

**PENGARUH MEDAN MAGNET TERHADAP SIFAT FISIS AIR  
SEBAGAI MEDIA TANAM HIDROPONIK  
PERTUMBUHAN SAYURAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA**

**NIM. 13640048**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**PENGARUH MEDAN MAGNET TERHADAP SIFAT FISIS AIR  
SEBAGAI MEDIA TANAM HIDROPONIK  
PERTUMBUHAN SAYURAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA  
13640048**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**APPROVAL PAGE**

**THE INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD CONCERN TO CHARACTER  
PHYSICAL WATER AS CULTIVATING VEGETABLES WITH  
HYDROPONICS SYSTEM**

BACHELOR THESIS

Submitted By:  
LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA  
NIM. 13640048

Was Reviewed and Approved for Exams:  
Date: 19 December 2017

Advisor I,



Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004

Advisor II,



Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

Acknowledged by,  
Head of Physics Department



Dr. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

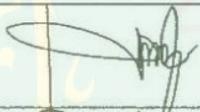
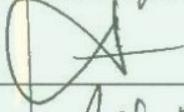
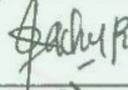
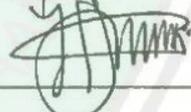
**ENDORSEMENT PAGE**

**THE INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD CONCERN TO CHARACTER  
PHYSICAL OF WATER AS CULTIVATING VEGETABLES WITH  
HYDROPONICS SYSTEM**

BACHELOR THESIS

Submitted By:  
LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA  
NIM.13640048

Was Approved by the Advisor  
for further approval by the Board of Examiners as one of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science (S.Si)  
Date: 19 December 2017

Main Examiner	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Chief Examiner	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Secretary Examiner	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Member Examiner	: <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	

Acknowledged by,  
Head of Physics Department



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA  
NIM : 13640048  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Pengaruh Medan Magnet Terhadap Sifat Fisis Air  
Sebagai Media Tanam Hidroponik Pertumbuhan  
Sayuran

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 19 Desember 2017

Yang Membuat Pernyataan,



LUTHFI NURRAHMA S.  
NIM. 13640048

## MOTTO

It's not about how to achieve your dream,

It's about how to lead your life,

If you lead your life the right way,

The karma will take care of itself,

The dreams will come to you”

-Professor Randy Pausch



لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

*“Allah does not burden a soul beyond that it can bear...”  
(QS. Al-Baqarah, 286)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Ku Persembahkan Karya Ini:*

*Penguasa Alam jagat raya yang mengatur kehidupan di Langit dan  
di Bumi yang terindah, semoga sembaran-sembaran karya ini  
menjadikan Amal Sholeh*

*Pelita dihati seluruh ummat, yang membawakan Kesejahteraan  
dalam bentuk cahaya- ilmu pengetahuan dan memberikan Suri  
Tauladan serta Syafaatnya di Hari Kiamat*

*Bapak Ahmad Taufiq dan Ibu Lilik Nuri Wahdah dan segenap  
keluarga besar Bani Faqih*

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh Medan Magnet Terhadap Sifat Fisis Air Sebagai Media Tanam Hidroponik Pertumbuhan Sayuran** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terimakasih seiring do'a dan harapan *jazakumullahhsanaljaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.

3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan proses penulisan skripsi.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Qur'an serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua Bapak Ahmad Taufiq, Ibu Lilik Nuri Wahdah, dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 19 Desember 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan .....	7
1.4 Manfaat .....	7
1.5 Batasan Masalah .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 Integrasi Sains dan Al Qur'an .....	9
2.2 Air .....	10
2.2.1 Definisi Air .....	10
2.2.2 Karakteristik Air .....	12
2.2.3 Sifat Khusus Air .....	14
2.2.4 Siklus Hidrologi .....	20
2.2.5 Struktur Air dan Ikatan Kimia Air .....	22
2.3 Medan Magnet .....	26
2.3.1 Definisi Medan Magnet .....	26
2.3.2 Gaya pada Arus listrik dalam Medan Magnet .....	27
2.3.3 Medan Magnet Bumi .....	28
2.4 Medan Magnet dalam Kumparan .....	31
2.4.1 Solenoida .....	31
2.4.2 Toroida .....	32
2.4.3 Rodin Coil .....	32
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman .....	36
2.6 Hidroponik .....	40
2.6.1 Perkembangan Hidroponik .....	41
2.6.2 Persiapan dalam Penerapan Sistem Hidroponik .....	42
2.7 Perbandingan Sistem Penanaman Hidroponik dengan Konvensional .....	56
2.8 Sayuran Sawi Pak Choi .....	57
2.9 Sayuran Sawi Caisim .....	61
2.10 Sayuran Selada .....	62

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	66
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	66
3.2 Jenis dan Kerangka Penelitian.....	66
3.2.1 Jenis Penelitian .....	66
3.2.2 Kerangka Penelitian.....	66
3.3 Alat dan Bahan .....	68
3.3.1 Alat .....	68
3.3.2 Bahan .....	68
3.4 Diagram Alir .....	69
3.5 Prosedure Penelitian .....	69
3.5.1 Penentuan Bahan .....	69
3.5.2 Sterilisasi Alat .....	69
3.5.3 Penyiapan Penanaman Benih Sayuran.....	70
3.5.4 Penyiapan Alat Penghasil Medan Magnet .....	70
3.5.5 Perancangan Alat Penelitian .....	70
3.5.6 Perlakuan Bahan.....	71
3.5.7 Uji pH, Suhu, Konduktivitas.....	72
3.5.8 Uji Pertumbuhan Sayuran .....	73
3.6 Analisis Data .....	74
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	76
4.1 Hasil Penelitian.....	76
4.1.1 Medan Magnet.....	78
4.1.2 Pengaruh Medan Magnet dengan pH, Suhu, Konduktivitas .....	80
4.2 Pembahasan.....	95
4.2.1 Pengaruh Kuat Medan terhadap Pertumbuhan Sayuran .....	95
4.2.2 Integrasi Al-Quran terkait Pemanfaatan Air .....	96
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	99
5.1 Simpulan .....	99
5.2 Saran .....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengikatan Hidrogen dalam Air.....	18
Gambar 2.2	Siklus Hidrologi .....	21
Gambar 2.3	Air Terstruktur .....	22
Gambar 2.4	Kristal Es pada Molekul H <sub>2</sub> O .....	23
Gambar 2.5	Garis-Garis Medan Magnet pada Dua Magnet .....	27
Gambar 2.6	Medan Magnet Bumi.....	29
Gambar 2.7	Kumparan Solenoida .....	31
Gambar 2.8	Komparan Toroida.....	32
Gambar 2.9	Permukaan Topologi Toroida Rodin Coil .....	33
Gambar 2.10	Rodin Coil.....	35
Gambar 2.11	Berbagai Arah Medan Magnet dari Kumparan.....	36
Gambar 2.12	Teknologi Hidroponik Sistem Terapung.....	54
Gambar 2.13	Hubungan Genom diantara Spesies <i>Brassica</i> .....	60
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	67
Gambar 3.2	Diagram Alir .....	69
Gambar 3.3	Rangkaian Alat Penelitian Penghasil Medan Magnet .....	71
Gambar 4.1	Grafik Kuat Medan.....	80
Gambar 4.2	pH Scale.....	81
Gambar 4.3	Grafik nilai pH.....	83
Gambar 4.4	Medan Magnet pada Solenoida 3 Dimensi .....	83
Gambar 4.5	Penampakan Medan Magnet dari Ujung Samping Atas .....	84
Gambar 4.6	Distribusi Medan Magnet pada Solenoida Tampak dari Bawah .....	85
Gambar 4.7	Distribusi Medan Magnet .....	85
Gambar 4.8	Prosentase Penurunan Nilai pH .....	87
Gambar 4.9	Grafik nilai Konduktivitas .....	90
Gambar 4.10	Prosentase Penurunan Konduktivitas .....	92
Gambar 4.11	Grafik nilai Suhu.....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Air berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL) .....	20
Tabel 2.2 Komposisi Larutan Hara yang Digunakan .....	56
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penanaman Hidroponik .....	56
Tabel 3.1 Data Nilai Suhu, pH, Konduktivitas.....	73
Tabel 3.2 Data Pengukuran Pertumbuhan Benih Sayuran .....	74
Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Kuat Medan.....	79
Tabel 4.2 Data Hasil pH.....	82
Tabel 4.3 Data Hasil Konduktivitas.....	89
Tabel 4.4 Data Hasil Suhu.....	93



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Inputan pH
- Lampiran 2 Data Inputan Konduktivitas
- Lampiran 3 Data Inputan Suhu
- Lampiran 4 Data Pertumbuhan Sayuran
- Lampiran 3 Dokumentasi



## ABSTRAK

Shofiana, Luthfi N. 2017. **Pengaruh Medan Magnet terhadap Sifat Fisis Air Sebagai Media Tanam *Hydroponics* Pertumbuhan Sayuran**. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd (II) Dr. Imam Tazi, M.Si.

---

**Kata kunci:** Medan Magnet, Air, pH, Suhu, Konduktivitas, *Hydroponics*, Sayuran

Medan magnet diartikan sebagai daerah (ruang) disekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh gaya magnet. Penelitian ini menggunakan medan magnet berasal dari pipa solenoid dimana diberikan arus listrik sebesar 1 A, 2 A dan 3 A. Air digunakan sebagai sampel penelitian karena merupakan zat esensial digunakan untuk makhluk hidup. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh implikasi air hasil olahan medan magnet terhadap pertumbuhan benih sayuran dengan bercocok tanam menggunakan sistem hidroponik dan sifat fisis air tersebut (meliputi pH, suhu, konduktivitas). Didapatkan hasil bahwa air yang telah diolah menggunakan medan magnet menghasilkan pH dan Konduktivitas lebih rendah. Karena medan magnet dapat menimbulkan gaya pada muatan yang bergerak. Besarnya gaya yang bekerja pada muatan yang bergerak bergantung pada kuat medan yang dipaparkan. Air hasil olahan tersebut dapat mempercepat pertumbuhan benih sayuran sawi caisim dan selada namun tidak untuk sawi pakchoi. Karena pH, suhu, konduktivitas yang dihasilkan oleh air olahan ideal untuk beberapa jenis sayuran.

## ABSTRACT

Shofiana, Luthfi N. 2017. The Influence of Magnetic Field Concern To Character Physical Of Water as Cultivating Vegetables With Hydroponics System. Bachelor Thesis. Department of Physics. Faculty of Science and Technology. Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor: (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd (II) Dr. Imam Tazi, M.Si.

---

Keywords: Magnetic Field, Water, pH, Temperature, Conductivity, Hydroponics, Vegetable

Magnetic field is a region around a magnetic material or a moving electric charge within which the force of magnetism acts. The research was using magnetic field from solenoid pipe was giving electric current 1 A, 2 A and 3 A. Research sample was using water, because water is essential substance uses for living beings. The purpose of the research is understands the influence of water treatment in magnetic field concern to grows of vegetable seeds uses hydroponics system and physical characteristics of water (includes pH, temperature, conductivity). The research was finding water treatment in magnetic field can decreases pH and conductivity, because magnetic field can causes force on the moving charge. The magnitude of the force on the moving charge depended on the strength of the exposed field. Water treatment in magnetic field can accelerates grows of vegetables seeds mustard and lettuce but it's isn't for green mustard because pH, temperature, conductivity ideals for a number of vegetables.

## ملخص البحث

صفيانا ، لطفى . 2017. تأثير المجال المغناطيسي ضد الخصائص الفيزيائية المائية كما وسيلة الزراعة المائية *Hydroponics* النمو الخضروات. البحث الجامعي. شعبة الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الاسلامية الحكومية مالانج. المشرف: احمد أبطخي ، الماجستير ، والدكتور امام تزي ، الماجستير

الكلمات الرئيسية: المجال المغناطيسي ، المياه ، درجة الحموضة (pH) ، درجة الحرارة ، الموصلية ، المائية ، الخضروات

يعرف المجال المغناطيسي كما المجال (الفضاء) حول المغناطيس الذي يؤثر بالقوة المغناطيسية. استخدم هذا البحث المجال المغناطيسي الذي أتى من الأنايب اللولبية التي اعطى الكهربائي من 1أ ، 2بو 3أ. استخدم الماء كعينة البحث لأنه مادة أساسية التي تستخدم للمخلوقات الحية. اما الاهداف هي لمعرفة تأثير الاثر المياه في المجال المغناطيسي على نمو بذور الخضروات باستخدام نظام الزراعة المائية والخصائص الفيزيائية المائية (درجة الحموضة ودرجة الحرارة والموصلية). ووجدت المياه على أقل الدرجة الحموضة والموصلية. لأن المجال المغناطيسي يمكن أن يسبب على النمط في حمولة المتحركة. حجم القوة التي تعمل على حمولة المتحركة تعتمد على قوة المجال. المياه المعالجة تمكن ان تسرع نمو بذور الخضروات الخردل كيسييم والخس وماكان له الخردل فاء جوي. لان درجة الحموضة ، ودرجة الحرارة ، والموصلية التي تنتجها المياه المعالجة هي لتلك الخضروات

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Era modern saat ini, kegiatan harian manusia tidak terlepas oleh air, yang merupakan salah satu komponen yang paling dekat dengan manusia dan menjadi kebutuhan pokok yang wajib dipenuhi untuk keberlanjutan hidup manusia. Oleh karena itu, kualitas dan kuantitas air perlu diperhatikan agar terjaga dengan baik dan dapat digunakan secara berkala dalam waktu yang lama. Telah tertulis dalam pasal 33 ayat (3) Undang Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 yang menyatakan bahwa air merupakan komponen dalam ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, oleh karena itu substansi tersebut dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk kepentingan bersama (Sasongko, 2014).

Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari oleh masyarakat di Indonesia umumnya berasal dari air tanah. Air tanah dapat dikatakan sebagai air bersih jika memenuhi syarat tertentu, seperti tidak berbau, tidak mempunyai rasa dan terlihat jernih. Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dari air tanah, tergantung pada iklim yang ada di daerah tersebut dan kebersihan di lingkungan sekitar sumber mata air (Sutandi, 2012).

Berbagai cara dapat dilakukan sebagai penanganan akan pemenuhan kebutuhan air bersih, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Di daerah perkotaan, sistem penyediaan air bersih dilakukan dengan sistem perpipaan, yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan non

perpipaan, yang dikelola oleh masyarakat baik secara individu atau kelompok. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) adalah badan usaha milik pemerintah yang memiliki cakupan usaha dalam pengelolaan air minum dan pengelolaan sarana air kotor untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang mencakup aspek sosial, kesehatan dan pelayanan umum (Tambunan, 2014).

Air merupakan substansi yang bermanfaat untuk makhluk hidup di permukaan bumi, baik untuk manusia, hewan ataupun tumbuhan. Air juga termasuk sumber daya alam yang selalu tersedia di bumi. Peran air sebagai sumber penghidupan masyarakat tidak untuk memenuhi kebutuhan air minum saja namun juga sebagai faktor yang berperan penting dalam menjaga keberlangsungan sumber mata pencaharian untuk pengairan (irigasi) pertanian (Fakhrina, 2012).

Indonesia yang dikenal sebagai negara yang agraris mempunyai sumber penghasilan terbesar dibidang pertanian. Hasil yang didapat dalam bidang pertanian tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di Indonesia atau untuk mengejar target ekspor, salah satu manfaat dari bidang pertanian dapat digunakan sebagai bahan pangan oleh masyarakat di Indonesia. Karena produksi bahan pangan di Indonesia adalah kebutuhan pokok dan wajib dipenuhi (Adimihardja, 2006).

Lahan pertanian di Indonesia dari hari ke hari semakin berkurang karena konversi dari sektor pertanian ke sektor non pertanian, akibatnya pada bidang pertanian menemui kendala dalam penyediaan lahan, degradasi lahan pertanian di

Indonesia juga mengakibatkan menurunnya kualitas produk pertanian di Indonesia akibat penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan (Triyono, 2013).

Menurut penelitian penggunaan pestisida pada tanaman sayuran di dataran tinggi tergolong sangat intensif, hal ini terutama disebabkan kondisi iklim yang sejuk dengan kelembaban udara dan curah hujan yang tinggi menciptakan kondisi yang baik untuk perkembangbiakan hama dan penyakit tanaman. Penggunaan pestisida pada sistem usaha tani sayuran diduga sudah berlebihan, baik dalam hal jenis, komposisi, tekanan, dan waktu intervalnya. Pestisida yang terdapat pada tanaman dapat terserap bersama hasil panen berupa residu yang dapat dikonsumsi oleh konsumen (Munarso, 2006).

Komoditas hortikultura khususnya tanaman sayuran sampai saat ini adalah pendukung utama dalam mencukupi bahan pangan di Indonesia. Sayuran masih memiliki peranan yang cukup penting untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat di Indonesia, karena telah diketahui bahwa sayuran merupakan sumber vitamin, mineral, dan serat yang diperlukan untuk kesehatan tubuh dan untuk meningkatkan kualitas sumberdaya manusia. Hasil produksi pertanian dari jenis hortikultura juga masih memiliki peranan yang cukup penting dalam menunjang perekonomian Indonesia. Di era globalisasi dan pasar bebas yang ada di dunia saat ini hasil dari produk hortikultura berupa sayuran hidroponik di Indonesia dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan ekspor, karena standart sayuran yang memenuhi kualifikasi *export* (Poniman, 2013).

Petani di Indonesia lebih banyak membudidayakan tanaman sayuran, beberapa diantaranya adalah sawi hijau (*Caisim*), sawi daging (*Green pakcoy*) dan

selada (*Latuca sativa L.*). Di pasar domestik maupun pasar internasional sayuran tersebut selain memiliki kandungan nilai gizi yang tinggi juga memiliki prospek yang cukup menjanjikan. Peminat tanaman sawi di Indonesia relatif banyak jika dibandingkan dengan sayuran yang lain, dikarenakan banyak penelitian menyatakan bahwa tanaman tersebut memiliki banyak manfaat dan kegunaan yang berkaitan dengan masalah kesehatan (Moerhasrianto, 2011).

Penelitian menyebutkan sawi banyak mengandung vitamin dan mineral. Kadar vitamin pada sawi yaitu K, A, C, E, dan folat tergolong dalam kategori *excellent*. Salah satu mineral yang tergolong dalam kategori *excellent* adalah mangan dan kalsium. Asam amino pada sawi juga termasuk unggul yaitu triptofan dan serat pangan. Untuk menurunkan kadar kolesterol dan gula darah serat sangat penting bagi tubuh. Didalam saluran pencernaan, serat akan mengikat asam empedu (produk akhir kolesterol) dan kemudian dikeluarkan bersama tinja. Semakin tinggi konsumsi serat, akan semakin banyak asam empedu dan lemak yang dikeluarkan oleh tubuh. Hal tersebut secara otomatis akan mengurangi kadar kolesterol. Selain untuk mengendalikan kolesterol, serat pada sawi juga sangat berguna mencegah diabetes dan terjadinya kanker kolon (Ahmad, 2010).

Selada adalah tanaman yang paling banyak digunakan untuk salad. Tanaman ini merupakan sayuran musim dingin utama yang beradaptasi paling baik pada lokasi iklim sedang, yang banyak sekali ditanam. Beberapa negara, konsumsi selada cukup besar untuk memberikan kontribusi gizi secara nyata. Produksi selada dunia diperkirakan sekitar 3 juta ton, yang ditanam pada lebih dari 300.000 ha lahan.

Penggunaan sistem hidroponik yang digunakan untuk menanam sayuran sawi harus memperhatikan berbagai macam faktor, seperti larutan hara atau nutrisi hidroponik, media tanam, pH air, konduktivitas air, dan suhu. Kebutuhan unsur hara yang cukup dalam air digunakan sebagai penghasil nitrogen yang baik, untuk tanaman, disamping itu kondisi penanaman yang ideal dibutuhkan agar memperoleh hasil produksi dengan kualitas dan kuantitas yang baik. Sehingga perlu adanya pengembangan lebih lanjut agar memperoleh hasil produksi yang lebih baik.

Air merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam sistem hidroponik. Karena peran air yang menggantikan tanah sebagai media tanamnya. Kualitas air dan kestabilan pH air sangat penting, oleh karena itu sangat perlu diperhatikan. Telah banyak penelitian tentang struktur kimia dalam air, jika air memiliki ikatan yang baik, maka struktur air juga akan baik atau indah. Ikatan tersebut merupakan, ikatan dari atom-atom hidrogen (H) dan oksigen (O) yang membentuk suatu ikatan yang menghasilkan struktur kristal pada air.

Fakta tersebut telah dijelaskan dalam al-Qur'an surat al-Baqarah ayat 22 bahwa Allah SWT berfirman:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

*“Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui.” (Q.S. al-Baqarah: 22)*

Allah SWT menerangkan bahwa, Allah menciptakan bumi sebagai hamparan dan langit sebagai atap, menurunkan air hujan, menumbuhkan tumbuh-tumbuhan dan menjadikan tumbuh-tumbuhan itu berbuah. Selain itu, hujan yang turun dari langit itu kemudian bumi menjadi subur, dan memberikan banyak manfaat bagi manusia dan semua makhluk di bumi. Disamping itu, turunnya hujan juga menimbulkan sungai, danau, dan sumur terisi dengan air serta memperluas kesuburan bumi. Hutan yang lebat juga membantu menyalurkan air dalam bumi, membantu menyalurkan udara segar, menyejukkan udara yang panas dan memelihara kesuburan bumi (Departemen Agama RI, 2010:52-53).

Air bersih belum tentu layak untuk dikonsumsi, biasanya harus menempuh serangkaian proses yang cukup panjang agar dapat menjadi air layak konsumsi. Begitu pula air yang digunakan untuk menyiram sayuran, buah-buahan, atau palawija, harus diperhatikan kualitasnya, karena nantinya hasil dari tumbuhan yang telah disiram oleh air tersebut akan dikonsumsi oleh manusia. Air bersih yang didapatkan di daerah-daerah di Indonesia pada umumnya berasal dari air PDAM.

Penelitian Triswantoro Putro (2013) mendapatkan hasil bahwa dengan pengaruh kutub medan magnet dapat mengurangi kadar  $\text{CaCO}_3$  pada air, yang seperti kita ketahui bahwa air PDAM yang digunakan oleh masyarakat mengandung kadar  $\text{CaCO}_3$  yang tidak sedikit.

