3$  dan larutan garam klorida besi dari  $\text{FeCl}_2$ . Larutan tersebut selanjutnya didiamkan, lalu menghasilkan sebuah endapan berwarna hitam yang merupakan sisa dari pasir besi yang tidak ikut dalam reaksi yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Larutan yang sudah dipisahkan dari endapan bersifat lebih homogen karena tidak terdapat endapan lagi. Larutan inilah yang akan dicampurkan dengan air dan digunakan untuk nutrisi zat besi pada sampel.



Gambar 3.2 Hasil sintesis pasir besi dan asam klorida (HCl)

Dalam keadaan tereduksi besi kehilangan dua elektron, oleh karena itu mempunyai dua sisa muatan positif. Besi dalam bentuk dua ion bermuatan positif ini adalah bentuk ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Dalam keadaan teroksidasi, besi kehilangan tiga elektron sehingga mempunyai sisa tiga muatan positif yang dinamakan bentuk Ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

### 3.3.3 Membuat Media Hidroponik

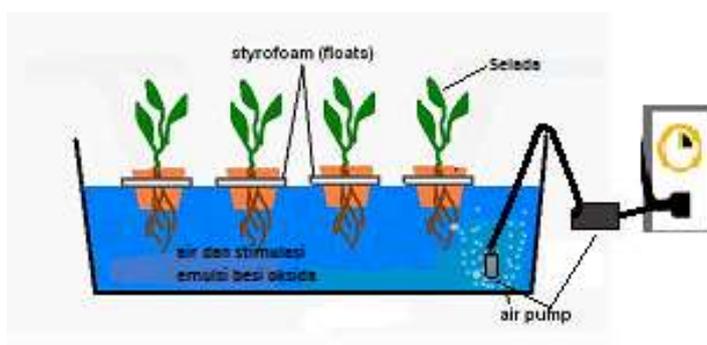
Sampel hasil semai yang telah berumur 2 minggu dipindahkan pada pot dengan media tanam sekam bakar. Pot yang digunakan diberi lubang dengan tujuan supaya air dapat masuk kedalam media tanam. Pot kemudian dipasang pada rakit *styrofoam* yang telah diberi lubang seperti ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Akar tanaman selada yang terendam dalam air menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture* (Untara, 2014)

Konsep dasar media hidroponik yang digunakan adalah sistem hidroponik *Deep Water Culture*. Dinamakan sistem hidroponik *Deep Water Culture* karena akar tanaman selada senantiasa terendam dalam air.

Cara membuat sistem hidroponik *Deep Water Culture* ini yaitu pertama menyiapkan bak (tempat penampung air) yang nantinya sebagai media tanam sampel. Kemudian melubangi pot agar besi oksida dapat langsung diserap oleh akar tanaman. Membuat lubang-lubang rakit *styrofoam* untuk penyangga pot agar tetap terapung diatas air. Setelah itu dirakit seperti halnya gambar 3.4 :



Gambar 3.4 Sistem hidroponik *Deep Water Culture* (Untara, 2014)

Pada sistem ini akar tanaman terendam dalam air secara terus-menerus, ketersediaan oksigen terlarut dalam air juga mutlak diperlukan karena pada dasarnya akar tanaman juga perlu bernapas dan untuk itu diperlukan ketersediaan oksigen yang cukup.

Kecukupan oksigen terlarut dapat diciptakan dengan menggunakan *air pump* yang biasa dipakai untuk aquarium yang dihubungkan ke *air stone* melalui selang udara. Gelembung-gelembung udara yang keluar secara kontinyu melau *air stone* ini akan menciptakan kondisi air kaya akan oksigen.

### 3.3.4 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali dengan interval waktu yang relatif sama yaitu 7 hari. Pada pengambilan sampel sebelum pindah tanam ke media hidroponik, pengambilan sampel tanaman selada minggu ke-1 setelah pindah tanam, pengambilan sampel tanaman selada minggu ke-2 setelah pindah tanam, dan pengambilan sampel tanaman selada minggu ke-3 setelah pindah tanam. Yang selanjutnya pada penelitian ini disebut sebagai S-0, S-1, S-2, dan S-3.



Gambar 3.5 Pengambilan sampel yang telah di stimulasi emulsi besi oksida  
Sampel selanjutnya di keringkan dibawah sinar matahari. Pengeringan secara alami ini bertujuan agar sampel tidak busuk ketika harus menunggu proses karakterisasi suseptibilitas magnetik dan Spektrofotometer UV.



Gambar 3.6 Sampel yang sudah dikeringkan dan siap dikarakterisasi

### 3.3.5 Karakterisasi Sampel

#### 3.3.5.1 Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ )

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) merupakan ukuran dasar bagaimana sifat kemagnetan suatu bahan. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan, maka dapat diketahui pula banyak sedikitnya mineral magnetik yang menjadi unsur penyusun dari bahan tersebut.

Deteksi sifat magnetik pada sayuran selada nantinya akan diuji menggunakan *Suceptibility-meter Barington MS2B*, bekerja sama dengan Laboratorium Sentral Mineral Dan Material Maju FMIPA, Universitas Negeri Malang.