Pengaruh aplikasi medan elektromagnet terhadap sifat fisis air menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fitri Purworini (2014) mendapatkan hasil bahwa dengan aplikasi medan elektromagnet yang paling berpengaruh

terhadap kecepatan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu penulisan penelitian ini mengambil judul “**PENGARUH MEDAN MAGNET TERHADAP SIFAT FISIS AIR SEBAGAI MEDIA TANAM HIDROPONIK PERTUMBUHAN SAYURAN**”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh aplikasi medan magnet terhadap sifat fisis air (uji pH, suhu, konduktivitas) sebagai media tanam hidroponik?
2. Bagaimana implikasinya terhadap pertumbuhan sayuran?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh aplikasi medan magnet terhadap sifat fisis air (uji pH, suhu, dan konduktivitas) sebagai media tanam hidroponik.
2. Untuk mengetahui implikasinya terhadap pertumbuhan sayuran.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Umum; dapat digunakan untuk memperbaiki struktur dan sifat fisika air sehingga lebih bermanfaat untuk makhluk hidup.
2. Khusus; dapat menetapkan batasan pengaruh air yang mengalami perlakuan fisis terhadap pertumbuhan sayuran.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Intensitas medan magnet yang diaplikasikan berasal dari rangkaian elektronika tertentu sedemikian rupa hingga menghasilkan pola dan intensitas medan berupa pulsa dengan bentuk dan frekuensi tertentu.

2. Kecepatan pertumbuhan tanaman berupa waktu yang dibutuhkan untuk timbulnya kecambah antara media yang diberikan air yang belum diberikan perlakuan fisik dan yang sudah diberikan perlakuan fisik.
3. Pengamatan hanya diperuntukkan pada air yang digunakan, sedangkan untuk faktor-faktor yang lain dianggap sama.
4. Pulsa generator tidak menjadi bahasan dalam penulisan ini.
5. Jenis sayuran yang digunakan sawi caisim, sawi pak choi, dan selada.
6. Arah arus yang diberikan yaitu ke arah kanan.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Integrasi Sains dan Al-Qur'an

Sumber kehidupan di bumi tidak akan lepas dari air, karena air mempunyai peran penting sebagai dasar hidup seluruh makhluk hidup. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga berkontribusi dalam memberikan fakta yang menegaskan kebenaran akan hal tersebut.

Al-Qur'an telah menyiratkan air sebagai satu tanda kekuasaan Allah SWT. Allah SWT telah menunjukkan kekuasaan-Nya dengan melimpahkan air yang banyak di bumi. Kontribusi air untuk melengkapi rantai kehidupan manusia juga tidak dapat dihilangkan. Air yang mempunyai manfaat sebagai penunjang hidup manusia, dan makhluk hidup yang ada disekitarnya, menunjukkan bahwa sebagai makhluk yang berakal kita dianjurkan untuk lebih banyak bersyukur kepada-Nya. Dalam Q.S. al-Baqarah ayat 164 Allah SWT berfirman:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

*“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.”(Q.S. al-Baqarah: 164)*

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لِقَادِرُونَ

“Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa menghilangkannya.” (Q.S. al-Mu’minun: 18)

Ayat tersebut menjelaskan bahwa air yang diturunkan oleh Allah SWT di bumi sesuai dengan kebutuhan untuk kebutuhan makhluk hidup dan kelangsungan kehidupan.

## 2.2 Air

### 2.2.1 Definisi Air

Air merupakan senyawa kimia yang mempunyai rumus kimia, artinya satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Sifat air yaitu, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan suhu 273,15°K (°C). Air mampu melarutkan lebih banyak bahan daripada zat cair umum lainnya. Hal itu sebagian disebabkan karena air memiliki tetapan dielektrik yang termasuk paling tinggi, yaitu suatu ukuran kemampuan untuk menetralkan tarik-menarik antar-muatan listrik (Indarto, 2010).

Nama Sistematis : air

Nama Alternatif : aqua, dihidrogenmonoksida, Hidrogen hidroksida

Rumus Molekul : H<sub>2</sub>O

Masa Molar : 18,0153 g/mol

Densitas dan Fase : 0,998 g/cm<sup>3</sup> (cair pada 20°C); 0,92 g/cm<sup>3</sup> (padat)

Titik Lebur : 0°C

Titik didih : 100°C

Kalor Jenis : 4184 J/kg.K (cair pada 20°C)

Zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi adalah air. Hampir 75% dari permukaan bumi ditutupi oleh air. Air menyusun sekitar 70% dari tubuh manusia. Air adalah media yang berhubungan dengan hampir semua proses kehidupan mikroskopis, sebagian dari alasan bahwa air dapat menopang kehidupan adalah karena sifat air tersebut (Indarto, 2010).

Kita perlu memperhatikan kualitas dan kuantitas air dikarenakan air adalah sumber daya alam yang diperlukan untuk hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Air bersih yang memenuhi syarat kesehatan harus bebas dari pencemaran, sedangkan air minum harus memenuhi standar yaitu persyaratan fisik, kimia, dan biologis, karena air minum yang tidak memenuhi standar kualitas dapat menimbulkan gangguan kesehatan (Puspithasari, 2015).

Berdasarkan data riset kesehatan dasar 2013 hasil menunjukkan bahwa jenis sumber air untuk seluruh kebutuhan rumah tangga di Indonesia pada umumnya adalah sumur gali terlindung (29,2%), di perkotaan, lebih banyak rumah tangga yang menggunakan air dari sumur bor/pompa (24,1%), dan PDAM (19,7%). Di perkotaan, lebih banyak rumah tangga yang menggunakan air dari sumur bor/pompa (32,9%) dan air ledeng atau PDAM (28,6%), sedangkan di pedesaan lebih banyak yang menggunakan sumur gali terlindung (32,7%) (Erlis, 2015).

Peraturan Menteri Kesehatan RI (Permenkes RI)  
No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang kualitas air minum disebutkan bahwa air

minum harus memenuhi persyaratan kesehatan secara fisik, kimia, dan mikrobiologi. Air minum yang dikonsumsi dikategorikan baik apabila memenuhi persyaratan kualitas fisik; yaitu tidak keruh, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbusa, dan tidak berbau (Erlis, 2015).

Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi kemudian menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah, hal tersebut menyebabkan terjadinya kesadahan pada air yang menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi (Chandra, 2006).

Air tanah banyak mengandung mineral-mineral terlarut seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dan gas  $\text{CO}_2$  yang menyebabkan kesadahan dalam air. Ion-ion penyebab kesadahan air dan membentuk suatu lapisan yang disebut *Hidration shell*. *Hidration shell* ini akan menahan ion-ion tersebut untuk membentuk sebuah molekul seperti  $\text{CaCO}_3$ . Ikatan antara molekul air dengan ion relatif lebih kuat jika dibandingkan dengan ikatan hidrogen antar molekul air sehingga ion  $\text{Ca}^{2+}$  sukar melepaskan diri dari lapisan tersebut. Tetapi ikatan antara molekul air dengan ion bisa terlepas jika diberikan beberapa perlakuan antara lain agitasi mekanik, suhu, dan medan magnet (Chandra, 2006).

### **2.2.2 Karakteristik Air**

Sifat-sifat air yang penting dapat digolongkan ke dalam tiga karakteristik, yaitu sifat fisik, kimiawi, dan biologis (Supirin, 2004):

#### a. Sifat Fisik

Air di dunia memiliki tiga macam bentuk, yaitu padat sebagai es, cair sebagai air, dan gas sebagai uap air. Bentuk mana yang akan didapatkan, tergantung pada keadaan cuaca setempat. Sedangkan beberapa karakteristik fisik terpenting yang mempengaruhi kualitas air adalah bahan padat keseluruhan (baik yang terapung maupun yang terlarut), kekeruhan, warna, bau, rasa, dan temperatur.

Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air dapat melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen ( $H^+$ ) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida ( $OH^-$ ). Kebutuhan air bersih dan air minum dapat dipenuhi dengan memanfaatkan beberapa sumber air. Antara lain, air hujan, air tanah, air laut, dan air sungai. Prosentase terbanyak dari sumber air tersebut adalah berasal dari air tanah dan air sungai (Putro, 2014).

#### b. Sifat Kimia

pH merupakan pengukur sifat keasaman dan kebasaan air, dinyatakan dengan nilai pH yang didefinisikan sebagai logaritma dari pulang-baliknya konsentrasi ion-hidrogen dalam moles per liter. Dalam hal ini pH air murni adalah 7. Air dengan pH di bawah 7 bersifat asam, sedangkan jika di atas 7 bersifat basa. Kebanyakan air bersifat alkalin karena garam-garam alkalin sangat umum berada di tanah. Ketidakmurnian air akibat adanya karbonat dan bikarbonat dari kalsium, sodium, dan magnesium. Alkalinitas dinyatakan dalam mg/liter ekuivalen kalsium

karbonat. Keasaman air disebabkan oleh adanya  $\text{CO}_2$  dalam air. Hal ini diukur berdasarkan banyaknya kalsium karbonat yang diperlukan untuk menetralkan asam karbonat dan dinyatakan dalam mg/lit. Kesadahan air merupakan hal yang sangat penting dalam penyediaan air bersih. Kesadahan air sementara, akibat adanya kalsium dan magnesium bikarbonat. Hal ini dapat dihilangkan dengan mendidihkan dan menambahkan kapur dalam air. Sedangkan kesadahan air permanen akibat adanya kalsium dan magnesium sulfat, klorida, dan nitrat. Kesadahan air dinyatakan dalam mg/lit berat kalsium karbonat.

### c. Sifat Biologi

Bakteri adalah organisme hidup yang sangat kecil, di mana spesiesnya tidak dapat diidentifikasi sekalipun menggunakan alat bantu mikroskop. Bakteri yang dapat menimbulkan penyakit disebut bakteri *patogen*, sedangkan yang tidak membahayakan kesehatan disebut *non patogen*. Biasanya bakteri tersebut banyak diteliti di air.

### 2.2.3 Sifat Khusus Air

Dua atom hidrogen bergabung dengan satu atom oksigen dalam suatu ikatan kovalen tunggal. Karena oksigen lebih bersifat elektronegatif bila dibandingkan dengan hidrogen, maka elektron-elektron dari ikatan polar ini lebih lama berada di dekat atom oksigen. Ini menyebabkan daerah oksigen dari molekul tersebut memiliki muatan sedikit negatif sedangkan daerah hidrogen memiliki muatan sedikit positif. Molekul air dengan bentuk seperti huruf V yang melebar, adalah molekul polar, ini berarti ujung-ujung yang berseberangan dari molekul tersebut memiliki muatan berlawanan (Campbell, 2002).

Atom oksigen memiliki nilai elektronegatif yang sangat besar, sedangkan atom hidrogen memiliki nilai elektronegatif paling kecil diantara unsur-unsur logam. Hal ini selain menyebabkan adanya ikatan hidrogen antar molekul air. Ikatan hidrogen terjadi karena atom oksigen yang terikat dalam satu molekul air masih mampu mengadakan ikatan dengan atom hidrogen yang terikat dalam molekul air yang lain. Ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan air memiliki sifat-sifat yang khas. Sifat-sifat khas air yang sangat menguntungkan bagi kehidupan makhluk di bumi (Achmad, 2004).

Susunan molekul air sangat sederhana. Dua atom hidrogen dan satu atom oksigen H-O-H atau ditulis dengan rumus  $H_2O$ . Air juga punya sifat yang unik yang memungkinkan berperan sebagai material yang universal. Salah satu sifat khusus air adalah sangat mudah berubah wujud. Air dapat dijumpai di planet bumi dalam tiga bentuk, yaitu padat, cair, dan gas. Ketiga wujud air ini berperan sangat penting bagi siklus hidrologi (Indarto, 2010).

Air memiliki perubahan suhu yang lambat. Sifat ini merupakan penyebab air sebagai penyimpan panas yang baik, sehingga makhluk hidup terhindar dari ketegangan akibat perubahan suhu yang mendadak. Suhu lingkungan akan terjaga tetap sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan untuk kehidupan. Air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia, sehingga disebut sebagai pelarut universal. Sifat ini memungkinkan terjadinya pengangkutan nutrisi yang larut ke seluruh jaringan makhluk hidup dan pengeluaran bahan-bahan toksik yang masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi. Sifat ini mengakibatkan air dapat membasahi suatu bahan secara baik. Hal

ini juga dapat mendukung terjadinya sistem kapiler, yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler. Keuntungan dari adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang baik menyebabkan air dapat membawa nutrisi dari dalam tanah ke dalam jaringan tumbuhan (akar, batang, dan daun). Air merupakan satu-satunya senyawa yang mengembang ketika membeku. Hal ini mengakibatkan densitas es lebih rendah daripada air, sehingga es akan mengapung di atas air. Keuntungan yang diperoleh dari sifat ini adalah kehidupan organisme akuatik pada daerah beriklim dingin tetap berlangsung, karena air yang membeku hanya ada di permukaan perairan saja (Purworini, 2014).

Sifat anomali air muncul karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul-molekul polarnya. Tarik-menarik tersebut bersifat listrik satu atom hidrogen dari sebuah molekul air yang sedikit positif ditarik oleh atom oksigen terdekat yang sedikit negatif. Dua molekul tersebut kemudian tetap menyatu akibat adanya ikatan hidrogen. Tiap molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan maksimal empat molekul disekitarnya. Kualitas luar biasa dari air adalah sifatnya yang muncul sebagai akibat adanya ikatan hidrogen yang dapat menyusun molekul-molekul ke dalam tingkat pengaturan struktural yang lebih tinggi (Campbell, 2002).

Air adalah satu-satunya molekul anorganik terpenting pada semua bentuk kehidupan. Air mendorong terjadinya kompleksitas berkat kecenderungan untuk melarutkan berbagai jenis molekul organik dan anorganik. Karena sifat polarnya, air mendorong terurainya banyak molekul menjadi ion, yang memainkan peranan

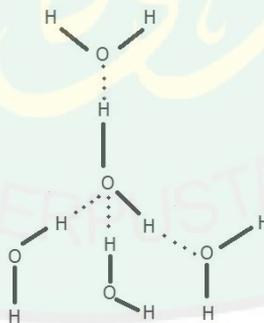
dalam pengaturan berbagai ciri biologis seperti kontraksi otot, permeabilitas, dan penghantaran impuls syaraf (Purworini, 2014).

Air berperan dalam pencegahan perubahan temperatur yang tajam yang akan menyebabkan kerusakan pada struktur makromolekul dalam sel. Panas jenis (*specific heat*) air merupakan salah satu panas jenis tertinggi diantara zat-zat alamiah. Artinya, air dapat menyerap panas dalam jumlah besar dengan perubahan temperatur yang relatif kecil. Air juga memiliki panas fusi laten (*latent heat of fusion*) yang tinggi, artinya air melepaskan panas dalam jumlah relatif besar saat mengalami perubahan dari fase cair ke fase padat (es). Sebaliknya, air menyerap panas dalam jumlah relatif besar saat mencair. Sifat tersebut menyebabkan resistensi terhadap perubahan temperatur di sekitar titik beku. Tingginya panas penguapan laten (*latent of vaporization*) air (panas yang diserap saat penguapan) menyebabkan hilangnya banyak panas dari permukaan tubuh saat terjadi konversi dari fase cair ke fase uap (Campbell, 2002).

Karakteristik-karakteristik tersebut, begitu pula dengan tegangan permukaan yang tinggi dan sifat anomali air yang memuai saat membeku, terutama disebabkan oleh kecenderungan molekul air untuk melekat erat satu sama lain akibat pembentukan ikatan hidrogen yang konstan diantara molekul-molekul air yang bersebelahan. Terakhir, air bersifat tembus cahaya. Oleh karena itu air tidak mengganggu proses fotosintesis (pada kedalaman air yang dangkal) dan penglihatan, yang keduanya membutuhkan cahaya (Fried, 1999).

Polaritas air memungkinkan adanya tarik-menarik antara molekul-molekul air. Setiap molekul mempunyai daerah muatan parsial negatif ( $\delta^-$ ) dan daerah

muatan parsial positif ( $\delta^+$ ). Karena tarik-menarik berlawanan itu, molekul-molekul air cenderung menempatkan dirinya sedemikian rupa hingga daerah  $\delta^+$  dekat dengan daerah  $\delta^-$ . Ini berarti bahwa setiap molekul air menarik empat molekul air lainnya. Setiap atom hidrogen tertarik pada atom oksigen suatu molekul air didekatnya. Setiap atom oksigen, melalui dua pasang elektronnya yang tak berbagi, dapat berasosiasi dengan atom hidrogen yang disediakan dua molekul air lain yang di dekatnya. Selanjutnya ikatan ini disebut dengan ikatan hidrogen dimana tarik-menarik antar molekul-molekul polar ini tidak sekuat ikatan kovalen dan ikatan ion, namun ikatan ini juga perlu diperhitungkan. Pengikatan hidrogen yang terjadi antara molekul-molekul air menyebabkan adanya sifat-sifat yang menjadikannya air sinonim dengan kehidupan itu sendiri (Kimball, 1983).



Gambar 2.1 Pengikatan Hidrogen dalam Air (Campbell, 2002)

Air juga memiliki panas fusi laten tertinggi, suatu fenomena yang melibatkan pembebasan panas saat air dalam wujud cair membentuk es yang padat. Dengan demikian, air yang membeku menghasilkan panas yang melawan penurunan temperatur lebih lanjut. Campuran es dan air menyusun sebuah sistem yang temperaturnya stabil, penurunan temperatur akan menyebabkan pembekuan

dan panas akan dilepaskan; peningkatan temperatur akan menyebabkan es mencair dan kira-kira 80 kal panas akan diserap. Di lingkungan, transformasi-transformasi semacam itu mencegah perubahan tajam dalam temperatur dan memungkinkan organisme untuk menyesuaikan diri secara lebih mudah dengan fluktuasi temperatur yang mengiringi perubahan musim (Purworini, 2014).

Air sebagai pelarut yang baik bila berikatan dengan senyawa yang lainnya. Tingginya kandungan kalor yang ditandai dengan titik didihnya yang relatif tinggi. Telah dijelaskan diatas bahwa air mempunyai sifat kohesi, adhesi, dan terjadinya tegangan permukaan. Serta harga pH air yang netral dan satu-satunya zat yang bisa dalam keadaan cair, padat, dan gas (Purworini, 2014).

Air pada permukaan jaringan ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur (Samosir, A, 2009).

Air yang tidak mengandung oksigen seperti pada air tanah, besi terdapat sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  yang dapat larut (Alaerts, 1987).

Besi adalah elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi ini, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi di air dapat bersifat (Samosir, 2009):

- a) Terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) atau  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri)
- b) Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1 mikrometer) atau lebih besar, seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- c) Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik (seperti tanah liat)

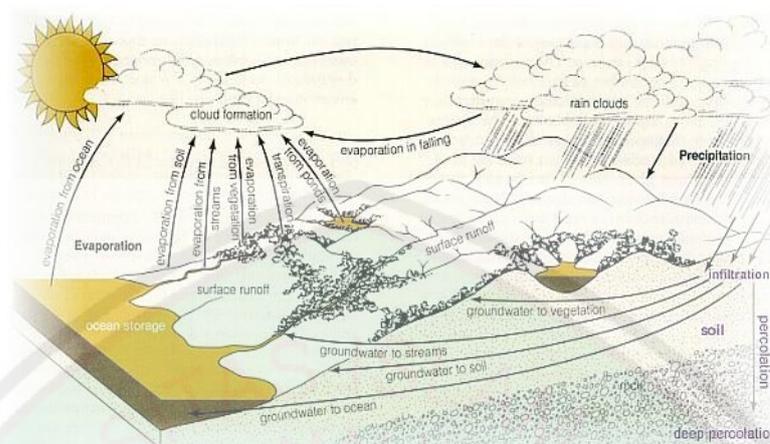
Buku yang ditulis oleh Geneva (1996) yang berjudul “*Health Criteria And Other Supporting Information*” telah dijelaskan bahwa air dan konduktifitas mempunyai kaitan yang sangat penting. Faktor yang mempengaruhi konduktifitas adalah temperatur. Dibawah ini merupakan Klasifikasi air berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL) ( $\mu\text{mho/cm}$ , 25) (Geneva, 1996):

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL) (Geneva, 1996)

No.	Macam Air	DHL ( $\mu\text{mho/cm}^2$ )
1.	Air Murni	0,0055
2.	Air Suling	0,5-5
3.	Air Hujan	5-30
4.	Air Tanah	30-200
5.	Air Laut	45000-55000

#### 2.2.4 Siklus Hidrologi

Air yang ada di permukaan bumi berasal dari beberapa sumber, berdasarkan letak sumbernya air dibagi menjadi tiga. Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di permukaan tanah namun juga mengalir di dalam tanah. Air dapat berubah wujud, saat dalam bentuk cair biasanya disebut “air”. Saat berbentuk padat disebut “es” dan saat berbentuk gas disebut “uap air”. Perubahan wujud tersebut tergantung pada lokasi dan kondisi alam (Robert, 2007).



Gambar 2.2 Siklus Hidrologi (Robert, 2007)

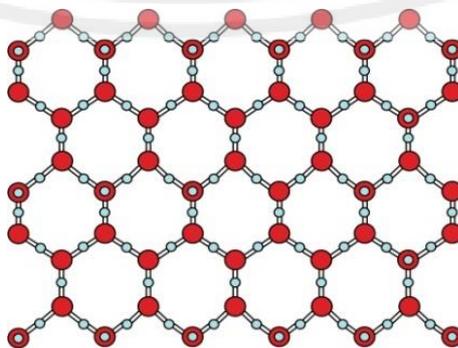
Jumlah air di dunia ini relatif tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Penyinaran matahari menyebabkan air di permukaan bumi menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air akan bersatu dan berada dalam tempat yang tinggi yang kita kenal dengan awan. Angin akan membawa awan ke tempat yang makin tinggi dimana pada tempat semakin tinggi suhu semakin rendah. Apabila awan telah jenuh terbentuklah titik-titik air dan jatuh ke bumi sebagai hujan (Waluyo, 2009).