#### 3.3.5.2 Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu

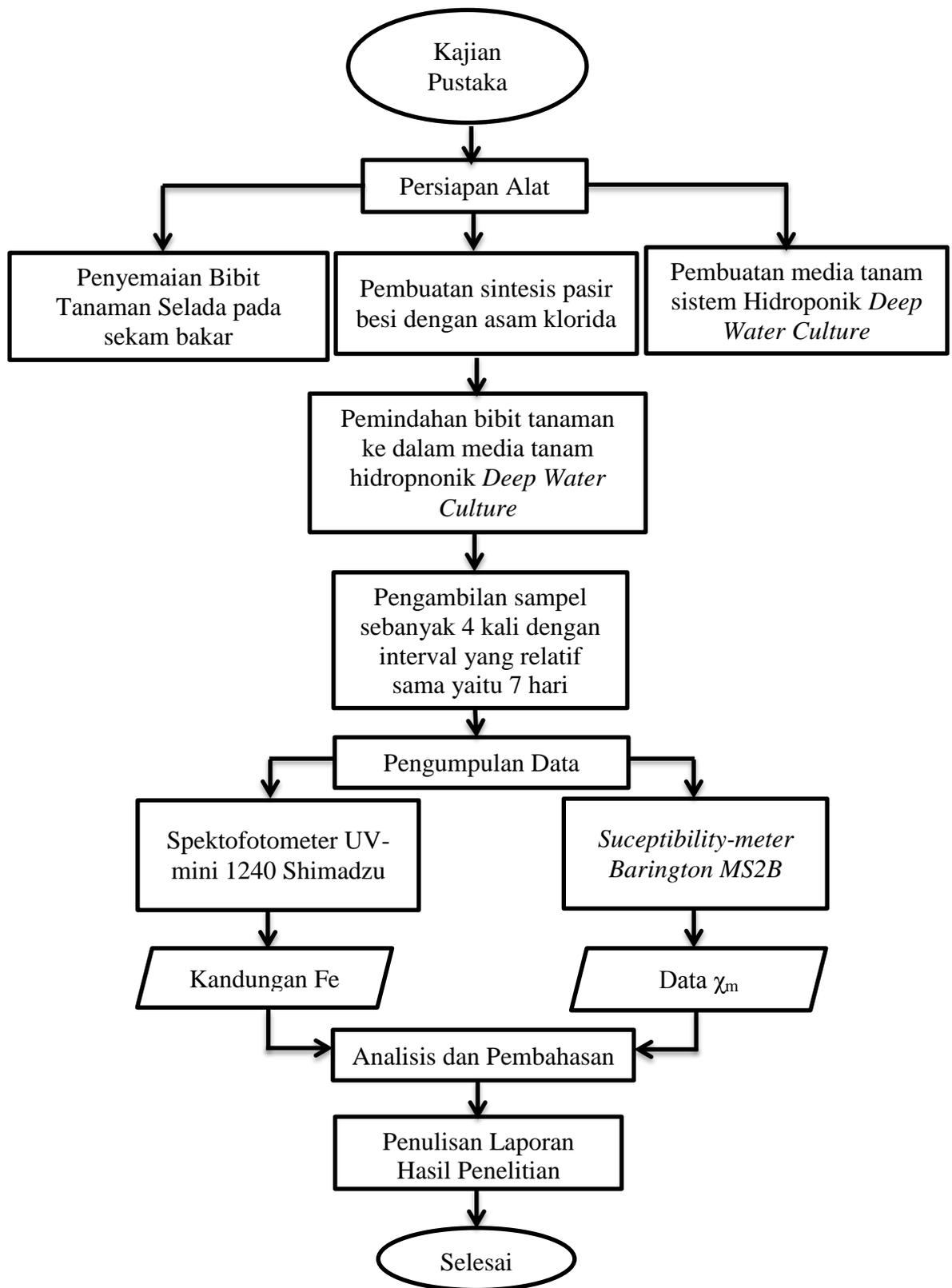
Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu adalah alat analisis sampel dengan menggunakan prinsip-prinsip absorpsi radiasi gelombang elektromagnetik

oleh bahan untuk panjang gelombang sinar UV sampai dengan sinar tampak. Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu untuk menentukan kandungan zat organik/anorganik dalam larutan.

Data banyaknya kandungan logam besi dalam contoh tanaman per satuan massa akan dikumpulkan melalui pengukuran dengan menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu yang terdapat di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Adapun prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pembuatan media tanam
3. Penyemaian bibit
4. Sintesis pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan asam klorida (HCl)
5. Pengambilan sampel
6. Karakterisasi sampel
7. Karakterisasi sifat magnetik sampel
8. Analisis hasil penelitian
9. Penyusunan laporan penelitian

Prosedur penelitian ini digambarkan dalam gambar 3.6.



Gambar 3.7 Skema alur penelitian sayuran selada yang distimulasi emulsi besi oksida dan ditumbuhkan menggunakan sistem hidroponik

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Penelitian

Pasir besi telah banyak dikembangkan sebelumnya di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Pada tahun 2003 mulai penambangan pasir, dikembangkan oleh Prihatin (2004) pembuatan serbuk barium ferrite ( $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dengan bahan dasar pasir besi pantai Bayuran Jepara Jawa Tengah dan karakterisasi sifat magnetik. Rahman (2012) mulai mensintesis pewarna magnetik berbahan dasar besi oksida. Salah satu aplikasi terbaru dari perkembangan pasir besi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang distimulasi pada sayuran mulai dikembangkan Aji & Yulianto (2005), Kuncoro (2009), Kusumastiti (2013), hingga sekarang dengan menggunakan sistem yang berbeda yaitu sistem hidroponik *Deep Water Culture*.

Stimulasi emulsi besi oksida ke dalam sampel bertujuan agar sampel mengandung kaya akan zat besi. Dalam segi kesehatan, sayuran yang kaya akan zat besi juga dapat dijadikan sebagai terobosan dalam memenuhi kebutuhan zat besi guna meningkatkan hemoglobin pada tubuh manusia dengan cara mengkonsumsinya.

Sampel yang digunakan menggunakan tanaman selada. Tanaman selada ditumbuhkan dengan sistem hidroponik *Deep Water Culture* pada *Green House*

semi permanen. *Green House* dibuat khusus agar terhindar dari paparan sinar UV secara langsung serta terhindar dari hama tanaman. Stimulasi emulsi besi oksida diberikan pada media hidroponik setelah 1 minggu tanaman selada pindah tanam. Pindah tanam adalah pemindahan tanaman dari media tanah (awal semai bibit tanaman selada sampai dengan umur 14 hari) ke media hidroponik *Deep Water Culture*.

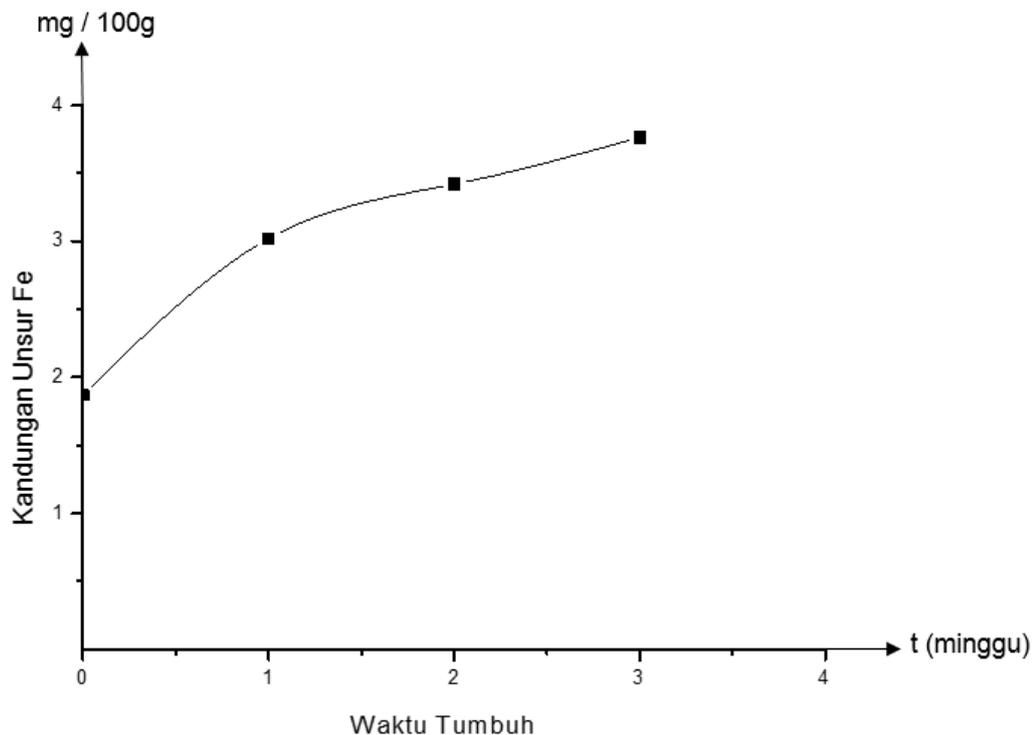
Pengambilan sampel tanaman selada dilakukan sebanyak 4 kali dengan interval waktu yang relatif sama yaitu 7 hari. Mulai dari minggu ke-0 hingga minggu ke-3 setelah pindah tanam yang kemudian disebut sebagai S-0, S-1, S-2, dan S-3.

Deteksi sifat magnetik pada sayuran selada akan diuji menggunakan susceptibilitas magnetik, yaitu dengan *Suceptibility-meter Barington MS2B*, bekerja sama dengan Laboratorium Sentral Mineral Dan Material Maju FMIPA, Universitas Negeri Malang. Data banyaknya kandungan logam besi dalam contoh tanaman per satuan massa akan diketahui melalui pengukuran Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu yang terdapat di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

## **4.2 Karakterisasi Hasil Penelitian**

### **4.2.1 Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu**

Analisis kandungan logam zat besi dengan menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu diperoleh hubungan antara waktu tumbuh sampel S-0 hingga S-3 dan banyaknya kandungan logam besi seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 sebagai berikut:



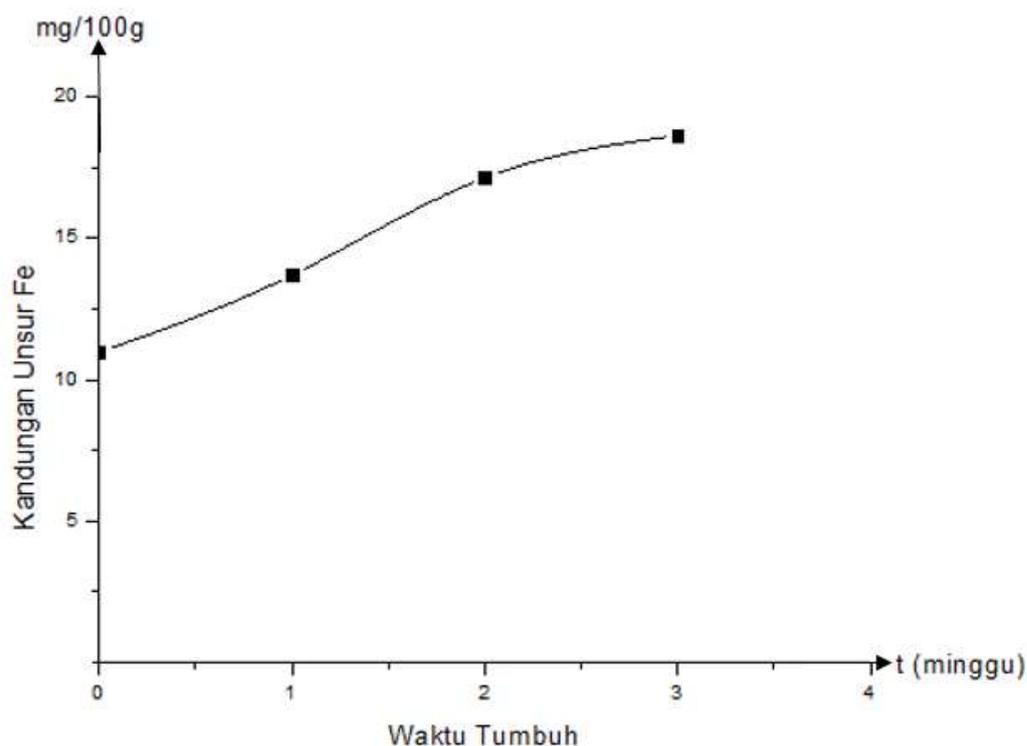
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara waktu tumbuh (t) dengan banyaknya kandungan logam besi (mg/100g) pada penanaman sampel pertama

Pada Gambar 4.1 menyatakan grafik mengalami peningkatan pada sampel S-0 hingga sampel S-3. Sampel S-0 merupakan sampel tanaman selada yang belum distimulasi besi oksida menyatakan kandungan logam besi sebesar 1.87 mg/100g. Ketika mulai di stimulasi besi oksida, kandungan logam besi pada sampel mengalami peningkatan secara signifikan yaitu 3.02 mg/100g, 3.42 mg/100g dan 3.76 mg/100g.

Kandungan logam besi terlihat pada Gambar 4.1 belum mencapai titik saturasi. Ini dikarenakan waktu tumbuh sampel yang kurang lama. Waktu tumbuh sampel yang lebih lama akan menunjukkan ada tidaknya titik saturasi pada sampel. Pada penanaman pertama ini pemberian stimulasi emulsi besi oksida

hanya diberikan 1x diawal ketika tanaman mulai pindah tanam pada media hidroponik. Selanjutnya ketika air pada media hidroponik mulai surut, air ditambahkan tanpa memberikan stimulasi besi oksida kembali.

Untuk membandingkan kandungan logam besi pada sampel pertama, sampel sayuran selada kemudian ditanam lagi dengan penanaman hidroponik *Deep Water Culture* yang lebih terkontrol. Artinya, stimulasi emulsi besi oksida akan selalu di kontrol dan distimulasi besi oksida kembali ketika air mulai surut. Adapun berbandingan grafik penanaman sampel pertama dengan sampel kedua dapat dilihat pada grafik 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu tumbuh (t) dengan banyaknya kandungan logam besi (mg/100g) pada penanaman sampel kedua

Pada Gambar 4.2 terlihat perbedaan yang sangat signifikan dibandingkan pada Gambar 4.1. Pada gambar menunjukkan kandungan logam besi pada penanaman kedua jauh lebih tinggi yaitu mencapai 18.63 mg/100g pada sampel S-4. Dibandingkan dengan penanaman pertama yang hanya mencapai 3.76 mg/100g. Ini membuktikan bahwasanya pemberian stimulasi emulsi besi oksida pada penanaman hidroponik yang lebih terkontrol sangat efektif untuk meningkatkan kandungan logam besi pada sayuran.

#### 4.2.2 Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ )

Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) terhadap sampel tanaman selada menggunakan *Suceptibility-meter Barington MS2B* ditunjukkan pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik pada sampel yang telah di stimulasi besi oksida

Sampel	Suseptibilitas Magnetik ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ )
S-0	0.6
S-1	1.5
S-2	0.54
S-3	0

Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik pada sampel mengalami fluktuasi. Sampel S-0 yang belum di *treatment* menggunakan stimulasi emulsi besi oksida mempunyai nilai suseptibilitas magnetik sebesar  $0.6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , dapat dikatakan sampel S-0 ini mempunyai material magnetik yang bersifat paramagnetik.

Pada sampel S-1 mengindikasikan sampel bersifat ferromagnetik karena mengalami kenaikan nilai suseptibilitas magnetik yang cukup pesat setelah diberikan stimulasi emulsi besi oksida yaitu sebesar  $1.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Nilai suseptibilitas magnetik pada sampel S-2 mengalami penurunan sebesar  $0.54 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , ini artinya sampel kembali bersifat paramagnetik.

Fenomena yang menarik terjadi pada sampel S-3 dimana nilai suseptibilitas magnetik dari sampel menunjukkan nilai 0 yang artinya tidak terdapat mineral magnetik yang terkandung pada sampel tersebut.

### 4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Suseptibilitas magnetik merupakan ukuran dasar bagaimana sifat kemagnetan bahan. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan, maka dapat diketahui juga banyak sedikitnya mineral magnetik yang menjadi unsur penyusun dari bahan tersebut.