Air hujan bila turun ke bumi sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan yang rapat air, maka menyebabkan peresapan menjadi berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air, jika air keluar pada permukaan bumi, maka air yang demikian dinamakan mata air. Air permukaan yang mengalir di atas permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat yang rendah (cekung) maka air akan berkumpul membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantara air yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi (Waluyo, 2009).

### 2.2.5 Struktur Air dan Ikatan Kimia Air

Penelitian tentang struktur dan ikatan kimia dalam air telah banyak dilakukan. Pada kenyataannya, struktur air terbentuk karena adanya ikatan kimia yang ada pada air itu sendiri. Jika air memiliki ikatan yang baik, maka struktur air juga akan baik atau indah. Ikatan tersebut merupakan ikatan dari atom-atom hidrogen (H) dan oksigen (O) yang membentuk suatu ikatan yang menghasilkan struktur kristal pada air. Air yang terstruktur (dari proses alam) juga disebut dengan air heksagonal (Purworini, 2014).

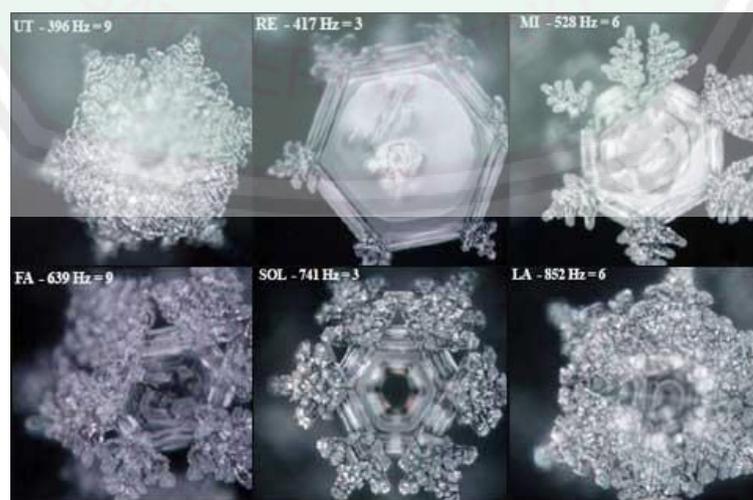
Air terstruktur merupakan rangkaian dari tetrahedron  $\text{OH}_4$ . Hal ini merupakan salah satu alasan mengapa air memiliki kemampuan menyimpan dan menyalurkan informasi. Struktur kristal cair dari air dimungkinkan karena adanya gaya elektrostatik yang disebut ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen terbentuk karena gaya tarik dari muatan positif dan negatif. Dalam hal air, atom oksigen mempertahankan muatan negatifnya, sementara atom hidrogen bermuatan positif. Muatan-muatan ini saling tarik menarik dan menghubungkan sesama molekul air membentuk jaringan kristal (Purworini, 2014).



Gambar 2.3 Air Terstruktur (Purworini, 2014)

Ikatan pada air merupakan ikatan kovalen yang sulit untuk dipisahkan. Ikatan kovalen timbul jika atom menyerap pasangan elektron sedemikian rupa hingga terjadi gaya tarik. Molekul air cenderung secara khas untuk membentuk ikatan hidrogen karena keempat pasangan elektron yang mengelilingi atom O dalam H<sub>2</sub>O tidak terdistribusi secara simetris, tetapi berpeluang besar untuk ditemukan dalam daerah yang berkepadatan berpeluang besar (Beiser, 1989).

Masing-masing molekul H<sub>2</sub>O dapat membentuk ikatan hidrogen dengan empat buah molekul H<sub>2</sub>O yang lain dalam dua ikatan molekul pusat menyediakan proton yang menjembatani ikatan dan dua molekul yang menempel menyediakan sisanya. Dalam keadaan zat cair ikatan hidrogen antara molekul H<sub>2</sub>O yang berdekatan terus-menerus mengalami pemutusan dan penyambungan kembali yang disebabkan oleh gerak termal, tetapi walaupun demikian molekul itu bergabung menjadi gugus tertentu. Dalam zat padat gugus ini besar dan membentuk kristal es (Beiser, 1989).



Gambar 2.4 Kristal Es pada Molekul H<sub>2</sub>O (Fried, 1999)

Sifat-sifat air yang memungkinkan keberlangsungan fungsi-fungsi kehidupan terutama disebabkan oleh susunan ikatan antara hidrogen dan oksigen dalam molekul air pada distribusi elektron. Walaupun hidrogen dan oksigen dalam air membentuk ikatan kovalen, pasangan elektron yang dipakai-bersama berada pada posisi yang lebih dekat dengan pengaruh oksigen, karenanya membentuk dipol. Hidrogen-hidrogen dari satu molekul  $H_2O$  adalah ujung-ujung positif dipol tersebut, sedangkan ujung oksigen adalah kutub negatif-ganda. Kedua ujung hidrogen dari satu molekul  $H_2O$  tertarik ke ujung-ujung oksigen dari dua molekul air lainnya, sedangkan muatan negatif-ganda ujung oksigen menarik ujung hidrogen dari dua molekul air yang lain lagi. Pengikatan hidrogen ke empat molekul air lainnya menyebabkan adanya sifat air yang cenderung untuk menstabilkan sistem-sistem yang mengandung air. Ikatan-ikatan hidrogen terus-menerus dibentuk dan diputuskan, sebuah proses yang memungkinkan air untuk mengalir seraya mempertahankan kohesi kuat yang menjaga air tetap cair pada kisaran temperatur dan tekanan yang luas (Fried, 1999).

Perbedaan elektronegativitas atom hidrogen dan oksigen itu tidak cukup untuk memperoleh ion-ion. Akibatnya, keduanya harus berbagi pasangan elektron, yakni terjadilah ikatan kovalen. Dalam hal ini, elektronegativitas yang lebih besar pada atom oksigen menyebabkannya menarik pasangan elektronnya lebih dekat kepada nukleusnya dan karena itu lebih jauh dari nukleusnya atom-atom hidrogen. Hal ini berakibat adanya pemusatan muatan negatif lebih dekat dengan atom oksigen dan dengan demikian lebih jauh dari proton-proton yang bermuatan positif yang membangun nukleus-nukleus atom hidrogen. Jadi, ikatan

yang terjadi itu sifatnya intermediet antara ikatan ionik penuh pada satu pihak dan pada pihak lain ikatan kovalen sejati. Ada pemisahan muatan, tetapi ketika ion-ion terbentuk pemisahan itu tidak lengkap. Muatan sebagian (parsial) yang terbentuk ini ditandai dengan lambang  $\delta$  (Fried, 1999).

Dua pasangan elektron merupakan ikatan kovalen polar terhadap nukleus hidrogen dan dua tidak berbagi. Karena geometri tetrahedron beraturan, dua sudut manapun yang kita pilih untuk menempatkan nukleus hidrogen di dalamnya, hasilnya ialah penyebaran yang tidak simetris muatan-muatan parsial tersebut. Satu sisi molekul itu (tempatya hidrogen) akan bermuatan positif parsial, sisinya yang lain (dengan pasangan elektron yang tidak berbagi) akan bermuatan negatif parsial. Jadi molekul tersebut secara keseluruhan bersifat polar (Kimball, 1983).

Proporsi relatif menurut beratnya oksigen dan hidrogen dalam air adalah 16 : 2. Hal ini merupakan pencerminan perbandingan jumlah atom dalam molekul adalah 1 atom O (B.M = 16) terhadap dua atom hidrogen (B.M = 1). Jika arus listrik dialirkan ke dalam air yang cukup ion-ion supaya terjamin sebagai hantaran listrik yang baik, kita dapat menguraikan air itu ke dalam unsur pokoknya, yaitu hidrogen dan oksigen. Hal ini akan terjadi perubahan kimia, terdapat penataan kembali atom-atom atau dengan kata lain, ikatan-ikatan tertentu patah dan terbentuklah yang baru (Kimball, 1983).

Perubahan kimia ini dapat dinyatakan dengan satu persamaan. Rumusnya ialah  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$ .  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$  merupakan produk yang terdapat sebagai molekul diatomik. Namun, bahan tidak diciptakan atau dihilangkan. Setiap atom yang turut dalam reaksi kimia harus terdapat dalam produknya dan sebaliknya.

Jika harus digunakan dua atom molekul air agar diperoleh satu molekul O<sub>2</sub>. Jadi rumus akhirnya ialah persamaan seimbang (Kimball, 1983):



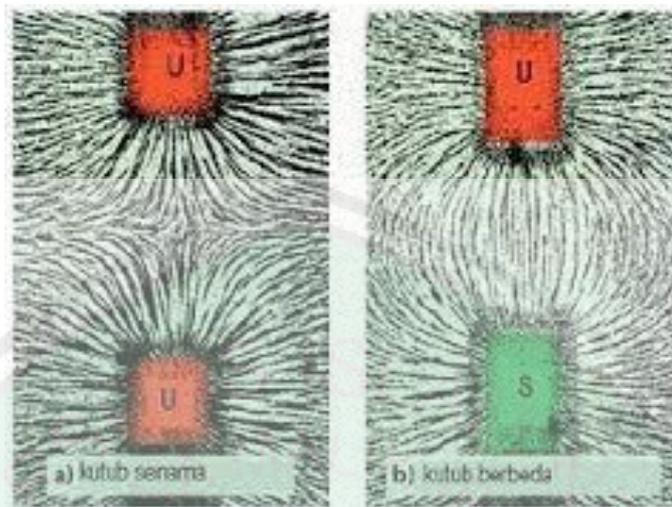
Uraian diatas diketahui bahwa ikatan antar atomnya bersifat ikatan kovalen yang merupakan ikatan yang paling kuat. Sedangkan untuk ikatan antar molekulnya merupakan ikatan polar yang merupakan ikatan yang lemah. Dari sifat ikatan polar inilah, yang nantinya diharapkan dapat diubah variasinya dan disesuaikan dengan rangkaian medan elektromagnet (Kimball, 1983).

## 2.3 Medan Magnet

### 2.3.1 Definisi Medan Magnet

Medan magnet terdapat di dalam suatu daerah dalam ruang jika suatu muatan yang bergerak melalui daerah tersebut mengalami suatu gaya akibat gerakannya. Seringkali, sebuah medan magnet diketahui melalui pengaruhnya terhadap jarum kompas (batang magnet yang kecil). Jarum kompas mengarah sejajar arah medan magnet (Bueche, 2006).

Sebuah kawat yang diletakkan vertikal di sekitar tumpukan serbuk besi diberi arus listrik, maka serbuk besi ini akan membentuk garis-garis konsentris dengan kawat sebagai pusatnya. Garis-garis ini menggambarkan bahwa di sekitar kawat tersebut medan magnet diberi simbol **B**.



Gambar 2.5 Garis-Garis Medan Magnet pada Dua Magnet (a) yang Berkutub Sama (b) yang Berkutub Berbeda (Bueche, 2006)

### 2.3.2 Gaya pada Arus Listrik dalam Medan Magnet

Arus merupakan aliran dari muatan positif, sebuah arus mengalami gaya akibat medan magnet. Arah gaya ditentukan dengan aturan tangan kanan dengan arah arus yang digunakan sebagai pengganti vektor kecepatan. Besar  $\Delta F_M$  dari gaya pada sebuah kawat  $\Delta L$  yang tidak panjang yang mengalirkan arus  $I$  ditentukan oleh (Bueche, 2006):

$$\Delta F_M = I (\Delta L) B \sin \theta \quad (2.2)$$

dimana  $\theta$  adalah sudut antara arah arus  $I$  dan arah medan. Untuk kawat lurus dengan panjang  $L$  dalam suatu medan magnet homogen. Persamaan ini menjadi (Bueche, 2006):

$$F_M = ILB \sin \theta \quad (2.3)$$

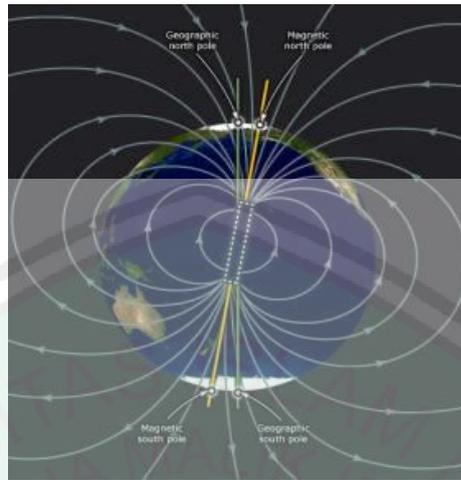
Gaya adalah nol jika kawat searah dengan garis medan. Gayanya maksimum jika garis-garis medannya tegak lurus terhadap kawat. Analog dengan

kasus muatan bergerak, gaya adalah tegak lurus terhadap bidang dimana kawat dan garis-garis medan berada (Bueche, 2006).

### 2.3.3 Medan Magnet Bumi

Penjelasan kemagnetan bumi (*geomagnetism*) yang diterima sekarang adalah bahwa ada arus listrik di dalam inti bumi (karena keadaan cair dan mudah bergerak), yang menghasilkan medan magnet seperti dalam elektromagnet. Teori dinamo ini telah dikembangkan 60 tahun yang lalu. Medan magnet bumi adalah besaran vektor. Partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet, jarum kompas, dan juga magnet permanen yang lain akan mendapat gaya magnet yang sebanding dengan besarnya medan magnet. Sebuah magnet, apakah sebuah mineral magnetik, batang besi yang terinduksi magnet, atau sebuah elektromagnet mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Pasangan kutub-kutub magnet ini disebut sebuah dwi kutub (*dipole*) magnet (Tjasyono, 2006).

Medan magnet bumi dapat dimisalkan sebagai medan magnet batang yang besar dengan pusat medannya berada jauh di bawah permukaan bumi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.7 (Tjasyono, 2006):



Gambar 2.6 Medan Magnet Bumi (Tjasyono, 2006)

Tahun 1820, Oersted menunjukkan bahwa medan magnet diproduksi oleh arus listrik yang mengalir melalui sebuah kawat. Jika arus mengalir melalui sebuah kawat lurus maka medan magnet membentuk cincin mengelilingi kawat. Medan magnet bumi dapat diukur dengan membandingkannya dengan medan yang dihasilkan oleh sebuah elektromagnet, terdiri dari beberapa koil kawat dan diketahui aliran arusnya, hal ini merupakan jenis magnetometer. Kekuatan medan magnet bumi dapat juga ditentukan dengan mengukur osilasi sebuah jarum kompas yang ditempatkan pada medan magnet bumi. Kutub magnet utara terletak dekat lintang  $73^{\circ}$  U, bujur  $100^{\circ}$  B di Kepulauan Kanada, sedangkan kutub magnet selatan berada dekat lintang  $68^{\circ}$  S, bujur  $146^{\circ}$  T pada ujung Antartika (Tjasyono, 2006).

Garis fiktif pada permukaan bumi yang terletak di tengah-tengah antara dua kutub disebut *equator geomagnet*. Sedangkan *equator magnetic* didefinisikan sebagai garis penghubung titik-titik dengan inklinasi sama dengan nol. Pada

permukaan bumi, jarum magnet bebas untuk berputar dan mengorientasikan dirinya sesuai dengan arah medan magnet tempat tersebut.

Sudut di antara garis gaya magnet dan permukaan bumi disebut *magnetic inclination*. Cakupan inklinasinya dari  $90^\circ$  pada sumbu magnetik sampai  $0^\circ$  pada equator magnetik, dimana garis gayanya paralel terhadap permukaan. Jarum kompas berputar mengikuti arah horisontal dan menunjuk ke kutub magnet, hal tersebut mengindikasikan komponen lokal horisontal dari medan magnet bumi. Perbedaan derajat tingkat dan arah antara utara sebenarnya dan utara magnet pada titik yang ditentukan di permukaan disebut *magnetic declination* titik tersebut (Ludman, 1982).

Medan magnet didefinisikan sebagai garis-garis gaya magnet pada permukaan bumi dari kutub selatan menuju kutub utara. Medan magnet (*fluks*) arahnya vertikal pada daerah kutub utara dan selatan pada horizontal di *equator*. Sumber medan magnet yang tercatat pada alat dalam eksplorasi magnetik adalah komponen-komponen yang terdiri atas (Telford, 1982):

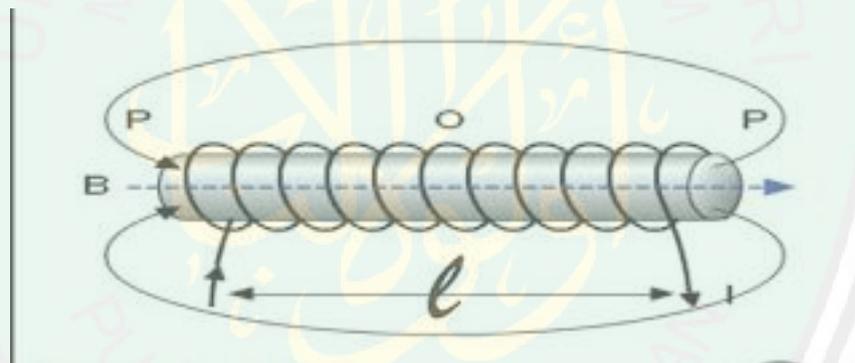
- a) Medan utama; yang tidak konstan terhadap waktu, tetapi variasinya relatif kecil
- b) Medan luar; lebih kecil dari medan utama dan berubah dari waktu ke waktu, lebih cepat dari medan utama secara acak (*random*) oleh penyebab dari luar bumi
- c) Variasi dari medan utama (anomali magnetik lokal); variasinya relatif dan jauh lebih kecil dari medan utama. Anomali ini disebabkan oleh gangguan lokal yang ada pada kerak bumi

Medan magnet bumi berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, baik pada belahan bumi utara maupun selatan. Pada belahan bumi utara akan sangat berbeda dengan belahan bumi bagian selatan.

## 2.4 Medan Magnet dalam Kumparan

### 2.4.1 Solenoida

Kumparan solenoida adalah deretan seri lilitan melingkar kawat yang sewaktu dialiri arus listrik akan menjadi sumber medan magnet seperti yang dihasilkan oleh batang magnet yang berbentuk silinder memanjang seperti yang terlihat pada gambar 2.7 (Soedjojo, 2004):

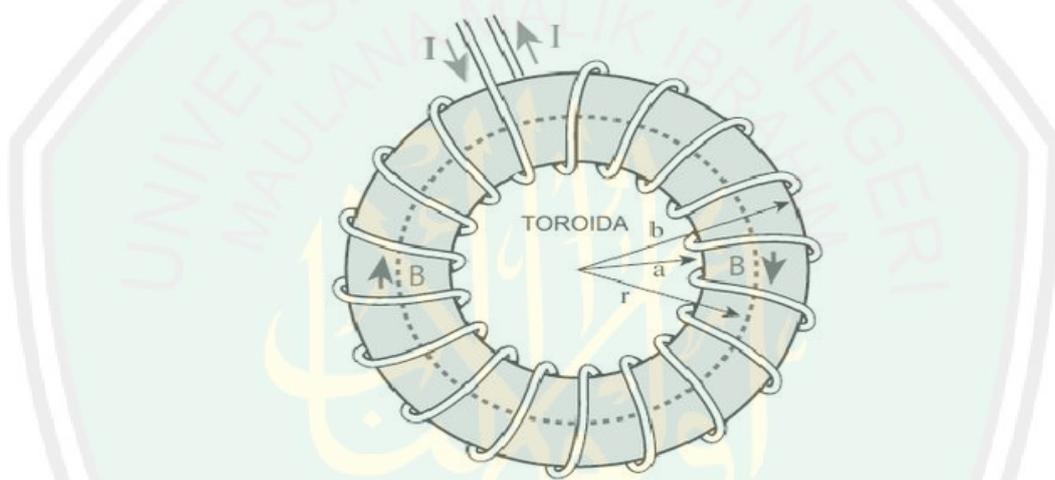


Gambar 2.7 Kumparan Solenoida (Bueche, 2006)

Tampaklah induksi magnet pada bagian tengah solenoida serba sama, ini dilukiskan dengan garis induksi yang sejajar dan berjarak sama. Pada bagian tengah dilukiskan garis induksi yang menyatakan kebocoran induksi magnet. Bila solenoida panjang sekali, induksi magnet dibagian tengah solenoida dapat kita anggap serba sama. Bila lilitan cukup rapat kebocoran dapat kita abaikan, sehingga induksi magnet diluar kumparan dapat dianggap nol (Sutrino, 1983).

### 2.4.2 Toroida

Kumparan toroida adalah seperti solenoida hanya saja dilengkungkan melingkar sehingga ujung-ujungnya bertautan. Kumparan yang tak berujung-pangkal demikian boleh dikatakan bersikap sebagai solenoida yang tak terhingga panjangnya. Gambar toroida ditunjukkan seperti pada gambar berikut (Soedoyo, 2004):



Gambar 2.8 Kumparan Toroida (Bueche, 2006)

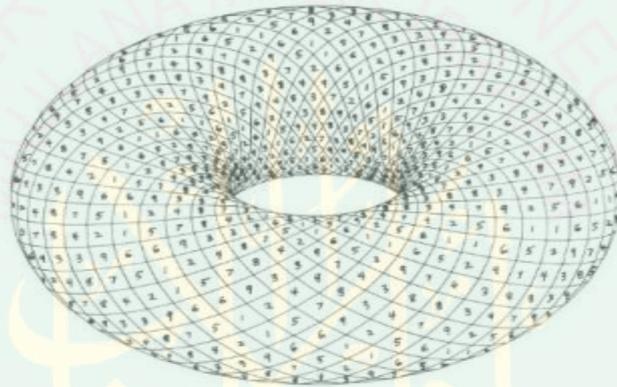
Induksi magnet dalam toroida dirumuskan dengan (Sutrino, 1983):

$$B = \mu_0 \frac{NI}{2\pi r} \quad (2.4)$$

### 2.4.3 Rodin Coil

Literatur bahasa Indonesia, belum ada bahasan mengenai rodin coil. Rodin coil diciptakan oleh seorang bernama Marko Rodin. Dengan menggunakan basis bernama *Vortex-Based Mathematics*. Rodin coil terdiri dari sepasang kabel melilit inti berbentuk donat dan memiliki pola bintang (Rodin, 2001).

Marko Rodin telah menemukan serangkaian keteraturan dalam sistem angka desimal sampai sekarang tidak tercatat dan diabaikan oleh matematika konvensional dan ilmu pengetahuan. Matematikawan, ilmuwan komputer, dan pemikir ilmiah terkemuka lainnya telah menguji dan mengakurasi penemuan revolusioner ini, yang dikenal sebagai solusi rodin dan sering disebut sebagai *rodin coil* (Rodin, 2001).



Gambar 2.9 Permukaan Topologi Toroida Rodin Coil “*Vortex-Based Mathematics*” (Rodin Aerodynamics, 2001)

Menggunakan skema *rodin coil* (seperti gambar diatas) satu dapat mengetahui jalur-jalur kecil dan segala sesuatu gerak masa lalu, sekarang, dan masa depan dari tingkat kuantum sampai sistem tata surya dan galaksi. Sederhananya, Rodin telah menemukan geometri yang mendasari alam semesta. Rodin telah menemukan energi yang hilang dibalik penciptaan yang terus-menerus dan sebelum penciptaan dari semesta. Para ilmuwan menyebut ini energi yang hilang sebagai “materi gelap” atau “energi gelap” karena sejauh ini mereka tidak dapat menjelaskan itu. Penemuan “energi gelap” adalah pencarian ilmiah terbesar zaman kita. dan Marko Rodin telah menemukannya (Rodin, 2001).

Ruang lingkup solusi rodin sangat mengejutkan. Hal ini berlaku *universal* dalam ilmu pengetahuan, biologi, kedokteran, genetika, astronomi, kimia, ilmu komputer, fisika, dan astrofisika. Solusi rodin dapat diterapkan untuk mengobati penyakit yang dapat disembuhkan dengan mengungkap rahasia DNA dan kode genetik (Rodin, 2001).

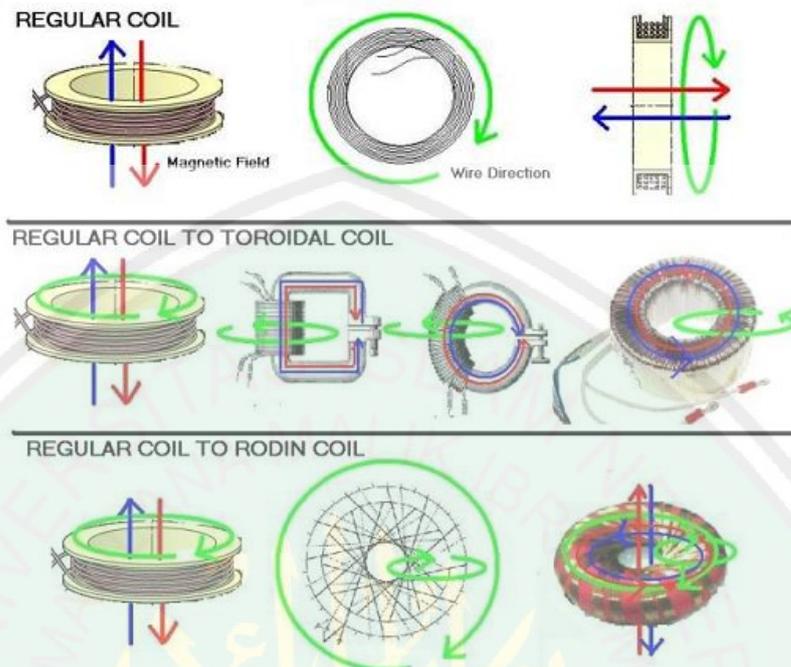
Menggunakan *vortex-based mathematics*, Marko Rodin dapat menunjukkan angka yang nyata dan alam menyatakan dirinya melalui angka. Marko Rodin telah memecahkan perdebatan yang telah lama dalam matematika apakah penemuan angka buatan manusia atau berbasis di alam dengan membuktikan bahwa angka adalah satu syarat bagi penciptaan. Dengan matematikanya, Rodin mampu menunjukkan kesalahan-kesalahan buatan manusia di teori-teori matematika dan menemukan solusi yang benar. Dia juga mampu memprediksi banyak bilangan prima yang tak terdefinisi dan dapat menunjukkan bahwa bilangan prima ada pada semua simetri (Rodin, 2001).

Menggunakan rumus matematika Rodin *interferometry numerical patterns*, yang *non-invasif* dan karenanya, menghilangkan kemungkinan potensi prinsip ketidakpastian Heisenberg. Prinsip ini, misalnya, bahwa kamu tidak dapat mengetahui posisi masa depan dari sebuah elektron bahkan jika kamu tahu posisi dahulu dan sekarang, karena satu posisi mempengaruhi posisi yang lain oleh cara kamu memahaminya. Satu-satunya cara ilmuwan dapat mengetahui model atom adalah dengan mengamatinya, dengan invasif, melalui mikroskop elektron, tapi ini menyebabkan elektron menyerap cahaya dan elektron melompat ke cincin dan anda hanya membelokkan dan mengkontaminasinya. Dengan menggunakan solusi

rodin, sebuah elektron diamati tidak dengan cahaya, tapi menggunakan kreasi sebuah matriks matematika atau *interferometry numerical pattern*. Ini tidak akan mengkontaminasi. Oleh karena itu, Rodin dapat menentukan saat elektron dalam semua kerangka acuan. Hal ini memungkinkan dia "melihat" jauh lebih kecil atau lebih besar dari tingkat kuantum bentuk galaksi dan semesta (Rodin, 2001).



Gambar 2.10 Rodin Coil (Rodin Aerodynamics, 2001)



Gambar 2.11 Berbagai Arah Medan Magnet dari Beberapa Macam Kumbaran (Rodin Aerodynamics, 2001)

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan merupakan pertambahan jumlah dan ukuran sel yang bersifat permanen (tetap), tidak bisa balik (*irreversible*), dan dapat dinyatakan secara kuantitatif. Sedangkan perkembangan merupakan proses perubahan dalam bentuk menuju ke tingkat lebih sempurna yang bersifat kualitatif dan (*irreversible*) (Lakitan, 1996).

Perkecambahan adalah proses pertumbuhan dan perkembangan embrio dan komponen-komponen biji yang mempunyai kemampuan untuk menjadi tumbuhan baru. Dalam tahap ini, embrio dalam biji yang semula berada pada kondisi dorman mengalami sejumlah perubahan fisiologis yang menyebabkan embrio tersebut berkembang menjadi tumbuhan muda. Tumbuhan muda ini

dikenal sebagai kecambah. Hasil perkecambahan ini adalah munculnya tumbuhan kecil dari dalam biji (Prawiranta, 1981).

Beberapa faktor yang mempengaruhi perkembangan pada tumbuhan yaitu (Sasmitahardja, 1996):

#### 1. Faktor Internal

Faktor internal yang mempengaruhi ada dua yaitu:

##### A. Hormon

Hormon yang akan mengontrol pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Beberapa kelompok hormon telah diketahui, beberapa diantaranya bersifat sebagai zat perangsang pertumbuhan dan perkembangan (*promotor*), sedang yang lainnya bersifat sebagai penghambat (*inhibitor*). Hormon tersebut yaitu:

–Auksin atau AIA (Asam Indol Asetat)

Hormon Auksin terletak di ujung batang dan ujung akar. Fungsi hormon ini adalah membantu proses percepatan pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang, mempercepat perkecambahan, membantu proses pembelahan sel, mempercepat pemasakan buah, dan mengurangi jumlah biji dalam buah

–Giberelin

Hormon yang dihasilkan oleh tumbuhan pada bagian jaringan meristem akar, meristem batang, dan daun muda. Pengaruh giberelin terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan antara lain: mempengaruhi perkembangan embrio dan kecambah, menyebabkan pertumbuhan pada

tumbuhan raksasa, menyebabkan terbentuknya buah yang besar namun tidak berbiji, dan merangsang perbungaan

–Sitokinin

Hormon ini dihasilkan oleh tumbuhan pada bagian akar dan diangkat ke organ lainnya. Pengaruh sitokinin terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan antara lain: mempengaruhi pertumbuhan akar, merangsang pembelahan sel dengan cepat, menghambat penuaan, dan mengatur pembentukan bunga dan buah

–Gas Etilen

Dihasilkan oleh tumbuhan untuk mempercepat pematangan buah dan terutama dihasilkan oleh buah yang sudah tua. Gas etilen dan asam absisat mengendalikan kerontokan daun. Gas etilen dan auksin mempercepat pembungaan pada tanaman mangga dan nanas. Gas etilen dan giberelin mengendalikan perbandingan antara bunga jantan dan betina yang dihasilkan pada beberapa tumbuhan monosius

–Asam Absisat (ABA)

Hormon penyebab dormansi tunas yang disintesis dalam daun dan kemudian diangkut ke tunas-tunas untuk merangsang dormansi

–Kalin

Merupakan hormon yang mempengaruhi pertumbuhan organ pada tumbuhan

–Asam Traumatin

Merangsang sel-sel di daerah luka menjadi bersifat meristem lagi sehingga mampu mengadakan pembelahan sel untuk menutup bagian yang luka. Jaringan penutup luka disebut kalus

B. Genetik

Gen berpengaruh dalam menentukan pola pertumbuhan tanaman, artinya tingkat optimalisasi pertumbuhan dimana pola pertumbuhan kacang tanah tidak akan sama dengan jagung, atau lebih jelas pada usia dewasa kacang tanah tidak akan mempunyai waktu dan tinggi serta berat yang sama diantara keduanya. Tanaman yang mengandung gen yang baik dan didukung dengan kondisi lingkungan yang sesuai akan memperlihatkan pertumbuhan dan perkembangan yang baik pula.

2. Faktor Lingkungan (*Eksternal*)

Faktor ini merupakan faktor luar yang erat sekali hubungannya dengan proses perkembangan. Termasuk ke dalam faktor ini adalah panjang pendeknya hari, suhu, dan nutrisi. Banyak rangsangan lingkungan atau eksternal yang mempengaruhi perkembangan tumbuhan adalah:

A. Cahaya-intensitas, kualitas (warna), lamanya, dan periodisitas

Cahaya matahari dapat merusak auksin. Kecambah di tempat gelap akan tumbuh lebih cepat panjang daripada kecambah di tempat terang. Peristiwa ini disebut etiolasi

B. Suhu-absolut dan periodisitas

Suhu merupakan syarat penting bagi perkecambahan biji. Tetapi ini tidak bersifat mutlak sama seperti kebutuhan terhadap air untuk perkecambahan, dimana biji membutuhkan suatu level “*hydration minimum*” yang bersifat khusus untuk perkecambahan

C. Kelembaban

Tempat yang lembab menguntungkan bagi tumbuhan dimana tumbuhan dapat mendapatkan air lebih mudah

D. Nutrisi

Ada dua kelompok mineral yang dibutuhkan yaitu makronutrien (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Fe, Mg) dan mikronutrien (B, Mn, Mo, Zn, Cu, Cl)

E. Oksigen

Oksigen berkaitan dengan proses respirasi. Saat berlangsungnya perkecambahan, proses respirasi akan meningkat disertai dengan meningkatnya pengambilan oksigen dan pelepasan CO<sub>2</sub>, air, dan energi panas. Terbatasnya oksigen yang dapat dipakai akan menghambat proses perkecambahan benih. Kebutuhan oksigen sebanding dengan laju respirasi dan dipengaruhi oleh suhu, mikroorganisme yang terdapat dalam benih. Masih banyak lagi faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Seperti medium (tanah), medan magnet, dan mekanik (misalnya angin).

## 2.6 Hidroponik

Hidroponik berasal dari kata *hydroponics*, bahasa Yunani. Kata tersebut merupakan gabungan dari dua kata, yaitu *hydro* yang artinya air dan *ponos* yang

artinya bekerja. Jadi, hidroponik artinya pengerjaan air atau bekerja dengan air. Umumnya orang bertanam dengan menggunakan tanah. Namun, dalam hidroponik tidak lagi digunakan tanah, hanya dibutuhkan air yang ditambah nutrisi sebagai sumber makanan bagi tanaman (Prihmantoro, 2001).

Bahan dasar yang dibutuhkan tanaman adalah air, mineral, cahaya, dan CO<sub>2</sub>. Cahaya tidak menjadi masalah karena telah terpenuhi oleh cahaya matahari. Demikian pula CO<sub>2</sub>, cukup melimpah di udara bebas. Kebutuhan air dan mineral dapat diberikan dengan sistem hidroponik. Dengan demikian, berarti keberadaan tanah sebenarnya tidak menjadi hal yang utama (Prihmantoro, 2001).

### **2.6.1 Perkembangan Hidroponik**

Sistem budidaya secara hidroponik sering diterapkan untuk mengatasi kekurangan lahan pertanian, yang dalam hal ini adalah tanaman pangan, khususnya sayuran. Budidaya pertanian yang menggunakan teknologi hidroponik tidak lepas dari sarana yang dapat menunjang optimalisasi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mengingat hidroponik ini bukan suatu keharusan, melainkan suatu jalan keluar, maka komoditi yang ditanam pun harus mempunyai pasar khusus dengan harga khusus pula (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

Bertanam secara hidroponik dapat berkembang dengan cepat, karena cara ini mempunyai banyak kelebihan. Kelebihan yang utama adalah tanaman dapat tumbuh dan berproduksi lebih baik dibandingkan dengan teknik penanaman biasa. Kelebihan lainnya yaitu perawatan lebih praktis dan gangguan hama lebih terkontrol, pemakaian pupuk lebih hemat, tanaman yang mati lebih mudah diganti dengan tanaman yang baru, tidak membutuhkan tenaga kasar karena metode kerja

lebih hemat dan memiliki standarisasi, tanaman dapat tumbuh lebih pesat, dan dengan keadaan yang tidak kotor ataupun rusak (Lingga, 2002).

### 2.6.2 Persiapan dalam Penerapan Sistem Hidroponik

Keberhasilan dalam penerapan sistem hidroponik harus memperhatikan beberapa faktor penting. Adapun beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam budidaya sayuran hidroponik antara lain (Prihmantoro, 2001):

a) Pemilihan lokasi

Banyak pilihan lokasi yang ada, tetapi untuk memilihnya diperlukan suatu kriteria. Kriteria tersebut antara lain:

- Sesuai dengan syarat tumbuh tanaman
- Dekat dengan pusat sarana atau kebutuhan produksi
- Sarana jalan dan pengangkutan yang mudah
- Dekat dengan pasar

b) *Greenhouse*

*Greenhouse* (rumah kaca) mulanya ada di Belanda. Di negara tersebut *greenhouse* sangat diperlukan karena terdiri dari empat musim. Sekarang *greenhouse* telah banyak ditemui di Indonesia. Berbeda dengan di luar negeri, *greenhouse* di Indonesia kurang begitu vital karena pada dasarnya iklim di Indonesia telah cocok untuk banyak jenis tanaman. Namun, kadang-kadang faktor dari luar seperti angin kencang, hujan deras, terik matahari, atau kelembaban yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, untuk menghindarinya diperlukan *greenhouse*. *Greenhouse* dapat pula dimanfaatkan untuk mengoptimalkan perawatan, terutama untuk tanaman hidroponik yang

perawatan khusus. Selain itu, greenhouse dapat mengurangi serangan hama dan penyakit karena segala sesuatu yang ada pada *greenhouse* diusahakan steril. Dalam membuat *greenhouse* ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi. Persyaratan tersebut antara lain:

- Ditempatkan di tempat terbuka
- Mempunyai sirkulasi
- Dapat mengurangi intensitas cahaya matahari
- Dapat mengurangi angin
- Steril

c) Media

Media untuk tanaman hidroponik bermacam-macam. Persyaratan terpenting untuk media hidroponik harus ringan dan porus. Tiap media mempunyai bobot dan porositas yang berbeda. Oleh karena itu, dalam memilih media sebaiknya dicari yang paling ringan dan yang mempunyai porositas baik.

Macam-macam media yang dapat digunakan yaitu arang sekam, pasir, zeolit, rockwool, gambut (peat moss), dan serbuk sabut kelapa.

- Arang sekam

Arang sekam mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya antara lain harganya relatif murah, bahannya mudah didapat, ringan, sudah steril, dan mempunyai porositas yang baik. Kekurangannya yaitu jarang tersedia di pasaran, yang umum tersedia hanya bahannya (sekam/kulit gabah) saja, dan hanya dapat digunakan dua kali. Media ini umumnya digunakan untuk hidroponik tomat, paprika, dan mentimun. Namun, bukan berarti

hidroponik tanaman sayuran yang lain tidak dapat menggunakannya, Tanaman sayuran yang lain dapat juga menggunakan media ini, tetapi tidak biasa dilakukan

–Pasir

Media pasir mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya yaitu mudah diperoleh, harga tergolong sedang, dan dapat dipakai berulang-ulang setelah dibersihkan lagi. Kekurangannya yaitu berat, porositas kurang, dan perlu disterilkan. Media pasir biasanya digunakan untuk hidroponik selada, sawi, bayam, dan kangkung

–Zeolit

Zeolit merupakan media yang berbentuk seperti pasir kasar dan berwarna biru atau semu abu-abu. Media ini mengandung pupuk dan yang terbanyak adalah kapur (Ca). Karena kandungan kapur yang tinggi, media ini perlu dinetralkan. Caranya dengan merendam dan mencurinya beberapa kali hingga air cucian bersih (tidak keruh) atau pH-nya sekitar 6-7. Media ini mempunyai kelebihan dan kekurangan bila digunakan sebagai media hidroponik, kelebihanannya antara lain mempunyai porositas yang baik, tahan lama (dapat dipakai berulang-ulang setelah dicuci lagi), dan tidak perlu disterilkan. Selain itu, zeolit juga dapat menyerap pupuk dan mengeluarkannya sesuai dengan kebutuhan tanaman. Kekurangannya yaitu media ini berat dan mahal

–Rockwoll

Rockwoll merupakan media yang terbuat serabut batu apung gunung. Karena dibuat serabut maka media ini ringan. Selain ringan, media ini mempunyai porositas yang baik dan tidak perlu disterilkan. Adanya sifat tersebut membuat rockwoll sangat baik untuk media hidroponik. Kelemahannya yaitu hanya dapat dipakai 3 kali, harganya mahal, susah didapat, dan dikabarkan mengandung asbestos sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker

–Gambut (*Peat moss*)

Gambut merupakan media tanam yang telah mengandung pupuk. Hal ini telah memberi keuntungan bila akan dipakai untuk media hidroponik. Selain mengandung pupuk, media ini mempunyai porositas yang baik, ringan, harga sedang, dan tidak perlu disterilkan. Kekurangan yang dimilikinya yaitu susah dicari, hanya dapat dipakai satu kali, dan terlalu mengikat air (lembab)

–Serbuk sabut kelapa

Serbuk sabut kelapa ini sekarang telah banyak beredar di pasaran tetapi dapat juga dibuat sendiri

d) Pot atau Wadah

Pot atau wadah sangat diperlukan untuk menampung media tanam. Pot atau wadah di sini dibedakan menjadi dua, yaitu pot atau wadah untuk sayuran tomat, paprika, serta mentimun dan pot atau wadah untuk sayuran selada, sawi, seledri, kangkung, serta bayam.

–Pot atau wadah untuk tomat, paprika, dan mentimun

Pot atau wadah yang dipakai sebaiknya mempunyai ventilasi untuk drainase (di samping atau di bawah) dan tidak menyerap air. Untuk persemaian dapat digunakan bak dari kayu berukuran 1x1, 5x0, 1m. Bak ini dilapisi lembaran plastik pada bagian dasar dantepinya untuk mencegah serangga atau hama pengganggu lainnya. Untuk bibitnya dapat digunakan polibag yang berukuran kecil (7 x 10 cm).

Macam-macam pot hidroponik yang dapat digunakan untuk tanaman dewasa adalah sebagai berikut:

–Unsur hara

Pemberian larutan hara yang teratur sangatlah penting pada hidroponik, karena media hanya berfungsi sebagai penopang tanaman dan sarana meneruskan larutan atau air yang berlebihan. Larutan hara dibuat dengan cara melarutkan garam-garam pupuk dalam air. Berbagai garam jenis pupuk dapat digunakan untuk larutan hara, pemilihannya biasanya atas harga dan kelarutan garam pupuk tersebut

–Media tanam

Jenis media tanam yang digunakan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Media yang baik membuat unsur hara tetap tersedia, kelembaban terjamin dan *drainase* baik. Media yang digunakan harus dapat menyediakan air, zat hara, dan oksigen serta tidak mengandung zat yang beracun bagi tanaman

### 3. Oksigen

Keberadaan Oksigen dalam sistem hidroponik sangat penting. Rendahnya oksigen menyebabkan permeabilitas membran sel menurun, sehingga dinding sel makin sukar untuk ditembus, akibatnya tanaman akan kekurangan air. Hal ini dapat menjelaskan mengapa tanaman akan layu pada kondisi tanah yang tergenang.

### 4. Air

Kualitas air yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman secara hidroponik mempunyai tingkat salinitas yang tidak melebihi 2500 ppm, atau mempunyai nilai EC tidak lebih dari 6,0 mmhos/cm serta tidak mengandung logam-logam berat dalam jumlah besar karena dapat meracuni tanaman.

Hidroponik, budidaya tanaman tanpa tanah, telah berkembang sejak pertama kali dilakukan penelitian-penelitian yang berhubungan dengan penemuan unsur-unsur hara esensial yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Penelitian tentang unsur-unsur penyusun tanaman ini telah dimulai pada tahun 1600-an. Akan tetapi budidaya tanaman tanpa tanah ini telah dipraktekkan lebih awal dari tahun tersebut, terbukti dengan adanya taman gantung (*Hanging Gardens*) di Babylon, taman terapung (*Floating Gardens*) dari suku Aztecs, Mexico dan Cina (Resh, 1998).

Istilah hidroponik yang berasal dari bahasa Latin yang berarti *hydro* (air) dan *ponos* (kerja). Istilah hidroponik pertama kali dikemukakan oleh W.F. Gericke dari University of California pada awal tahun 1930-an, yang melakukan percobaan hara tanaman dalam skala komersial yang selanjutnya disebut

nutrikultur atau *hydroponics*. Selanjutnya hidroponik didefinisikan secara ilmiah sebagai suatu cara budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah, akan tetapi menggunakan media *inert* seperti gravel, pasir, *peat*, *vermikulit*, *pumice* atau *sawdust*, yang diberikan larutan hara yang mengandung semua elemen esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan normal tanaman (Resh, 1998).