Sebelum diuji menggunakan suseptibilitas magnetik sampel diuji kandungan logam besi dengan Spektrofotometer UV mini 1240 Shimadzu. Hasil pengujian kandungan logam besi mengalami peningkatan dari sampel S-0 hingga S-3 pada penanaman sampel pertama ataupun penanaman sampel kedua.

Peningkatan hasil kandungan logam besi ini dikarenakan nutrisi yang ditambahkan pada media hidroponik adalah nutrisi yang banyak mengandung logam besi. Logam besi dibuat dengan sintesis pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan larutan asam klorida (HCl) menghasilkan senyawa menurut reaksi berikut :



Hasil sintesis pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) menunjukkan bahwa larutan hasil reaksi mengandung kaya akan ion besi  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion besi  $\text{Fe}^{2+}$ . Hasil reaksi tersebut adalah bentuk dari larutan garam klorida besi dari  $\text{FeCl}_3$  dan larutan garam klorida besi dari  $\text{FeCl}_2$ . Larutan tersebut yang selanjutnya didiamkan lalu menghasilkan sebuah endapan berwarna hitam yang merupakan sisa dari pasir besi yang tidak ikut dalam reaksi yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Larutan ini lebih tepat disebut sebagai emulsi dikarenakan cairan tersebut tidak saling campur.

Stimulasi emulsi besi oksida ini dicampurkan pada media hidroponik sebanyak 10 mL tiap 4 Liter air diawal pindah tanam pada penanaman sampel pertama. Selanjutnya untuk membandingkan hasilnya pada penanaman sampel kedua diberikan secara lebih terkontrol pada media hidroponik. Inilah yang menyebabkan kandungan logam besi pada penanaman sampel kedua mengalami peningkatan yang jauh lebih tinggi seiring dengan waktu tumbuh. Peningkatan ini dikarenakan akar tanaman selada yang terus menerus terendam dalam air yang mengandung emulsi besi oksida.

Setelah mengetahui kandungan logam besi pada masing-masing sampel, selanjutnya diuji nilai suseptibilitas magnetik dengan menggunakan *Suceptibility-meter Barington MS2*. Hasil nilai suseptibilitas magnetik fluktuatif dikategorikan sebagai bahan paramagnetik hingga bahan ferromagnetik. Ternyata hasil kandungan logam besi pada sampel tidak berbanding lurus dengan nilai suseptibilitas magnetik, ini terlihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Perbandingan kandungan logam besi dengan nilai suseptibilitas magnetik pada tanaman selada

<b>Sampel</b>	<b>Kandungan logam besi (mg/100g)</b>	<b>Suseptibilitas Magnetik (<math>\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}</math>)</b>
---------------	---------------------------------------	--

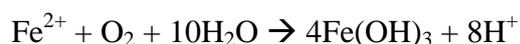
S-0	1.87	0.6
S-1	3.02	1.5
S-2	3.42	0.54
S-3	3.76	0

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa semakin tinggi nilai suseptibilitas magnetik tanaman selada belum tentu kandungan logam besi yang terkandung didalamnya tinggi juga, dan sebaliknya semakin tinggi kandungan logam besi pada tanaman selada belum tentu semakin tinggi pula nilai suseptibilitas magnetiknya. Sebagai contoh nilai suseptibilitas magnetik sampel S-2 tanaman selada sebesar  $0.54 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  dan kandungan logam besinya yaitu sebesar 3.42 mg/100g.

Fenomena yang menarik yaitu pada sampel S-3 mempunyai nilai suseptibilitas magnetik sebesar 0 artinya tidak terdapat mineral magnetik didalam tanaman selada tersebut. Namun jika dilihat dari kandungan logam besi, sampel S-3 menunjukkan data kandungan logam besi yang paling tinggi yaitu sebesar 3.76 mg/100g.

Hal ini mengindikasikan bahwa unsur mikro besi (Fe) diserap dengan baik oleh sampel dalam bentuk feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ataupun fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Ditunjukkan pada sampel S-0 dan sampel S-1 kandungan logam besi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai suseptibilitas magnetik. Menariknya pada sampel S-2 dan S-3 kandungan logam besi meningkat namun nilai suseptibilitas magnetik menurun. Diduga ini dikarenakan keberadaan Fe yang telah transisi dalam bentuk lain seperti halnya  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeOH}$ , ataupun  $\text{FeOOH}$ . Sifat magnetik sayuran bervariasi bergantung pada jumlah kandungan dan bentuk senyawa.

$\text{Fe}^{2+}$  merupakan ion yang mudah larut dalam air dioksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ . Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya pada reduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen. Kondisi tidak ada oksigen air tanah mengandung  $\text{Fe}^{2+}$  jernih tetapi saat mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer ion  $\text{Fe}^{2+}$  akan berubah menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dengan reaksi sebagai berikut :



Diketahui bahwa  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})\text{CO}_3$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{FeCO}_2$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  nantinya akan mengendap dalam air. Yang terlarut hanyalah kandungan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{FeOH}^+$ .

Bila nilai kandungan logam besi pada sampel dibandingkan dengan penelitian Kusumastiti (2013) yang dapat dilihat pada lampiran 1, memperlihatkan sampel yang ditanam menggunakan media tanah mempunyai nilai kandungan logam besi lebih tinggi jika dibandingkan dengan media hidroponik *Deep Water Culture*. Penanaman menggunakan media tanah lebih tinggi nilai kandungan logam besi sebesar 129.4 mg/100g dibandingkan dengan media tanam hidroponik *Deep Water Culture* sebesar 18.63 mg/100g.