Budidaya tanaman secara hidroponik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan budidaya secara konvensional, yaitu pertumbuhan tanaman dapat dikontrol, tanaman dapat berproduksi dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi, tanaman jarang terserang hama penyakit karena terlindungi, pemberian air irigasi dan larutan hara lebih efisien dan efektif, dapat diusahakan terus menerus tanpa tergantung oleh musim, dan dapat diterapkan pada lahan yang sempit (Harris, 1989).

Hidroponik, menurut Savage (1985), berdasarkan sistem irigasinya dikelompokkan menjadi; (1) Sistem terbuka dimana larutan hara tidak digunakan kembali, misalnya pada hidroponik dengan penggunaan irigasi tetes *drip irrigation* atau *trickle irrigation*, (2) Sistem tertutup, dimana larutan hara dimanfaatkan kembali dengan cara resirkulasi. Sedangkan berdasarkan penggunaan media atau substrat dapat dikelompokkan menjadi (1) *Substrate System* dan (2) *Bare Root System* (Anas, 2013).

## 1. *Substrate System*

*Substrate system* atau sistem substrat adalah sistem hidroponik yang menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman. Sistem ini meliputi:

### A. *Sand Culture*

Biasa juga disebut "*Sandponics*" adalah budidaya tanaman dalam media pasir. Produksi budidaya tanaman tanpa tanah secara komersial pertama kali dilakukan dengan menggunakan bedengan pasir yang dipasang pipa irigasi tetes. Saat ini, "*Sand Culture*" dikembangkan menjadi teknologi yang lebih menarik, terutama di negara yang memiliki padang pasir. Teknologi ini dibuat dengan membangun sistem *drainase* di lantai rumah kaca, kemudian ditutup dengan pasir yang akhirnya menjadi media tanam yang permanen. Selanjutnya tanaman ditanam langsung dipasir tanpa menggunakan wadah, dan secara *individual* diberi irigasi tetes.

### B. *Gravel Culture*

*Gravel Culture* adalah budidaya tanaman secara hidroponik menggunakan *gravel* sebagai media pendukung sistem perakaran tanaman. Metode ini sangat populer sebelum perang dunia ke 2. Kolam memanjang sebagai bedengan diisi dengan batu *gravel*, secara periodik diisi dengan larutan hara yang dapat digunakan kembali, atau menggunakan irigasi tetes. Tanaman ditanam di atas *gravel* mendapatkan hara dari larutan yang diberikan. Walaupun saat ini sistem ini masih digunakan, akan tetapi sudah mulai diganti dengan sistem yang lebih murah dan lebih efisien.

### C. *Rockwool*

*Rockwool* adalah nama komersial media tanaman utama yang telah dikembangkan dalam sistem budidaya tanaman tanpa tanah. Bahan ini berasal dari bahan batu basalt yang bersifat *inert* yang dipanaskan sampai mencair, kemudian cairan tersebut diputar seperti membuat armanis sehingga menjadi benang-benang yang kemudian dipadatkan seperti kain “*wool*” yang terbuat dari “*rock*”. *Rockwool* biasanya dibungkus dengan plastik. *Rockwool* ini juga populer dalam sistem *Bag culture* sebagai media tanam. *Rockwool* juga banyak dimanfaatkan untuk produksi bibit tanaman sayuran dan tanaman hias.

### D. *Bag Culture*

*Bag culture* adalah budidaya tanaman tanpa tanah menggunakan kantong plastik (*polybag*) yang diisi dengan media tanam. Berbagai media tanam dapat dipakai seperti: serbuk gergaji, kulit kayu, vermikulit, perlit, dan arang sekam. Irigasi tetes biasanya digunakan dalam sistem ini. Sistem *bag culture* ini disarankan digunakan bagi pemula dalam mempelajari teknologi hidroponik, sebab sistem ini tidak beresiko tinggi dalam budidaya tanaman.

## 2. *Bare Root System*

*Bare Root system* atau sistem akar telanjang adalah sistem hidroponik yang tidak menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman, meskipun *blockrockwool* biasanya dipakai setiap awal pertanaman. Sistem ini meliputi:

a. *Deep Flowing System*

*Deep Flowing System* adalah sistem hidroponik tanpa media, berupa kolam atau kontainer yang panjang dan dangkal diisi dengan larutan hara dan diberi *aeration*. Pada sistem ini tanaman ditanam diatas panel tray (*flat tray*) yang terbuat dari bahan *sterofoam* mengapung di atas kolam dan perakaran berkembang di dalam larutan hara.

b. *Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)*

Teknologi Hidroponik Sistem Terapung adalah hasil modifikasi dari *Deep Flowing System* yang dikembangkan Bagian Produksi Tanaman, Departemen Agronomidan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor. Perbedaan utama adalah dalam THST tidak digunakan *aerator*, sehingga teknologi ini relatif lebih efisien dalam penggunaan energi listrik.

c. *Aeroponics*

*Aeroponics* adalah sistem hidroponik tanpa media tanam, namun menggunakan kabut larutan hara yang kaya oksigen dan disemprotkan pada zona perakaran tanaman. Perakaran tanaman diletakkan menggantung di udara dalam kondisi gelap, dan secara periodik disemprotkan larutan hara. Teknologi ini memerlukan ketergantungan terhadap ketersediaan energi listrik yang lebih besar.

d. *Nutrient Film Technics (NFT)*

*Nutrient Film Technics* adalah sistem hidroponik tanpa media tanam. Tanaman ditanam dalam sirkulasi hara tipis pada talang-talang yang memanjang. Persemaian biasanya dilakukan di atas blok rockwool yang dibungkus plastik. Sistem NFT pertama kali diperkenalkan oleh peneliti bernama Dr. Allen Cooper.

Sirkulasi larutan hara diperlukan untuk teknologi ini, dalam periode waktu tertentu. Hal ini dapat memisahkan komponen lingkungan perakaran yang 'aqueous' dan 'gaseous' yang dapat meningkatkan serapan hara tanaman.

e. *Mixed System*

*Ein-Gedi System* disebut juga *Mixed System* adalah teknologi hidroponik yang menggabungkan *aeroponics* dan *deep flow technics*. Bagian atas perakaran tanaman terbenam pada kabut hara yang disemprotkan, sedangkan bagian bawah perakaran terendam dalam larutan hara. Sistem ini lebih aman dari pada *aeroponics* sebab bila terjadi listrik padam tanaman masih bisa mendapatkan hara dari larutan hara di bawah area kabut.

### 3. Kultur Air

Diantara budidaya tanaman tanpa tanah, kultur air adalah budidaya tanaman yang menurut definisi merupakan sistem hidroponik yang sebenarnya. Kultur air juga sering disebut *true hydroponics*, *nutri culture*, atau *bare root system*. Di dalam kultur air, akar tanaman terendam dalam media cair yang merupakan larutan hara tanaman, sementara bagian atas tanaman ditunjang adanya lapisan *medium inert* tipis yang memungkinkan tanaman dapat tumbuh tegak (Resh, 2004).

Sejarah perkembangan hidroponik, penelitian-penelitian pertama tentang hidroponik tercatat menggunakan sistem kultur air tanpa adanya substrat atau media tanam (Woodward, 1699). Teknik-teknik dasar kultur air modern telah dikembangkan oleh Sach dan Knopp pada tahun 1860 (Hewitt dan Smith, 1975) dari beberapa hasil penemuan sebelumnya oleh Senebier tahun 1791 yang

menyatakan bahwa akar tanaman akan mati bila terendam dalam air. Pada tahun 1804, De Sausser juga menyatakan bahwa disamping mengandung udara air juga mengandung CO<sub>2</sub>, campuran gas mengandung 20% O (Musfati, 2009).

*Aeration* adalah suatu hal yang esensial untuk aktivitas perakaran walaupun hal ini sangat beragam antar spesies tanaman. Pengambilan unsur mineral akan terjadi ketidakseimbangan bila kondisi oksigen di perakaran menurun, sebaliknya akan terangsang bila konsentrasi oksigen di zona perakaran meningkat. Akumulasi karbondioksida (CO) di dalam larutan hara akan menghambat absorpsi sebagian besar unsur hara tersebut oleh tanaman, sedangkan kekurangan oksigen (O) walaupun tidak akan menekan absorpsi air (dalam periode tertentu) akan tetapi tetap menekan pengambilan unsur hara dari larutan hara (Soffer, 1985).

Usaha kultur air secara komersial untuk produksi tanaman sayuran telah dilakukan di beberapa negara antara lain Canada (Ingratta et al., 1985), Jepang (Takakura, 1985), Israel (Soffer, 1985), United Kingdom (Hurd, 1985), dan USA (Carpenter, 1985). Pengusahaan kultur air secara komersial di Jepang mencapai kurang lebih 2.000 *greenhouse* atau sekitar 300 hektar. Unit kultur air sistem Jepang terdiri dari beberapa seri bak yang terbuat dari plastik yang berukuran lebar 0.8 m dan panjang 3 m dengan kedalaman 6-8 cm. Tanaman diselipkan dalam lubang pada *sterofoam*. Larutan hara dipompakan ke dalam bak selama 10 menit setiap jam, yang bertujuan untuk memelihara *aeration*. Bak selalu penuh dengan larutan hara dimana akar tanaman terendam di dalamnya. Pipa *aeration* dapat dipasang pada bak tanam untuk meningkatkan *aeration*. Pipa *aeration* ini

mempunyai lubang berdiameter 2 mm pada setiap 4 cm panjang pipa (Resh, 1998).



#### 2.12 Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (thst) untuk Sayuran (Resh, 1998)

Modifikasi kultur air sistem Jepang telah dilakukan oleh Dr. Merle Jensen dari *Environmental Research Laboratory* (ERL), Universitas Arizona, Tucson, USA dengan pengembangan prototipe *Raceway*, *Raft*, atau *Floating System* untuk produksi selada antara tahun 1981-1982. Dalam percobaan ini dapat dihasilkan 4.5 juta *head* selada per hektar per tahun (Jensen dan Collins, 1985). Sistem kultur air ini terdiri dari bak tanam yang relatif lebih dalam 15-20 cm, dengan lebar 60 cm dan panjang 30 m. Volume larutan hara kurang lebih 3,5 m<sup>3</sup> atau setara dengan 3.600 liter. Hara di dalam bak relatif statik dengan pergerakan hanya 2-3 liter per menit. Dalam penelitian ini juga telah diuji efektivitas penggunaan alat sterilisasi larutan hara dengan *UV-sterilizer* terhadap fungi *patogenik* maupun *non patogenik* yang berasosiasi dengan tanaman di dalam *greenhouse* (Resh, 1998).

Produksi komersial sayuran daun untuk salad dalam sistem terapung (*floating rafts system*) telah digunakan di Florida sejak awal tahun 1980-an (Resh, 1998). Sepuluh sampai 12 kali panen tanaman selada terutama *bib lettuce* dihasilkan dalam *greenhouse* yang berpendingin. Dengan jarak tanaman yang

rapat sistem ini dapat menghasilkan 1 juta per *acre* per tahun tanaman selada yang dapat dipasarkan. Masalah utama dari sistem komersial ini adalah tingginya modal awal untuk membangun sistem ini, dan biaya teknisi yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem ini. Hal ini menyebabkan sistem terapung ini sulit diaplikasikan ditingkat petani. Teknologi hidroponik pasif, *low-tech*, dan *non recirculating system* telah dipelajari di *Asian Vegetabel Research Center* (AVRDC) di Taiwan dan di Universitas Hawaii (Kratky et al., 1988; Kratky, 1993, 1996). Penelitian hidroponik terapung untuk produksi tanaman sayuran di dalam *greenhouse* di Florida menunjukkan hasil yang positif (Fedunak dan Tyson, 1997; Tyson et.al, 1998). Lima dari tujuh varietas komersial selada berhasil dibudidayakan menggunakan *passive floating hydroponics* di luar *greenhouse*, serta memenuhi persyaratan kualitas untuk dipasarkan (Tyson, 2004).

*Teknologi Hidroponik Sistem Terapung* (THST) merupakan sistem hidroponik tanpa substrat yang dikembangkan dari sistem kultur air. Teknologi ini dapat dioperasikan tanpa tergantung adanya energi listrik karena tidak memerlukan pompa untuk re-sirkulasi larutan hara. Hal ini menyebabkan THST menjadi lebih sederhana, mudah dioperasikan, dan murah, sehingga berpotensi untuk dikembangkan pada tingkat petani kecil. Studi pengembangan THST dilakukan untuk mengetahui jenis tanaman, desain panel, jenis, dan volume media (Resh, 1998).

Umur bibit, sumber konsentrasi larutan hara, pupuk daun, dan naungan, serta pemanfaatan kembali larutan hara yang optimal. Hasil studi menunjukkan bahwa jenis tanaman yang dapat dibudidayakan dengan THST adalah caisim

(*Tosakan*), pak choi (*White tropical type*), kailan (*BBT 35*), kangkung (*Bangkok LPI*), selada (*Panorama, Grand Rapids, Red Lettuce, Minetto*), dan seledri (*Amigo*). Komposisi larutan hara yang digunakan disajikan dalam tabel 2.2 (Kratky, 1993):

Tabel 2.2 Komposisi Larutan Hara yang Digunakan (Kratky, 1993).

Larutan Hara	Komposisi Larutan Hara (ppm)
Ca <sup>2+</sup>	177.00
Mg <sup>2+</sup>	24.00
K <sup>+</sup>	210.00
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	25.00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	233.00
SO <sub>4</sub>	133.00
PO <sub>4</sub>	60.00
Fe	2.14
B	1.20
Zn	0.26
Cu	0.048
Mn	0.18
Mo	0.046

## 2.7 Perbandingan Sistem Penanaman Hidroponik dengan Konvensional

Sistem budidaya bercocok tanam secara konvensional dan hidroponik mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, yang akan disajikan dalam tabel 2.3 berikut (Kratky, 1993):

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penanaman secara Hidroponik dan Konvensional (Kratky, 1993).

Penanaman Secara Hidroponik	Penanaman di Tanah
1. Bekerja secara bersih, semuanya dalam keadaan steril	1. Bekerja tidak bersih, tidak dalam keadaan steril
2. Nutrien yang diberikan digunakan secara efisien oleh tanaman	2. Penggunaan nutrien oleh tanaman kurang efisien

3. Nutrien yang diberikan sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman karena tidak ada zat lain yang mungkin dapat bereaksi dengan nutrien	3. Nutrien yang diberikan dapat bereaksi dengan zat yang mungkin terdapat di dalam tanah (karena tanah tidak steril)
4. Tanaman bebas dari gulma	4. Gulma sering tumbuh di tanah
5. Tanaman lebih jarang terserang hama dan penyakit	5. Tanaman lebih sering terserang hama dan penyakit
6. Pertumbuhan tanaman lebih terkontrol	6. Pertumbuhan tanaman kurang terkontrol
7. Tanaman sayur dapat berproduksi dengan kuantitas dan kualitas yang tinggi	7. Kuantitas dan kualitas produksi tanaman kurang
8. Pertanian hidroponik mempunyai ciri: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lahan yang dibutuhkan sempit</li> <li>2. Kesuburan dapat diatur, dan</li> <li>3. Nilai jualnya tinggi</li> </ol>	8. Pertanian dengan tanah mempunyai ciri : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lahan yang dipakai lebih luas</li> <li>2. Mengandalkan unsur tanah, dan</li> <li>3. Nilai jualnya tidak begitu tinggi</li> </ol>

### 2.8 Sayuran Sawi Pak Choi (*Brassica rapa L.*)

Tanaman sawi ini mungkin berasal dari wilayah timur Mediterania. Tanaman menghasilkan daun besar berwarna hijau tua yang aromanya lebih keras ketimbang sebagian besar sawi lain. Tanaman yang tumbuh cepat dan umur-gejah ini tahan suhu rendah; sebagian besar adalah setahun, tetapi ada juga yang dua-tahunan. Selain daun yang dapat dimakan, mahkota hipokotil yang membesar juga dikonsumsi segar atau dibuat acar, biasa disebut dengan sawi hijau-lembut, *Brassica rapa L. subsp. Perviridis bailey* (Grup *Perviridis*) (Vincent, 1998).

Kingdom : *Plantae*  
 Divisio : *Spermatophyta*  
 Kelas : *Dicotyledonae*  
 Ordo : *Rhoeadales*

Famili : *Cruciferae (Brassicaceae)*  
Genus : *Brassica*  
Spesies : *Brassica rapa L*

Pak choi merupakan salah satu jenis kelompok sayuran sawi yang telah dibudidayakan sejak abad ke-5. Tanaman ini merupakan salah satu sayuran penting Asia, khususnya di Cina. Tanaman ini memiliki daun yang bertangkai, daun berbentuk agak oval berwarna hijau tua dan mengkilap, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar. Tangkai daun berwarna putih atau hijau muda, gemuk, dan tinggi tanaman dapat mencapai 15-30 cm. Pada kelompok ini terdapat keragaman morfologis dan periode kematangan pada berbagai kultivar. Salah satunya adalah kultivar tipe kerdil dengan ciri-ciri bentuk daun warna hijau pudar dan ungu yang berbeda-beda (Cahyono, 2003).

Caisim dan pak choi merupakan tanaman yang tahan terhadap air hujan. Pada musim kemarau, jika penyiraman dilakukan dengan teratur dan dengan air yang cukup, tanaman dapat tumbuh sebaik pada musim penghujan. Jadi, jika budidaya sawi dilakukan di dataran tinggi, tanaman ini tidak perlu air yang banyak, sebaliknya jika ditanam di dataran rendah diperlukan air lebih banyak. Berhubung selama pertumbuhannya tanaman ini memerlukan hawa yang sejuk maka akan lebih cepat tumbuh apabila ditanam dalam suasana lembab. Namun tanaman ini juga tidak senang pada air yang menggenang. Dengan demikian, tanaman ini cocok bila ditanam pada akhir musim penghujan (Rakhmawati, 2011).

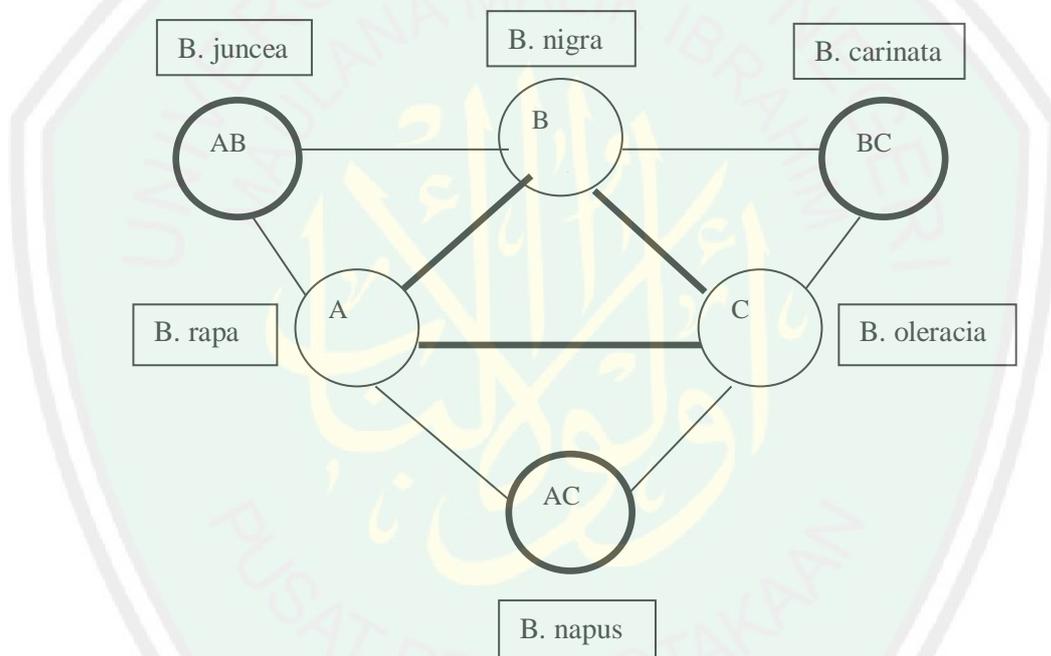
Sawi dapat dipanen pada umur 40-45 hari setelah tanam. Selain dari kriteria umur, panen juga dapat dilihat dari keadaan fisik tanaman seperti warna, bentuk, dan ukuran daun. Apabila daun terbawah sudah menguning, sawi harus secepatnya dipanen. Hal itu karena jika sawi mulai memasuki fase generatif, tanaman akan berbunga akan terasa segar dan tidak terlalu kasar atau keras di lidah (Fathullah, 2015).

Sebagian besar *Brassica* sayuran yang dibudidayakan termasuk dalam enam spesies. Tiga spesies, *B. nigra*, *B. oleracea*, dan *B. rapa* (*B. campestris*), adalah monogenomik (bergenom tunggal) yang memiliki 8, 9, dan 10 pasang kromosom. Komposisi genom ketiganya biasanya diidentifikasi sebagai B, C, dan A, secara berurutan. Tiga spesies lainnya, *B. carinata*, *B. juncea*, dan *B. napus*, adalah amfidiploid, dengan komposisi genom BC, AB, dan AC, serta jumlah kromosom 17, 18, dan 19 pasang. Ketiga spesies amfidiploid ini diyakini telah mengalami evolusi secara alamiah. Amfidiploid adalah diploid dengan dua macam genom, masing-masing berasal dari spesies yang berbeda. Bukti yang mendukung perkembangan ini diperoleh dari amfidiploid buatan yang amat mirip dengan bentuk alamiah, yang keduanya dapat saling disilangkan dengan mudah. Hubungan keenam spesies telah digambarkan oleh ahli genetika U pada tahun 1935. Gambar menunjukkan cara *B. carinata* dihasilkan dari persilangan *B. nigra* dengan *B. oleracea*, *B. juncea* dari persilangan *B. nigra* dengan *B. rapa*, dan *B. napus* dari persilangan *B. rapa* dengan *B. oleracea* (Vincent, 1998).

Taksonomi *Brassica* memang rumit dan masih belum terpecahkan, dan nama umumnya tidak mencerminkan keterkaitan spesiesnya. Tanaman yang

menghasilkan daun sukulen besar sering disebut kubis, yang akar lumbungnya membesar disebut turnip, yang menghasilkan daun sukulen dan biji bumbu disebut sawi (mustar), yang mneghasilkan minyak biji disebut rape (Vincent, 1998).

Hubungan genom antara spesies *Brassica* sebagaimana diusulkan oleh U pada tahun 1935 yaitu (Vincent, 1998):



Gambar 2.13 Hubungan Genom diantara Spesies *Brassica* (Vincent, 1998)

Berbagai jenis sawi dalam kelompok ini umumnya dikenal sebagai pak choi (bahasa Canton, yang berarti sayuran putih) atau bok choy, dan beberapa jenis memiliki penampakan mirip *chard* Swiss. Produksi pak choi kira-kira sama dengan sawi putih, dan telah dibudidayakan sejak abad ke-5. Tanaman ini masih terus merupakan salah satu sayuran penting Asia, khususnya di Cina. Daunnya bertangkai, berbentuk agak oval, berwarna hijau tua, dan mengkilap, tidak

membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar, tersusun dalam spiral yang rapat, melekat pada batang yang tertekan. Tangkai daunnya, berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan berdaging; tanaman ini tingginya 15-30 cm.

Pak choi kurang peka terhadap suhu ketimbang sawi putih, oleh karena itu memiliki adaptasi yang lebih luas. Vernalisasi minimum biasanya diperlukan untuk *bolting*. Bunganya berwarna kuning pucat. Tanaman ini ditanam dengan benih langsung atau dipindah-tanam dengan kerapatan tinggi, umumnya sekitar 20-25 tanaman/m<sup>3</sup>. Kultivar umur-genjah.

Tanaman pak choi (*Brassica rapa* var. *Chinensis*) termasuk dalam jenis sayur sawi yang mudah diperoleh dan cukup ekonomis. Saat ini pak choi dimanfaatkan oleh masyarakat dalam berbagai masakan. Hal ini cukup meningkatkan kebutuhan masyarakat akan tanaman pak choi. Tanaman pak choi cukup mudah untuk dibudidayakan dan hanya memerlukan waktu yang pendek berkisar 3 sampai 4 minggu. Perawatannya juga tidak terlalu sulit dibandingkan dengan budidaya tanaman yang lainnya. Budidaya tanaman pak choi dapat dilakukan sendiri oleh masyarakat dengan menggunakan media tanam dalam polybag. Media tanam dapat dibuat dari campuran tanah dan kompos dari sisa limbah.

## **2.9 Sayuran Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.)**

Tanaman sawi caisim (*Brassica juncea* L.) merupakan satu jenis sayuran daun umumnya dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Sawi hijau sangat berpotensi sebagai penyedia unsur mineral penting dibutuhkan oleh tubuh karena nilai gizinya tinggi. Sawi terdiri dari dua macam, yaitu sawi putih dan sawi hijau.

Sawi hijau memiliki kegunaan untuk mencegah kanker, hipertensi, penyakit jantung, membantu kesehatan sistem pencernaan, mencegah dan mengobati penyakit pellagra, serta menghindarkan ibu hamil dari anemia.

Sawi banyak dibudidayakan oleh petani sebagai tanaman usaha pertanian untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Produksi sawi dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Hal ini dapat dilihat pada data dari BPS Gorontalo (2012), bahwa produksi pada tahun 2007 sebesar 220 ton/ha, sedangkan pada tahun 2011 produksinya sebesar 83 ton/ha. Berdasarkan data tersebut, maka perlu dilakukan budidaya tanaman sawi secara baik dan benar untuk meningkatkan produksi sawi.

#### **2.10 Sayuran Selada (*Latuca sativa*)**

Selada adalah tanaman yang paling banyak digunakan untuk salad. Tanaman ini merupakan sayuran musim dingin utama yang beradaptasi paling baik pada lokasi iklim sedang, yang banyak sekali ditanam. Di beberapa negara, konsumsi selada cukup besar untuk memberikan kontribusi gizi secara nyata. Produksi selada dunia diperkirakan sekitar 3 juta ton, yang ditanam pada lebih dari 300.000 ha lahan (Vincent, 1998).

*Latuca sativa*, satu-satunya spesies *Latuca* yang didomestikasi, merupakan tanaman asli lembah Mediterania Timur. Bukti lukisan pada kuburan mesir kuno menunjukkan bahwa selada yang tidak membentuk kepala telah ditanam sejak tahun 4500 SM. Awalnya, tanaman ini mungkin digunakan sebagai obat, dan untuk dan untuk minyak-bijinya yang dapat dimakan. Ras lokal selada, diketahui sebagai Indroduksi USDA 251245, digunakan untuk diambil minyak bijinya (Vincent, 1998).

Faktor lingkungan yang dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu tanaman, antara lain: suhu, radiasi, nutrisi, beberapa macam gas, dan kelembaban serta besar kecilnya curah hujan. Air yang diperoleh curah hujan atau dari sumber air lainnya, sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Didalam proses fotosintesis, air berperan sebagai medium bagi reaksi reaksi metabolisme, pelarut dan media pengangkut unsur hara, turgoditas sel dan jaringan tanaman. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, sumber utama adalah air yang tersedia dalam tanah. Sumber air tersedia yang dapat diserap oleh tanaman adalah kandungan air tanah yang berada di antara titik layu permanen dan kapasitas lapang. Kekurangan atau kelebihan air di sekitar zone perakaran, dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Rendahnya kadar air tanah dapat menurunkan panjang akar, kedalaman penetrasi dan diameter akar. Bila tanah dalam keadaan sangat kering maka perkembangan tanaman terhambat. Di daerah tropis, air dalam tanah sebagian besar berasal dari air hujan. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman hampir seluruhnya diperoleh dari air tanah.

Keberhasilan dalam penerapan sistem hidroponik harus memperhatikan beberapa faktor penting. Adapun beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam budidaya sayuran hidroponik adalah antara lain (Agriculture Online, 2009):

1. Unsur hara

Pemberian larutan hara yang teratur sangatlah penting pada hidroponik, karena media hanya berfungsi sebagai penopang tanaman dan sarana meneruskan larutan atau air yang berlebihan. Larutan hara dibuat dengan

cara melarutkan garam-garam pupuk dalam air. Berbagai garam jenis pupuk dapat digunakan untuk larutan hara, pemilihannya biasanya atas harga dan kelarutan garam pupuk tersebut.

## 2. Media Tanam

Jenis media tanam yang digunakan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Media yang baik membuat unsur hara tetap tersedia, kelembaban terjamin dan *drainase* baik. Media yang digunakan harus dapat menyediakan air, zat hara dan oksigen serta tidak mengandung zat yang beracun bagi tanaman.

## 3. Oksigen

Keberadaan oksigen dalam sistem hidroponik sangat penting. Rendahnya oksigen menyebabkan permeabilitas membran sel menurun, sehingga dinding sel makin sukar untuk ditembus. Akibatnya tanaman akan kekurangan air. Hal ini dapat menjelaskan mengapa tanaman akan layu pada kondisi tanah yang tergenang.

## 4. Air

Kualitas air yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman secara hidroponik mempunyai tingkat salinitas yang tidak melebihi 2500 ppm, atau mempunyai nilai EC tidak lebih dari 6,0 mmhos/cm serta tidak mengandung logam-logam berat dalam jumlah besar karena dapat meracuni tanaman

Air diperlukan oleh tanaman sayuran untuk memenuhi kebutuhan/dikonsumsi (*evapotranspirasi*) selama pertumbuhannya, dan air diperlukan di dalam proses asimilasi untuk menghasilkan karbohidrat dan untuk

mengangkut hasil fotosintesis ke seluruh jaringan dan organ tanaman (Agriculture Online, 2009).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2017, bertempat di kota Malang Jawa Timur.

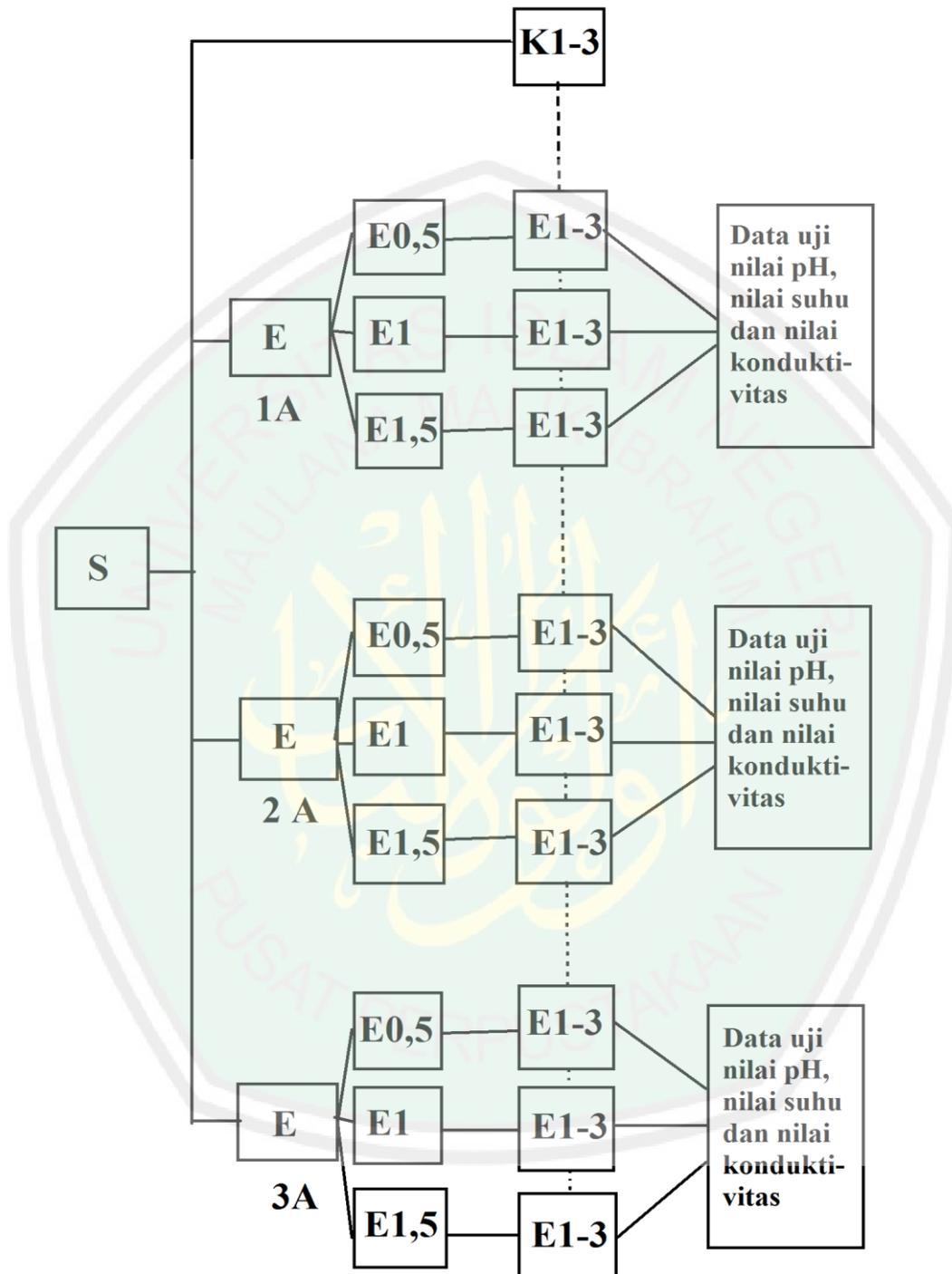
#### **3.2 Jenis dan Kerangka Penelitian**

##### **3.2.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian “*Laboratory Research*” yaitu dengan meneliti secara langsung. Kemudian membandingkan, hasil penelitian yang didapat dengan teori yang ada.

##### **3.2.2 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design* (Sukardi, 2003 In Ervinda, 2015). Terdapat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak terpapar medan magnet. Kelompok eksperimen merupakan kelompok yang terpapar medan magnet dengan arus 1 A, 2 A, dan 3 A melalui panjang pipa solenoida dengan panjang 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Keterangan:

S = Sampel atau bahan

K = Sampel kelompok kontrol

K1-3 = Sampel kelompok kontrol yang dilakukan 3 kali perulangan

- E = Sampel kelompok eksperimen  
E0,5 = Sampel kelompok eksperimen (l = 0,5 m)  
E1 = Sampel kelompok eksperimen (l = 1 m)  
E1,5 = Sampel kelompok eksperimen (l = 1,5 m)  
E1-3 = Sampel kelompok eksperimen yang dilakukan 3 kali perulangan

### 3.3 Alat dan Bahan

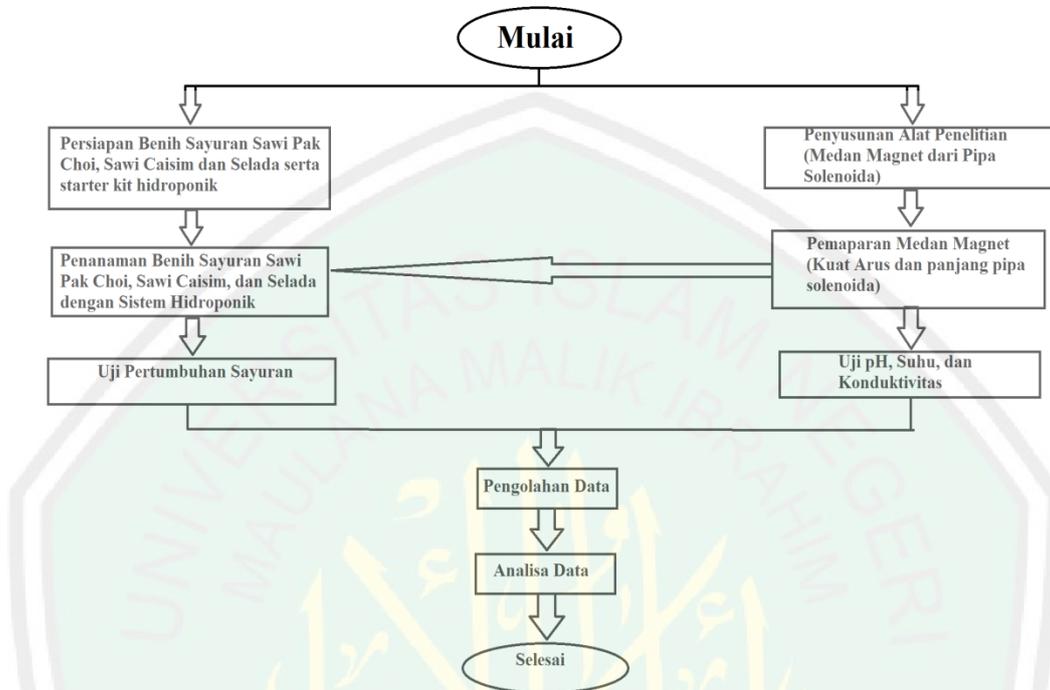
#### 3.3.1 Alat

- Power Supplay 1,2,3 Ampere
- pH Meter Digital
- Thermometer Digital
- Electrical Conductivity Digital
- Pipa PVC
- Kawat Email 0,7
- Wadah dengan tinggi 1-5 cm (Semai)
- Beaker Glass 500ml (Semai)
- Pinset (Semai)
- Takaran 1 liter

#### 3.3.2 Bahan

1. PDAM water
2. Media menanam (kapas)
3. Bibit Tanaman sawi caisim, pak choi, selada

### 3.4 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir

### 3.5 Prosedure Penelitian

#### 3.5.1 Penentuan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM yang diperoleh dari air PAM dan benih sayuran sawi pak choi, sawi caisim, dan selada yang diperoleh dari Agro Wisata Batu Malang. Bahan ini digunakan untuk menanam benih sayuran menggunakan sistem hidroponik yang dibagi menjadi dua kelompok uji, yaitu sampel kelompok kontrol (tanpa paparan medan magnet) dan sampel kelompok eksperimen (dengan paparan medan magnet).

#### 3.5.2 Sterilisasi Alat

1. Disiapkan pipa pvc yang akan digunakan untuk aplikasi pipa solenoida
2. Disiapkan starter kit hidroponik

3. Dibersihkan menggunakan air bersih dengan cara direndam

### **3.5.3 Penyiapan Penanaman Benih Sayuran**

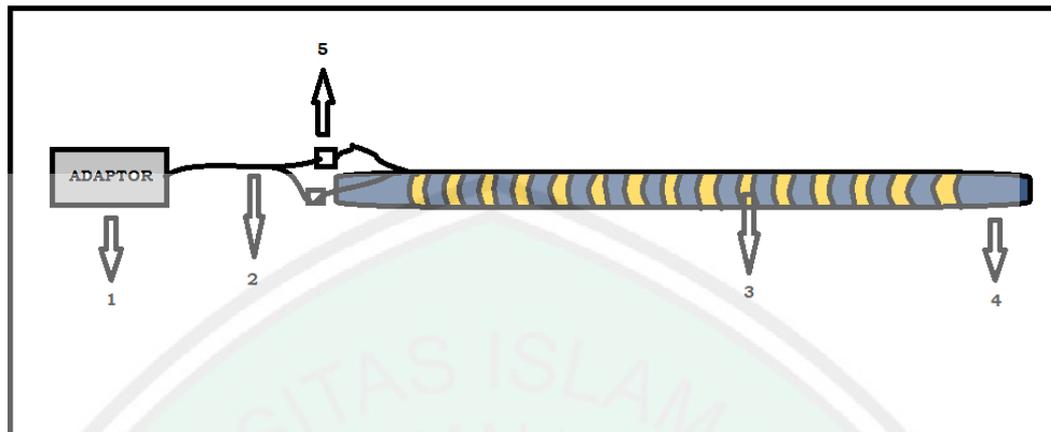
1. Disiapkan starter kit hidroponik
2. Disiapkan Benih
3. Dipilih Benih yang bagus, bulat besar
4. Diletakkan benih di atas kapas sebagai starter kit hidroponik

### **3.5.4 Penyiapan Alat Penghasil Medan Magnet**

1. Disiapkan alat pertama, berupa Pipa PVC yang dililiti kawat email sedemikian rupa hingga menyerupai solenoida
2. Disiapkan alat kedua, berupa adaptor dengan 3 variasi arus yang digunakan sebagai sumber arus listrik untuk penghasil medan magnet
3. Disiapkan alat ketiga, berupa rangkaian solenoida dengan 3 variasi panjang lintasan
4. Disiapkan alat terakhir, berupa alat hidroponik yaitu wadah plastik sebagai tempat semai sayuran dengan sistem hidroponik

### **3.5.5 Perancangan Alat Penelitian**

Alat yang digunakan pada penelitian menggunakan Pipa Solenoida yang telah dialiri Arus sehingga menghasilkan medan magnet. Dapat diketahui melalui gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian Alat Penelitian Penghasil Medan Magnet

Keterangan:

1. Adaptor, merupakan sumber arus yang akan digunakan sebagai penghasil medan magnet setelah dipaparkan ke pipa solenoida
2. Kabel, Merupakan alat penghubung untuk menghubungkan arus yang berasal dari adaptor menuju kawat *email* yang telah dililitkan di pipa solenoid
3. Kawat *email*, merupakan kawat yang berbahan dasar tembaga sehingga berfungsi sangat baik untuk menghantarkan listrik
4. Pipa PVC, digunakan sebagai lintasan air yang akan mengalami paparan medan magnet
5. Penjepit, merupakan alat untuk menghubungkan kawat email dengan kabel adaptor

### 3.5.6 Perlakuan Bahan

Tahap perlakuan pada sampel kelompok kontrol dipapar secara alami yaitu di tempat terbuka dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada sampel kelompok eksperimen melalui tahap sebagai berikut:

1. Disiapkan air PDAM yang berasal dari PAM
2. Disiapkan alat yang akan digunakan sebagaimana pada gambar 3.4
3. Dinyalakan adaptor dan diatur arus yang akan digunakan. Variasi arus yang digunakan adalah 1 A, 2 A dan 3 A

4. Dialirkan air menuju pipa solenoida dengan variasi panjang 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m
5. Diletakkan air hasil olahan ke wadah yang digunakan untuk media tanam hidroponik pertumbuhan sayuran

### 3.5.7 Uji pH, Suhu, dan Konduktivitas

Uji pH, suhu dan konduktivitas pada air PDAM dilakukan pada rentang waktu sekitar jam 6-8 pagi setelah air melalui pengolahan medan magnet, dengan menggunakan alat pH meter digital, thermometer digital dan electroconductivity meter, sebagai berikut:

1. Sampel Dibagi menjadi tiga kelompok besar (A, B, C, D), yang kemudian dibagi lagi menjadi sub sampel (A1, A2, A3; B1, B2, B3; C1, C2, C3; D1, D2, D3).
2. Secara berurutan sampel A adalah sampel hasil perlakuan medan magnet yang berasal dari pipa solenoida dengan panjang 0,5 m yang telah diberi paparan arus sebesar 1 A, 2 A, dan 3 A. Sampel B adalah sampel hasil perlakuan medan magnet yang berasal dari pipa solenoida dengan panjang 1 m yang telah diberi paparan arus sebesar 1 A, 2 A, dan 3 A. Sampel C adalah sampel hasil perlakuan medan magnet yang berasal dari pipa solenoida dengan panjang 1,5 m yang telah diberi paparan arus sebesar 1 A, 2 A, dan 3 A. Sampel D adalah sampel kontrol air PDAM yang tidak mengalami perlakuan.
3. Masing-masing sampel kemudian diukur karakteristik fisisnya (pH, suhu, dan konduktivitas listrik). Kemudian masing-masing sampel diaplikasikan

pada hidroponik sebagai media tanamnya dan diamati pengaruhnya terhadap pertumbuhan sayuran sawi Caisim, sawi Pak Choi dan selada.

Hasil dari pengamatan uji pH, Suhu dan Konduktivitas pada air PDAM yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan , disajikan dalam table di bawah ini.