Begitu pula nilai suseptibilitas magnetik pada penelitian Kusumatuti (2013) yang dapat dilihat pada lampiran 1, mempunyai nilai yang sangat berbeda jauh dengan hasil nilai suseptibilitas magnetik pada sampel. Tanaman selada yang di tanam pada media tanah di *treatment* ataupun yang tidak di *treatment* menggunakan pengotor Fe mempunyai nilai suseptibilitas magetik yang jauh lebih tinggi sebesar  $100.2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  untuk yang sudah di *treatment* dengan pengotor Fe dan  $9.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  bagi yang belum di *treatment* dengan pengotor Fe. Ini

sangat jauh berbeda dengan hasil pengukuran susceptibilitas magnetik sampel pada penelitian ini hanya sebesar  $0.6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ .

Walaupun hasil karakterisasi tidak menunjukkan nilai kandungan logam besi dan susceptibilitas magnetik yang tinggi, namun pada penelitian ini telah berhasil membuat suatu sistem penanaman yang lebih terkontrol. Unsur-unsur yang berada media tanam hidroponik ini dapat lebih dikontrol dibandingkan menggunakan media tanah. Pada media tanam tanah mempunyai unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan unsur hara mikro (Z, Cu, Mn, Mo, B, Fe, dan Cl) yang berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain, seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Aji & Yulianto (2005), hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Hasil kandungan zat besi pada sayuran selada yang didapat pada penelitian ini signifikan terhadap kebutuhan zat besi per hari yang yang dibutuhkan tubuh manusia. Angka kebutuhan zat besi untuk tubuh manusia pada berbagai golongan umur juga sudah dijelaskan pada Tabel 2.4. Jumlah zat besi yang dikonsumsi harusnya lebih banyak dari jumlah yang dibutuhkan, karena tidak semua jumlah zat besi yang dikonsumsi akan diserap.

Pemberian stimulasi emulsi besi oksida pada media hidroponik *Deep Water Culture* berhasil memberikan pengaruh terhadap kenaikan kandungan logam besi pada sampel. Kontribusi media tanam juga sangat besar pengaruhnya terhadap seberapa besar kandungan logam besi yang terdapat pada sampel.

# **BAB 5**

## **PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil deteksi magnetik mengalami fluktuasi pada berbagai sampel.  
Berdasarkan karakterisasi *Suceptibilitymeter Barington MS2B* diketahui bahwa sifat magnetik sayuran bervariasi bergantung pada jumlah kandungan dan bentuk senyawa.
2. Stimulasi besi oksida yang diberikan pada sampel pada sistem hidroponik *Deep Water Culture* sangat efektif untuk meningkatkan kandungan logam besi. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV memperlihatkan nilai kandungan logam besi yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kandungan logam besi pada produk sayuran selada yang ada dipasar.

### **5.2 Saran**

Penelitian yang telah dilakukan memiliki beberapa kekurangan, salah satunya pada sampel tanaman yang terlalu sedikit, penulis memberikan saran agar penelitian selanjutnya memilih project penelitian tanaman yang mempunyai waktu tumbuh yang cukup lama agar mempunyai variasi sampel tanaman yang nantinya akan dikarakterisasi lebih banyak, sehingga lebih teliti untuk dibahas lebih lanjut.

Sistem penanaman sampel yang kurang terkontrol dari awal juga mempengaruhi hasil karakterisasi. Penulis memberikan saran agar sistem penanaman lebih dikontrol sejak awal penyemaian bibit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M.P. & A. Yulianto. 2005. *Pengukuran Suseptibilitas Magnetik pada Tanaman Kangkung dari Area yang Tercemar di Semarang*. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Bahan Magnet (SNBM) 4. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Cahyono, P.H. 2010. *Gizi Zat Besi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Cullity, B.D. & C.D. Graham. 2009. *Introduction to Magnetic Materials* (2<sup>th</sup> ed.). Canada: IEEE press.
- Dearing, J. 2003. *Environmental Magnetic Suceptibility Using the Bartington MS2 System*. London: British Library.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Idris, P.Fairuz, & Citrakesumasari. 2008. Faktor-faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Anemia Pada Ibu Hamil di Wilayah Kerja Puskesmas Antara Kota Makassar Tahun 2005. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Madani*. Vol.01, No.01, Hal 25.
- Kartamihardja, E. 2008. *Anemia Definisi Besi*. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- Kuncoro, R.A. 2009. *Investigasi Kandungan Logam Besi Pada Tanaman Kangkung Dengan Metode Magnetik*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Kusumastiti, M.D. 2013. *Kajian Kandungan Logam Magnetik pada Berbagai Macam Sayuran*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Lahuddin. 2007. *Aspek unsur Mikro Dalam Kesuburan Tanah*. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Mas'ud, H. 2009. *Sistem Hidroponik Dengan Nutrisi Dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Selada*. Media Litbang Sulteng 2 (2): 131–136, Desember 2009. ISSN: 1979 – 5971.
- Prihatin, S. 2004. *Pembuatan Serbuk Barium Ferrite ( $BaO.6Fe_2O_3$ ) dengan Bahan Dasar Pasir Besi Pantai Bayuran Jepara Jawa Tengah dan Karakterisasi Sifat Magnetik*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Purbayanti, D.P., D.R. Lukiwati, & R.Trimulatsih. 1991. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Purnadhibrata, M. 2011. Upaya Pencegahan Anemia Gizi Besi pada Ibu Hamil. *Jurnal Ilmu Gizi*. Vol. 2, No.2. Agustus 2011: 118-124.
- Rahman, T.P. 2012. *Sintesis Pewarna Magnetik Berbahan Dasar Besi Oksida*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Rubatzky, V.E. & M. Yamaguchi. 2000. *Sayuran dunia 2 Prinsip Produksi Gizi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Said, N.I. 2003. *Metoda Praktis Penghilang Zat Besi dan Mangan Di Dalam Air Minum*. Jakarta: Kelair-BPPT.
- Salisbury, F.B. & C.W. Rossy. 2000. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Silvina, F. & Syafrinal. 2008. Penggunaan Berbagai Medium Tanam dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Produksi Mentimun Jepang. *Jurnal Korespondensi*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Solihah, L.K. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano  $Fe_3O_4$  yang Berasal dari Pasir Besi dan  $Fe_3O_4$  Bahan Komersial (Aldrich)*. Skripsi. Surabaya: FMIPA Inisitut Teknologi Sepuluh November.
- Suhardjo & C.M. Kushart. 2000. *Prinsip-prinsip Ilmu Gizi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sulhakudin. 2008. Pengaruh Volume Air Penyiraman da Takaran Mulsa Jerami terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada Keriting di Lahan Pasir Pantai Bugel. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Susila, A. & Y. Koerniawati. 2004. *Pengaruh Volume Jenis Media Tanam pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada dalam Teknologi Hidroponik Sistem Terapung*. Makalah dipresentasikan pada Kongres dan Seminar Nasional Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHORTI), Jakarta 22 September 2004.
- Tipler, P.A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Translated by Bambang, S. Jakarta: Erlangga.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2010. *USDA database for the Proanthocyanidin content of selected foods*. Nutrient Data Laboratory. Tersedia di <http://USDA.or.id> (diakses pada tanggal 22 April 2015 pukul 11.20 WIB).
- Untara, T. 2014. *Pertanian Modern*. Tersedia di <http://berkebunhidroponik.go.id> (diakses pada tanggal 25 April 2015 pukul 07.20 WIB).