Tabel 3.1 Data Nilai pH, Nilai Suhu, dan Nilai Konduktivitas

Panjang pipa Solenoida	Arus	1			2			3			Ke t.
		pH	Cond	Suhu	pH	Cond	Suhu	pH	Cond	Suhu	
0,5 m	1 A										
0,5 m	2 A										
0,5 m	3 A										
1 m	1 A										
1 m	2 A										
1 m	3 A										
1,5 m	1 A										
1,5 m	2 A										
1,5 m	3 A										
K											

### 3.5.7 Uji Pertumbuhan Sayuran Sawi Caisim, Sawi Pak Choi, dan Selada

1. Disediakan 3 buah wadah untuk masing-masing kelompok besar
2. Dalam setiap wadah diberikan 2 benih sawi pak choi, 2 benih sawi caisim, dan 2 benih selada
3. Dilakukan penyiraman setiap 3 hari sekali

4. Di 3 hari pertama setelah benih disiram oleh air hasil olahan, benih disimpan di tempat yang kedap cahaya agar menstimulasi pertumbuhan.
5. Setelah 3 hari tanaman disiram kembali menggunakan air hasil olahan dan diletakkan diluar ruangan agar mendapatkan sinar matahari, kemudian dilakukan pengukuran menggunakan mistar, agar mengetahui panjang bibit sayuran
6. Setelah 3 hari dilakukan perlakuan yang sama

Hasil dari pertumbuhan benih sayuran menjadi bibit sayuran yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan selama 7 hari, disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Data Pengukuran Pertumbuhan Benih Sayuran

Kel	Perubahan Tinggi Benih Sayuran (cm)							Ket.	
	Hari ke-	1	3	3	4	5	6		7
A1									
A2									
A3									
B1									
B2									
B3									
C1									
C2									
C3									
K									

### 3.8 Analisis Data

Data tentang uji karakteristik fisis air dan implikasinya terhadap pertumbuhan sayuran digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan antara perlakuan dan dianalisis menggunakan One Way Anova dengan software SPSS *Version 16 for windows*. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak

lengkap (RAL). Data kuantitatif yang diperoleh rata-rata pH, suhu dan konduktivitas. Setelah itu dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA *one way*. Terdapat 3 ulangan pada masing-masing kelompok.



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Penelitian**

Penelitian dengan tema pengaruh aplikasi medan magnet terhadap sifat fisis air sebagai media tanam hidroponik pertumbuhan sayuran dimulai dengan pembuatan rangkaian alat penelitian. Alat pertama yaitu pipa solenoida dengan panjang 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m yang diberi paparan arus sebesar 1 A, 2 A, dan 3 A yang digunakan sebagai sumber medan magnet, arus yang diberikan berasal dari adaptor dan rancangan pipa solenoida berasal dari kawat email yang dililitkan pada pipa sehingga menyerupai solenoida, dengan jumlah lilitan yang sama yaitu 100 lilitan. Alat kedua yaitu peralatan yang digunakan untuk proses semai sayuran dengan sistem hidroponik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh aplikasi medan magnet terhadap sifat fisis air (meliputi pengukuran nilai pH, nilai suhu, dan nilai konduktivitas) serta implikasinya terhadap pertumbuhan sayuran dengan sistem hidroponik.

*Sample* yang digunakan pada penelitian ini adalah air PDAM, air PDAM akan diberikan perlakuan medan magnet dengan cara mengalirkan air PDAM yang berasal dari kran menuju ke wadah, dengan volume sama besar untuk masing-masing sample, yaitu 5 liter, wadah tersebut digunakan agar dihasilkan kecepatan laju air yang sama besar, kemudian air dari wadah tersebut dialirkan menuju ke sumber medan magnet, yaitu berasal dari pipa solenoida yang telah dipapari arus. Hasil dari olahan air tersebut digunakan untuk menyiram benih

sayuran dan sistem bercocok tanam yang digunakan untuk proses semai sayuran pada penelitian ini menggunakan sistem hidroponik.

Uji fisis yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu uji pH, uji suhu, dan uji konduktivitas. Uji fisis tersebut dilakukan agar mendapatkan data yang akurat tentang air, sehingga memberikan manfaat dan informasi. Tentang air olahan dengan variasi arus dan panjang pipa berapa, yang baik digunakan sebagai media tanam pada pertumbuhan sayuran dengan sistem hidroponik. Metode pengambilan data (nilai pH, nilai suhu, dan nilai konduktivitas) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 9 sample, 1 kontrol dan masing-masing *sample* mengalami 3 kali pengulangan. Setelah proses pengambilan data pada *sample* penelitian dilakukan, maka perlu dilakukan pengolahan data untuk kemudian diinterpretasikan.

Uji terakhir yaitu mengamati implikasinya terhadap pertumbuhan sayuran. Sayuran yang digunakan adalah sayur caisim, sayur pak choi dan sayur selada serta teknik bercocok tanam yang digunakan adalah sistem hidroponik, dimana air sangat berperan penting untuk pertumbuhan sayuran. Proses pengamatan dimulai sejak sayuran berupa benih hingga menjadi bibit selama 7 hari. Pada hari pertama benih sayuran disiram menggunakan air hasil olahan medan magnet dan diletakkan di ruangan yang gelap, agar pertumbuhan lebih maksimal. Kemudian setelah 3 hari benih sayuran yang sudah benjadi bibit dikeluarkan dan disiram lagi menggunakan air hasil olahan, setelah itu bibit sayuran di taruh di ruangan terbuka agar terkena sinar matahari. 3 hari kemudian bibit sayuran disiram lagi menggunakan air hasil olahan. Pengamatan dilakukan dengan cara memantau

pertumbuhan sayuran dengan pengukuran menggunakan mistar disetiap proses penyiraman berlangsung. Hal ini dilakukan, agar dapat diketahui air hasil olahan mana yang memberikan hasil yang baik bagi tanaman untuk tumbuh.

Alat yang digunakan untuk mengukur sifat fisis air yaitu, *pH Meter Digital*, digunakan untuk mengukur nilai pH yang dihasilkan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan medan magnet. *TDS Meter* atau *Electrical Conductivity Meter*, digunakan untuk mengukur nilai Konduktivitas yang dihasilkan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan medan magnet. *Thermometer Digital*, digunakan untuk mengukur nilai suhu yang dihasilkan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan medan magnet.

#### 4.1.1 Medan Magnet yang Dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida

##### A. Data Hasil Penelitian

Data hasil perhitungan kuat medan, dihasilkan dari arus yang dipaparkan pada pipa solenoida, dengan variasi arus sebesar 1 A, 2 A, dan 3 A, serta panjang pipa solenoida 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B = \frac{\mu_0 N_1 I_1}{\ell}$$

Dengan rumus tersebut dapat dihitung Fluks yang dihasilkan oleh arus I pada pipa solenoida. Dapat dilihat pada tabel berikut:

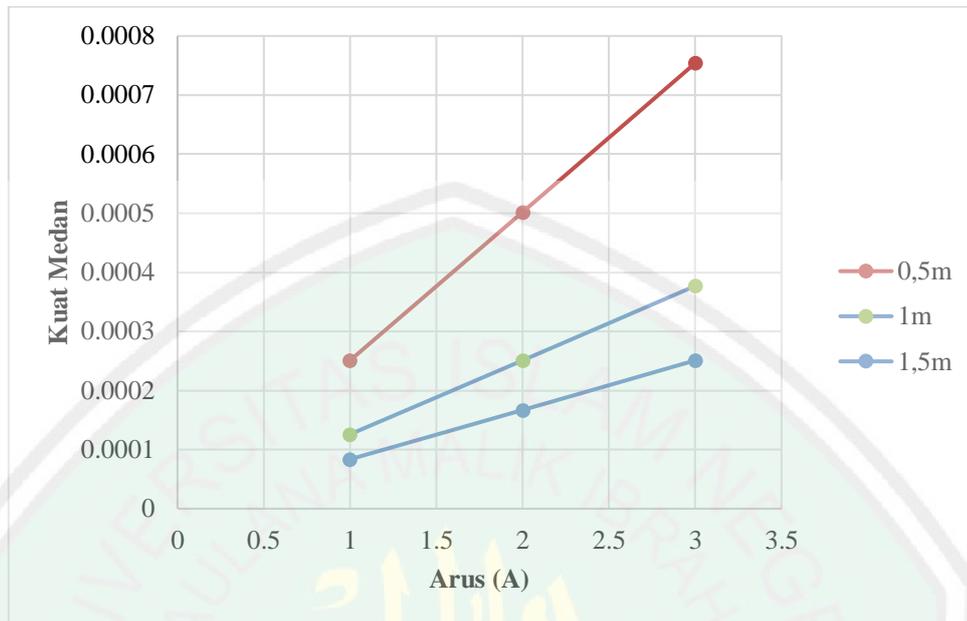
Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Kuat Medan

$\mu$	N	I (A)	l (m)	Phi	B (T)
0.000001256	100	1	0.5	3.14	0.00025
0.000001256	100	2	0.5	3.14	0.0005
0.000001256	100	3	0.5	3.14	0.00075
0.000001256	100	1	1	3.14	0.00013
0.000001256	100	2	1	3.14	0.00025
0.000001256	100	3	1	3.14	0.00038
0.000001256	100	1	1.5	3.14	0.00008
0.000001256	100	2	1.5	3.14	0.00017
0.000001256	100	3	1.5	3.14	0.00025

Didapatkan hasil perhitungan kuat medan yang paling tinggi yaitu 0,000754 T. Berasal dari pipa solenoida dengan panjang 0,5 m yang telah dipapari arus sebesar 3 A. Sedangkan nilai kuat medan yang paling kecil berasal dari pipa solenoida dengan panjang 1,5 m yang telah dipapari arus sebesar 1 A, karena nilai kuat medan yang dihasilkan terlalu kecil maka tidak dapat ditampilkan oleh microsoft exel dan calculator.

#### B. Analisis Data Hasil Penelitian

Pengaruh variasi arus yang dipaparkan dan variasi panjang pipa yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Nilai Kuat Medan yang Dihasilkan

Menurut grafik perhitungan kuat medan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar paparan arus yang diberikan pada pipa solenoida maka semakin besar juga nilai kuat medan yang dihasilkan. Sedangkan jika panjang lintasan atau panjang pipa solenoida semakin besar nilainya maka kuat medan yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa kuat medan berbanding lurus dengan arus dan berbanding terbalik dengan panjang pipa solenoida sehingga didapatkan hasil seperti pada grafik 4.1.

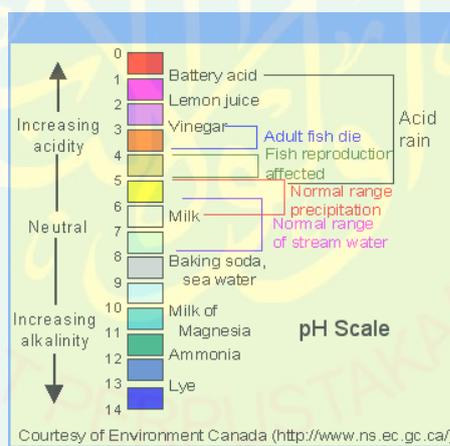
#### 4.1.2 Pengaruh Paparan Medan Magnet yang dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida terhadap Sifat Fisis Air Berupa pH, Suhu, dan Konduktivitas

##### A. Data Hasil Penelitian pH

Definisi dari pH (*potential Hydrogen*) adalah suatu tingkatan yang dapat menunjukkan asam atau basanya larutan tertentu dan diukur pada skala 0 s/d 14. Sesuai standart kesehatan nilai pH untuk skala air bersih adalah 6,5 s/d 8,5, jika

diatas 8,5 dapat dikatakan air tersebut bersifat basa dan jika dibawah 6,5 maka air tersebut dikatakan asam. Pengujian pH air pada penelitian ini menggunakan *pH Meter Digital*. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM yang didapatkan di kota Malang. Dimana diketahui sumber-sumber air PDAM terdiri dari 4,6% air tanah, 18,8% mata air, dan 76,6% air permukaan.

Penelitian ini menggunakan sampel air PDAM sebagai kontrol, didapatkan hasil nilai pH rata-rata sebesar 7,83333. Dengan data tersebut dapat dikatakan bahwa nilai pH air PDAM di kabupaten Malang tergolong alkalin (pH dasar) karena menunjukkan nilai pH lebih dari 7,0. Dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.2 pH Scale (<http://www.ns.ec.gc.ca/>)

Perlakuan medan magnet dilakukan dengan cara mengalirkan air melewati pipa solenoida yang telah dialiri arus. Dengan harapan pada perlakuan tersebut mendapatkan perbedaan nilai pH. Uji pH yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan 3 pengulangan pada masing-masing sample dan pengujian pH menggunakan *pH Meter Digital*. Dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Data Pengaruh Paparan Medan Magnet yang dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida terhadap Sifat Fisis Air Berupa pH

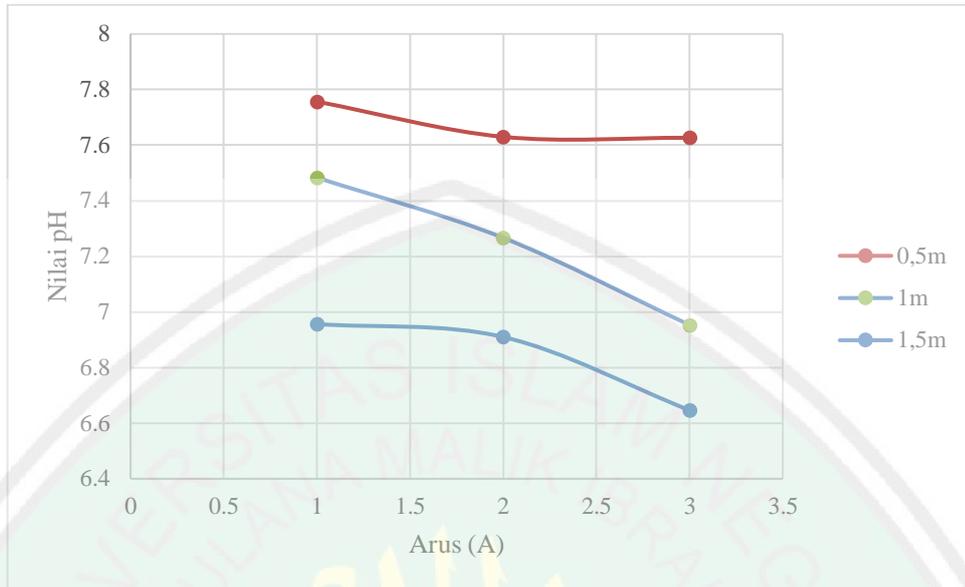
<b>I (A)</b>	<b>l (m)</b>	<b>B (T)</b>	<b>pH</b>
1A	0,5m	0.00025	7.75666667
2A	0,5m	0.0005	7.63
3A	0,5m	0.00075	7.62666667
1A	1m	0.00013	7.48333333
2A	1m	0.00025	7.26666667
3A	1m	0.00038	6.95333333
1A	1,5m	8.37E-05	6.95666667
2A	1,5m	0.00017	6.91
3A	1,5m	0.00025	6.64666667

Hasil uji pH pada penelitian ini didapatkan nilai pH terkecil yaitu 6,64. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 1,5 m yang telah dipapari arus sebesar 3 A. Sedangkan pH paling tinggi yaitu 7,75. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 0,5 m yang telah dipapari arus sebesar 1 A.

Nilai pH kontrol yang didapatkan sebelum air diberikan pengaruh medan magnet yaitu sebesar 7,83. Setelah air mengalami perlakuan terlihat penurunan nilai pH yang cukup signifikan, disini dapat digaris bawahi bahwa jika arus yang diberikan semakin besar maka akan memberikan pengaruh yang besar juga terhadap penurunan nilai pH. Dapat dilihat pada tabel 4.2 dan grafik 4.2.

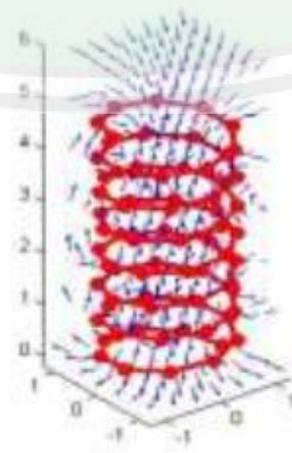
### **B. Analisa Data Hasil Penelitian pH**

Pengaruh paparan medan magnet yang dihasilkan dari variasi arus dan panjang pipa solenoida terhadap sifat fisis air berupa pH dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.3.



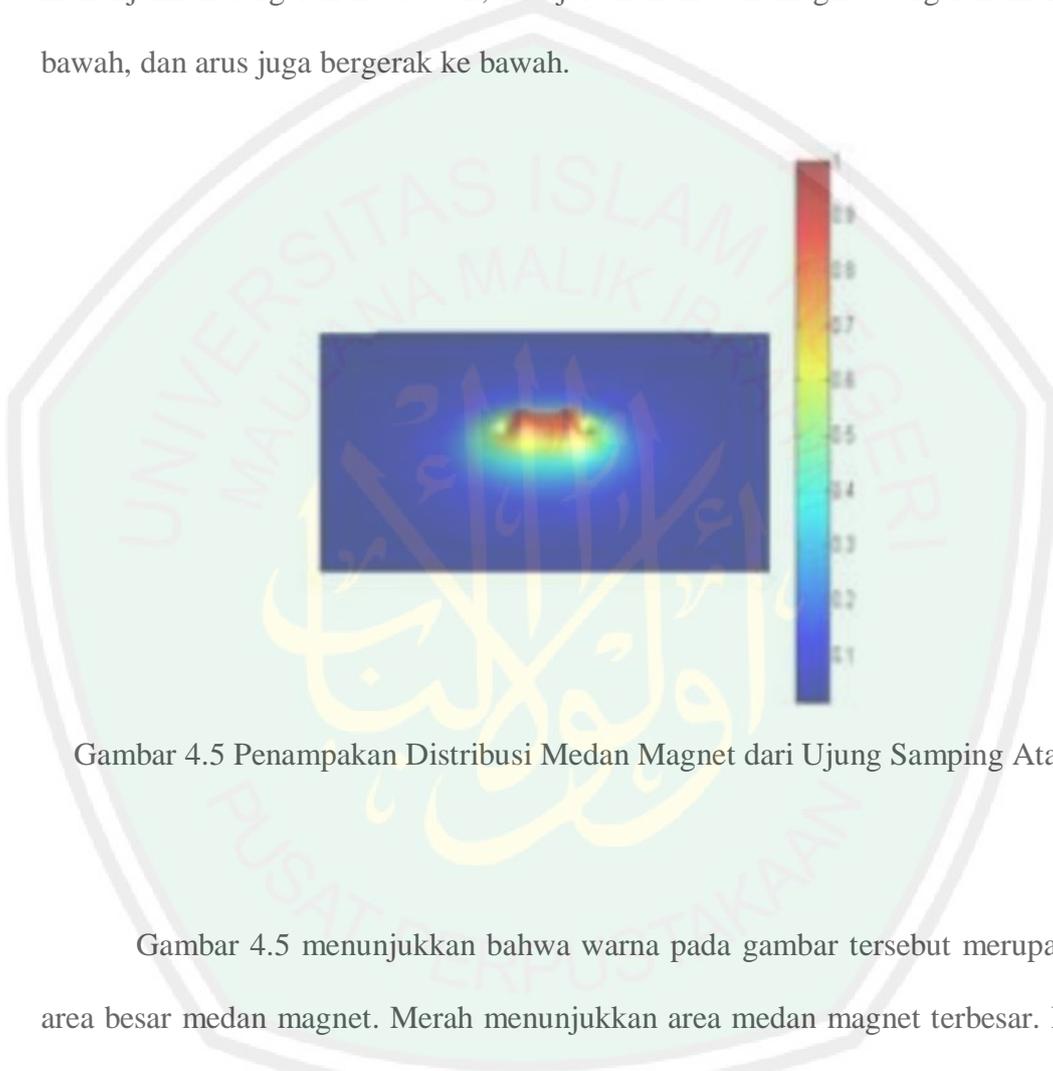
Gambar 4.3 Grafik Nilai pH yang Dihasilkan pada Setiap Sample Penelitian

Menurut grafik nilai pH yang dihasilkan pada setiap sample penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar paparan arus yang diberikan pada pipa solenoida maka semakin besar juga nilai prosentase penurunan pada nilai pH yang didapatkan. Sedangkan jika semakin kecil paparan arus yang diberikan pada pipa solenoida maka semakin kecil juga nilai prosentase penurunan pada nilai pH yang didapatkan. Hal ini dikarenakan:



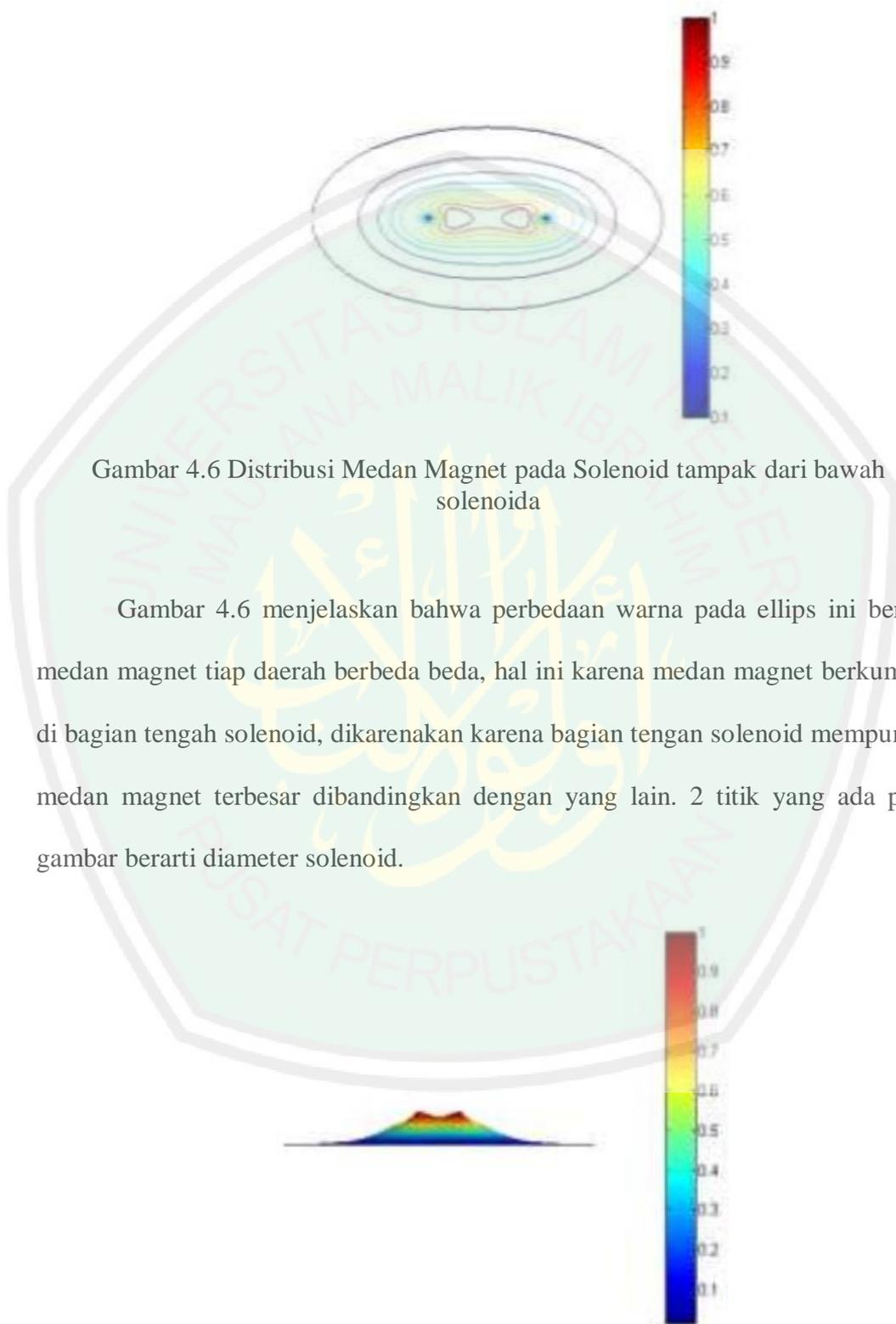
Gambar 4.4 Medan Magnet pada Solenoida 3 Dimensi

Gambar 4.4 Dijelaskan bahwa medan magnet 3 dimensi dengan sumbu  $xyz$ . Warna merah menunjukkan solenoid, tanda panah pada gambar menunjukkan bergerak ke bawah, menjelaskan medan magnet bergerak menuju bawah, dan arus juga bergerak ke bawah.