- Wasiaturrohmah. 2008. *Respon Plasma Nutfah Kedelai (Glycine max (L.) Merrill) terhadap Keracunan Fe*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wasonowati, C., S. Sinar, & R. Ade. 2013. *Respon Dua Varietas Tanaman Selada (Lactuca Sativa L.) Terhadap Macam Nutrisi Pada Sistem Hidroponik*. Agrovigor Vol. 6, No.1. ISSN 1979 5777.
- WHO. 2012. *Guideline: Daily iron and folic acid supplementation in pregnant women*. Geneva, World Health Organization. Tersedia di <http://www.who.or.id> (diakses pada tanggal 7 Juni 2015 pukul 17.17 WIB).
- Williams, C.N., J.O. Uzo, & W.T.H. Peregrine. 1993. *Produksi Sayuran di Daerah Tropika*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Gaya Media.
- Wisam, A. 2007. *Membuat Tanaman Sayuran di Pekarangan*. Jakarta: CV.Sinar Cemerlang Abadi.
- Yuliani., N.Roska, & S. Arief. 2013. Penggunaan Reduktor Organik Dan Anorganik Pada Proses Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Dengan Metode Kopresipitas. *Jurnal Kimia Unand*. Vol.2, No.1 ISSN No. 2303-3401 Maret 2013.
- Yulianto, A. 2007. Fasa Oksida Besi Untuk Sintesis Serbuk Magnet Ferit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 8. ISSN: 1411-1098.

### Lampiran 1.

#### Data Perbandingan Nilai Suseptibilitas Magnetik Dengan Kadar Fe Yang Terkandung Dalam Tanaman Sayuran

Kusumastiti, M.D. 2013. *Kajian Kandungan Logam Magnetik pada Berbagai Macam Sayuran*. Skripsi. Semarang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.

No	Sayuran	Kadar Fe (mg/kg)	Suseptibilitas Magnetik ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ )
1	Bayam	494,17	19.8
2	Kangkung	1752,91	10.9
3	Daun singkong	417,09	31.0
<b>4</b>	<b>Selada</b>	<b>1294,87</b>	<b>7.0</b>
5	Sawi	2012,82	23.8
6	Seledri	500,00	8.1
7	Tomat	1256,41	28
8	Daun Ubi	2410,26	17.6

## Lampiran 2.

### Data Pengukuran Suseptibilitas Magnetik Sampel Tanaman Kangkung Dari Area Yang Tercemar di Semarang

Aji, M.P & A. Yulianto. 2005. *Pengukuran Suseptibilitas Magnetik pada Tanaman Kangkung dari Area yang Tercemar di Semarang*. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Bahan Magnet (SNBM) 4. Semarang: Universitas Diponegoro

Jenis Lokasi Pengambilan Sampel	Simbol Sampel	Bagian Tanaman	Suseptibilitas Magnetik ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ )
Tak Tercemar	A	Daun	25.5 – 43.8
		Batang	1405.7 – 1556
Tercemar	B	Daun	72.8 - 84
		Batang	45.5 – 50.4
	C	Daun	137.1 – 383.8
		Batang	82 – 145.3
D	Daun	99.5 – 146.7	
	Batang	224 -358.9	

**Lampiran 3.****Hasil Uji Kandungan Unsur Fe Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu**

Nama : Saptaria Rosa Amalia  
NIM : 4211412068  
Jurusan/Fakultas : Fisika/FMIPA  
Jenis Sampel : Selada  
Parameter Yang Diukur : Fe  
Tanggal Pengukuran : 10 Juli 2015

**Tabel Hasil Analisis**

<b>Sampel</b>	<b>Absorpsi</b>	<b>P</b>	<b>Fe (mg/L)</b>	<b>massa</b>	<b>Fe (mg/100g)</b>
S-0	0.009	1	0.9412	0.5041	1.8670432
S-1	0.014	1	1.5294	0.5067	3.0183773
S-2	0.016	1	1.7647	0.5162	3.4186476
S-3	0.017	1	1.8824	0.5002	3.7632006

**Lampiran 4.****Hasil Uji Kandungan Unsur Fe Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-mini 1240 Shimadzu**

Nama : Saptaria Rosa Amalia  
 NIM : 4211412068  
 Jurusan/Fakultas : Fisika/FMIPA  
 Jenis Sampel : Selada  
 Parameter Yang Diukur : Fe  
 Tanggal Pengukuran : 1 Februari 2016

**Tabel Hasil Analisis**

<b>Sampel</b>	<b>Absorpsi</b>	<b>P</b>	<b>Fe (mg/L)</b>	<b>massa</b>	<b>Fe (mg/100g)</b>
S-0	0.023	2	5.50	0.5020	10.95617530
S-1	0.029	2	7.00	0.5113	13.69059261
S-2	0.036	2	8.75	0.5107	17.13334639
S-3	0.039	2	9.50	0.5099	18.63110414

**Lampiran 5.****Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian**

Gambar 1. Tanaman selada pada *Green House*.



Gambar 2. Semai bibit selada pada media tanah hingga tanaman selada berumur 14 hari.



Gambar 3. Membuat sintesis besi oksida ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan asam klorida (HCl).



Gambar 4. Membuat media hidroponik *Deep Water Culture*.



Gambar 5. Pindah tanam tanaman selada dari media tanah ke media hidroponik.



Gambar 6. Memberikan stimulasi emulsi besi oksida pada media tanam hidroponik Deep Water Culture masing-masing sebanyak 10 mL setiap 4 Liter air.



Gambar 7. Hasil tanaman selada yang ditanam menggunakan sistem hidroponik *Deep Water Culture* dan distimulasi emulsi besi oksida.



Gambar 8. Pengambilan sampel



Gambar 9. Hasil sampel tanaman selada yang siap dikarakterisasi.

**Lampiran 6.**

**Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing**



**KEPUTUSAN**  
**DEKAN FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
 Nomor: 1629/PP/2015  
 Tentang  
**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER**  
**GASAL/GENAP**  
**TAHUN AKADEMIK 2015/2016**

- Menimbang** : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat** : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)  
 2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES  
 3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;  
 4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang** : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Tanggal 1 September 2015

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan** :  
**PERTAMA** : Menunjuk dan menugaskan kepada:
1. Nama : Dr. Agus Yulianto, M.Si.  
 NIP : 196607051990031002  
 Pangkat/Golongan : III/D  
 Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
 Sebagai Pembimbing I
  2. Nama : Dr. Sulhadi, M.Si  
 NIP : 197106161998021001  
 Pangkat/Golongan : III/D  
 Jabatan Akademik : Lektor  
 Sebagai Pembimbing II
- Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : SAPTARIA ROSA AMALIA  
 NIM : 4211412068  
 Jurusan/Prodi : Fisika/Fisika  
 Topik : Kajian Sifat Magnetik Pada Sayuran Selada (Lactuca sativa L.) dengan Stimulasi Emulsi Besi Oksida yang Diumbuhkan Menggunakan Sistem Hidroponik Deep Water Culture
- KEDUA** : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan  
 1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
 2. Ketua Jurusan  
 3. Petinggal

DITETAPKAN DI : SEMARANG  
 PADA TANGGAL : 30 Oktober 2015  
 DEKAN

  
 Prof. Dr. ZAENURI, S.E., M.Si, Akt  
 NIP 196412231988031001

  
 4211412068  
 FM-03-AKD-34/Rev. 00

## Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
Gedung D7 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
Telepon: 0248508034  
Laman, surel:

No. : 1307/UN 37.19/TU/2016  
Lamp. :  
Hal : Surel Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES untuk jurusan Fisika adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

a. Ketua	: Prof. Dr. ZAENURI, S.E, M.Si, Akt
b. Sekretaris	: Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
c. Pembimbing Utama	: Dr. Agus Yulianto, M.Si.
d. Pembimbing Pendamping	: Dr. Sulhadi, M.Si
e. Penguji	: Dr. Khumaedi, M.Si.

II. Calon yang diuji:

Nama	: SAPTARIA ROSA AMALIA
NIM/Jurusan/Program Studi	: 4211412088/Fisika /Fisika, S1
Judul Skripsi	: DETEKSI MAGNETIK KANDUNGAN LOGAM-BESI PADA SAYURAN SELADA (LACTUCA SATIVA L.) DENGAN STIMULASI EMULSI BESI OKSIDA YANG DITUMBUHKAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK DEEP WATER CULTURE

II. Waktu dan Tempat Ujian:

Hari/Tanggal	: Kamis / 11 Februari 2016
Jam	: 09:00:00
Tempat	: D 7 L 3
Pakaian	: .....

Tembusan  
1. Ketua Jurusan FISKA  
2. Calon yang diuji



4211412088