Gambar 4.5 Penampakan Distribusi Medan Magnet dari Ujung Samping Atas

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa warna pada gambar tersebut merupakan area besar medan magnet. Merah menunjukkan area medan magnet terbesar. Dan semakin ke bawah pada *color bar* menandakan bahwa medan magnet yang dihasilkan semakin kecil.



Gambar 4.6 Distribusi Medan Magnet pada Solenoid tampak dari bawah solenoida

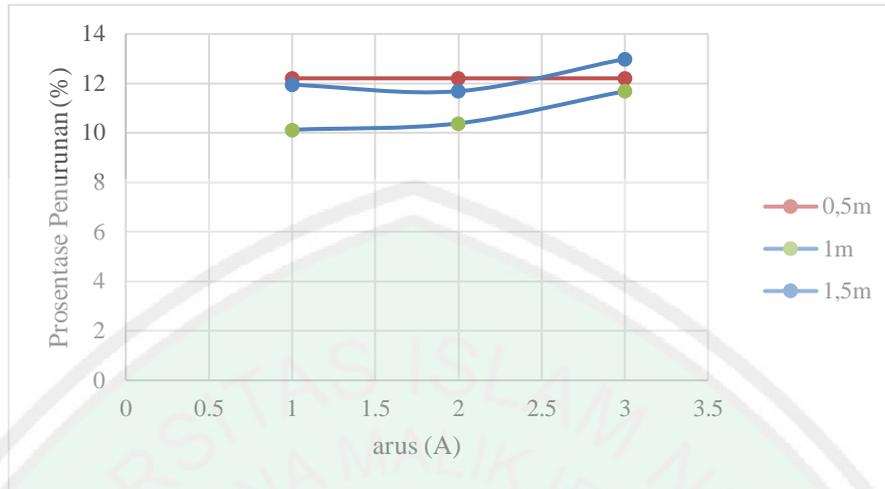
Gambar 4.6 menjelaskan bahwa perbedaan warna pada ellips ini berarti medan magnet tiap daerah berbeda beda, hal ini karena medan magnet berkumpul di bagian tengah solenoid, dikarenakan karena bagian tengah solenoid mempunyai medan magnet terbesar dibandingkan dengan yang lain. 2 titik yang ada pada gambar berarti diameter solenoid.

Gambar 4.7 Distribusi Medan Magnet

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa puncak gunung bermakna medan magnet yang paling besar yang berada dekat dengan kawat (area dalam medan magnet). Sedangkan semakin lama semakin kebawah berubah warna menunjukkan bahwa medan magnet semakin menurun hal tersebut berarti bagian luar medan magnet sangat kecil.

Dalam rentang terbatas, induksi magnet  $B$  adalah konstan dan seragam, yang merupakan salah satu yang ideal kondisi kerja untuk flow meter elektromagnetik. Jarak antara semua garis itu sebenarnya sama di luar solenoid, garis-garis fluks magnetik membuka ke luar dan menutup kembali membentuk lingkaran tertutup yang memanjang. Kerapatan fluks magnetik di sebelah dalam solenoid dengan demikian jauh lebih besar dari pada di sebelah luarnya. Karena medan magnet yang seragam dihasilkan pada pusat solenoid, sedangkan medan magnet yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah dan divergen untuk meningkatkan medan magnet dari solenoid dapat ditambahkan inti pada bagian tengah kumparan.

Penelitian ini tidak menggunakan inti pada bagian tengah kumparan. Namun menggunakan variasi panjang pipa solenoida dan besar arus yang dipaparkan. Didapatkan hasil bahwa semakin besar arus yang dipaparkan pada pipa solenoida maka prosentase penurunan yang didapatkan juga semakin tinggi, dapat dilihat pada tabel berikut.



Gambar 4.8 Prosentase Penurunan Nilai pH

Hal tersebut terjadi dikarenakan sumber-sumber air PDAM terdiri dari air tanah 4,6%, mata air tanah 4,6%, mata air 18,8%, dan air permukaan 76,6%. Dapat diketahui dari data tersebut air permukaan sangat mendominasi, definisi dari air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa, dan badan air lain yang tidak mengalami inflasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan disebut *watersheds* atau *drainage basins*. Air yang mengalir di dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (*surface run off*) dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai (*river run off*). Sekitar 60% air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es/salju (terutama untuk wilayah ugahari), dan sisanya berasal dari air tanah.

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit. Air hujan biasanya bersifat asam, dengan nilai pH sekitar 4,2. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di dalam atmosfer, misalnya gas karbondioksida

(CO<sub>2</sub>), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>) yang dapat membentuk asam lemah. Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah.

Bahan-bahan yang terkandung pada air PDAM seperti karbondioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>) merupakan bahan yang bersifat paramagnetik mempunyai sifat dapat tertarik sedikit ke arah medan magnet karena bahan paramagnetik memiliki elektron yang berpasangan. Bahan yang bersifat paramagnetik tidak dapat mempertahankan sifat magnetiknya jika tidak terpapar oleh medan magnet.

Dapat dibuktikan bahwa kuat medan magnet dapat mempengaruhi pH pada air PDAM dikarenakan medan magnet dapat menimbulkan gaya pada muatan yang bergerak. Besarnya gaya yang bekerja pada muatan yang bergerak bergantung pada kuat medan magnet yang dipaparkan.

### **C. Data Hasil Penelitian Konduktivitas**

Konduktivitas (daya hantar listrik/DHL) merupakan gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang terionisasi, semakin tinggi nilai DHL yang dihasilkan. Konduktivitas dinyatakan dengan satuan  $\mu\text{mhos/cm}$  atau  $\mu\text{Siemens/cm}$ . Nilai DHL berhubungan erat dengan nilai padatan terlarut total (TDS). Sedangkan TDS disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan. TSS terdiri atas lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

Nilai DHL berhubungan erat dengan nilai padatan terlarut total (TDS) hal ini ditunjukkan dengan persamaan.

$$\text{TDS (mg/L)} = \text{DHL (mmhos/cm atau ds/m)} \times 640 \quad (2.4)$$

$$K = \text{DHL (S/m)} / \text{TDS (mg/liter)}$$

K adalah konstanta untuk jenis air tertentu.

Nilai TDS yang dihasilkan biasanya lebih kecil daripada nilai DHL.

Perlakuan medan magnet dilakukan dengan cara pemaparan pada air yang melewati pipa solenoida yang telah dialiri arus. Dengan harapan pada perlakuan tersebut mendapatkan perbedaan nilai Konduktivitas/tds. Uji Konduktivitas/tds yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan pada masing-masing *sample* dan pengujian Konduktivitas/tds menggunakan *Conductivity Meter Digital*. Dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data pengaruh Paparan Medan Magnet yang dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida terhadap Sifat Fisis Air berupa Konduktivitas

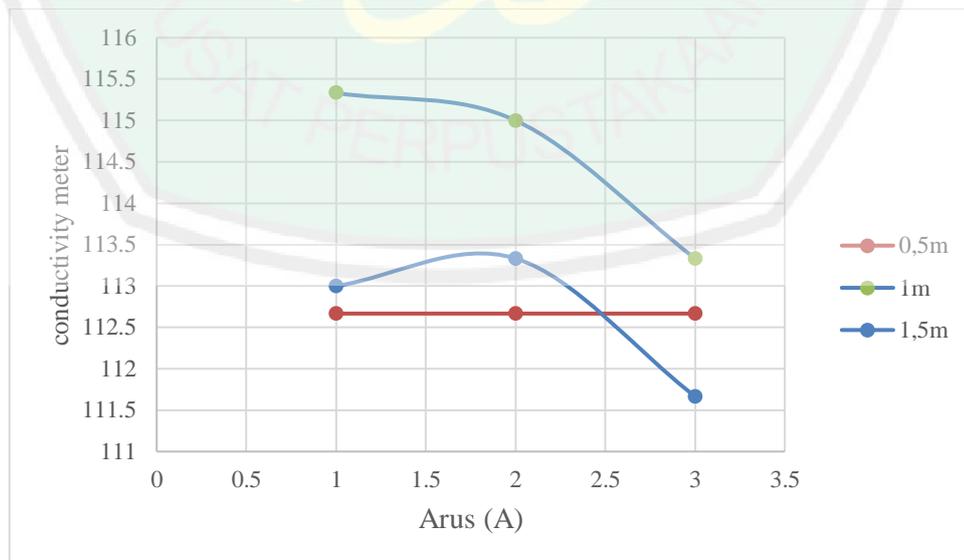
I (A)	l (m)	Konduktivitas	B (T)
1A	0,5m	112.667	0.00025
2A	0,5m	112.667	0.0005
3A	0,5m	112.667	0.00075
1A	1m	115.333	0.00013
2A	1m	115	0.00025
3A	1m	113.333	0.00038
1A	1,5m	113	8.37E-05
2A	1,5m	113.333	0.00017
3A	1,5m	111.667	0.00025

Hasil uji konduktivitas pada penelitian ini didapatkan nilai konduktivitas terkecil yaitu 111,667. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 1,5 m yang telah dipapari arus sebesar 3 A. Sedangkan konduktivitas paling tinggi yaitu 115,3. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 1 m yang telah dipapari arus sebesar 1 A.

Nilai konduktivitas kontrol yang didapatkan sebelum air diberikan pengaruh medan magnet yaitu sebesar 128.333. Setelah air mengalami perlakuan terlihat penurunan nilai pH yang cukup signifikan.

#### D. Analisis Data Hasil Penelitian Konduktivitas

Pengaruh paparan medan magnet yang dihasilkan dari variasi arus dan panjang pipa solenoida terhadap sifat fisis air berupa konduktivitas dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.10.



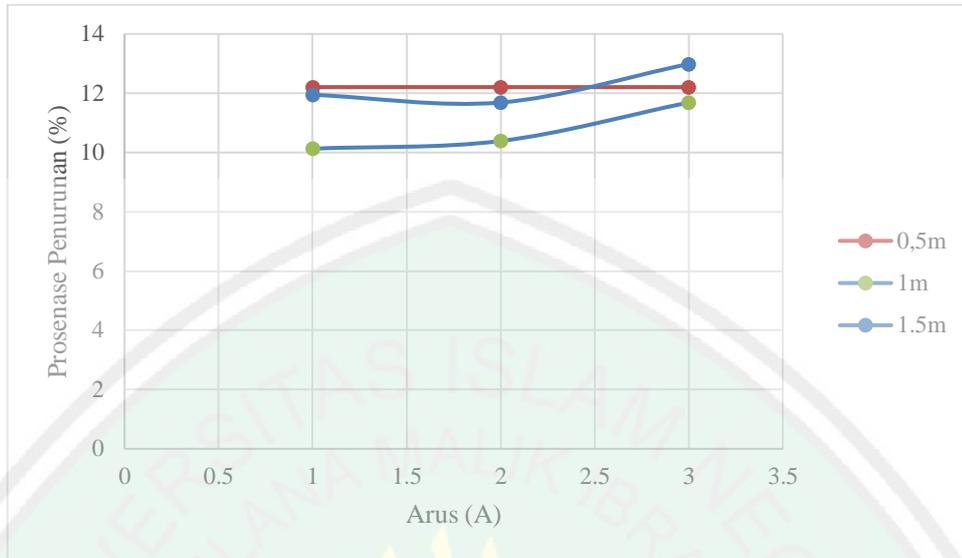
Gambar 4.9 Grafik Nilai konduktivitas yang Dihasilkan pada Setiap Sample Penelitian

Gambar grafik uji konduktivitas/tds diatas memberikan informasi bahwa air olahan memiliki nilai konduktivitas/tds yang lebih rendah dibandingkan dengan air PDAM (*sample* yang terkontrol). Namun jarak penurunan nilai konduktivitas pada setiap variasi arus yang diberikan tidak terlalu signifikan, pada panjang pipa solenoida 0,5 m dengan variasi arus yang diberikan 1 A, 2 A, dan 3 A tidak terjadi perubahan, begitu pula pada panjang pipa solenoida 1 m dan 1,5 m terjadi penurunan namun tidak terlalu signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa pengaruh paparan medan magnet yang dihasilkan dari variasi arus dan panjang pipa solenoida terhadap sifat fisis air berupa konduktivitas berbanding terbalik terhadap kuat medan. Hal tersebut terjadi karena adanya mekanisme diantaranya

1. perpindahan antara struktur air dan ion yang terhidrasi akibat medan elektromagnet
2. kenaikan endapan garam pada microinklusion disebabkan oleh feropartikel yang terdispersi di dalam air
3. perubahan sedimentasi dan koagulasi partikel yang terdispersi akibat fluks medan magnet di dalam air.

Berikut adalah grafik prosentase penurunan konduktivitas setelah diberikan perlakuan medan magnet:



Gambar 4.10 Prosentase Penurunan Konduktivitas

Sesuai dengan gambar 4.10 dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi prosentase penurunan setelah air diberikan aplikasi medan magnet, pada panjang pipa solenoida 0,5 m dengan variasi arus 1 A, 2 A dan 3 A didapatkan hasil linier, dan pada pipa solenoida 1 m dan 0,5 m terjadi perubahan tingkat prosentase namun tidak terlalu signifikan.

#### E. Data Hasil Penelitian Suhu

Perlakuan medan magnet dilakukan dengan cara pemaparan pada air yang melewati pipa solenoida dengan panjang 0,5m, 1m, dan 1,5m yang telah dialiri arus. Dengan harapan pada perlakuan tersebut mendapatkan perbedaan nilai Suhu pada air. Uji nilai Suhu yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan pada masing-masing *sample* dan pengujian nilai Suhu menggunakan *Thermometer Digital*. Dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Pengaruh Paparan Medan Magnet yang dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida terhadap Sifat Fisis Air berupa Suhu

Arus	Panjang Kumparan	Suhu
1A	0,5m	24
2A	0,5m	24
3A	0,5m	25
1A	1m	24
2A	1m	25
3A	1m	25
1A	1,5m	25
2A	1,5m	25
3A	1,5m	27

Hasil uji Suhu pada penelitian ini didapatkan nilai suhu terkecil yaitu 24 C. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 1 m yang telah dipapari arus sebesar 1 A. Sedangkan suhu paling tinggi yaitu 26,6. Berasal dari air olahan pipa solenoida dengan panjang 1,5 m yang telah dipapari arus sebesar 3 A.

Nilai suhu kontrol yang didapatkan sebelum air diberikan pengaruh medan magnet yaitu sebesar 25,33. Setelah air mengalami perlakuan terlihat penurunan pada beberapa hasil air olahan dan kenaikan pada beberapa hasil air olahan.

#### F. Analisis Data Hasil Penelitian Suhu

Paparan medan magnet yang dihasilkan dari variasi arus dan panjang pipa solenoida terhadap sifat fisis air berupa suhu dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.11.



Gambar 4.11 Suhu Rata-Rata pada setiap *sample* Penelitian

Didapatkan hasil suhu yang berbeda pada setiap perlakuan dan tidak menunjukkan pengaruh yang berarti setelah melalui perlakuan-perlakuan, hal ini dikarenakan sifat khusus air yang cenderung mengikuti suhu di lingkungannya walaupun telah diberikan perlakuan paparan medan magnet.

Kondisi iklim di Kota Malang rata-rata suhu udara berkisar  $22,9^{\circ}\text{C}$  –  $24,1^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan suhu maksimum mencapai  $31,8^{\circ}\text{C}$  dan minimum  $19^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata kelembapan udara berkisar 79%-85% dengan kelembapan maksimum 99% dan minimum mencapai 39%. Iklim kota Malang meliputi musim penghujan dan musim kemarau. Curah hujan relatif tinggi pada bulan Februari, Maret dan April. Sedangkan pada bulan Juni dan September curah hujan relatif rendah. Kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Agustus, September dan Juni.

Didapatkan hasil bahwa suhu yang didapatkan cenderung meningkat di setiap harinya dikarenakan kondisi cuaca pada saat itu adalah pergantian musim menuju musim panas yaitu pada bulan Juli.

## **4.2 Pembahasan**

### **4.2.1 Pengaruh Paparan Medan Magnet yang dihasilkan dari Variasi Arus dan Panjang Pipa Solenoida terhadap Sifat Fisis Air Berupa pH, Suhu, dan Konduktivitas Terhadap Pertumbuhan Sayuran**

Sayuran yang digunakan pada saat penelitian adalah sawi caisim, sawi pak choi dan selada. Pengamatan dilakukan pada masa pembibitan, dari biji kemudian benih dan diamati selama 7 hari, pada 3 hari pertama semua sample sayuran diberikan perlakuan disimpan di tempat yang gelap untuk menstimulasi pertumbuhan agar lebih cepat, sebelumnya masing-masing sample telah diberikan air hasil perlakuan. Dan setelah 3 hari semua sample sayuran di taruh diluar agar mendapatkan sinar matahari kemudian diberikan perlakuan air yang sudah di beri paparan medan magnet, kemudian hingga hari ke 7 air diberikan perlakuan lagi dan dilihat pertumbuhannya. Setiap sayuran mendapatkan perlakuan air yang sudah dipapari medan magnet di ukur tinggi masing-masing sayuran.

Sayuran yang pertumbuhannya baik terlihat pada sawi caisim dan selada sedangkan pada pakchoi tidak tumbuh dengan baik, hal ini dikarenakan nilai pH, suhu, konduktivitas yang dihasilkan oleh air yang telah diberikan perlakuan tidak sesuai dengan pH, suhu, konduktivitas yang ideal untuk sayuran pak choi. Sedangkan pada caisim dan selada didapatkan pertumbuhan yang baik karena nilai pH, suhu, konduktivitas yang dihasilkan oleh air yang telah diberikan perlakuan sesuai dengan pH, suhu, konduktivitas yang ideal untuk sayuran tersebut.

Unsur-unsur hara pada tumbuhan penyusun jaringan tumbuhan dan berbagai senyawa organik di dalam sitoplasma tumbuhan bersifat feromagnetik.

Bahan yang bersifat feromagnetik dan paramagnetik mengalami magnetisasi dengan arah yang sama dengan arah medan magnet di sekitarnya.

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan hasil bahwa jika sifat fisis pada air berupa konduktivitas meningkat nilainya maka pertumbuhan pada tanaman sayuran juga semakin cepat, hal tersebut terjadi karena absorpsi pada jaringan xylem bekerja optimum akibat perubahan medan magnet yang menyebabkan konduktivitas meningkat.

Menurut penelitian yang telah dilakukan bahwa pengaruh pH berbanding lurus terhadap pertumbuhan tanaman. Ini disebabkan oleh kation-kation yang ada pada air (bersifat toksin) berkurang pada pH air  $>7$  akibat perubahan medan magnet.

Sedangkan sifat fisis air berupa air tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman.

#### **4.2.3 Integrasi Al Qur'an terkait Pemanfaatan Air**

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi makhluk hidup, sehingga kualitas air yang baik sangat dibutuhkan untuk menjaga kelangsungan hidup makhluk hidup. Alam telah menyediakan air sumber yang memiliki kualitas baik untuk dikonsumsi, akan tetapi saat ini sudah banyak terjadi kasus kerusakan kualitas air akibat ulah manusia yang pada dasarnya ingin memperbaiki kualitas air tapi menggunakan metode yang salah sehingga malah merusak kualitas air.

Al-Qur'an telah menyiratkan air sebagai satu tanda kekuasaan Allah. Allah SWT telah menunjukkan kekuasaan-Nya dengan melimpahkan air yang banyak di bumi. Kontribusi air untuk melengkapi rantai kehidupan manusia juga tidak dapat

dihilangkan. Air yang mempunyai manfaat sebagai penunjang hidup manusia, dan makhluk hidup yang ada disekitarnya, menunjukkan bahwa sebagai makhluk yang berakal kita dianjurkan untuk lebih banyak bersyukur kepada-Nya. Dalam Q.S. al-Baqarah ayat 164 Allah SWT berfirman:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

*“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupakan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.” (Q.S. al-Baqarah: 164).*

Hal yang perlu digaris bawahi dari ayat diatas adalah lalu dengan air itu dia hidupakan bumi sesudah mati (keringnya). Hal tersebut mengisyaratkan bahwa air mampu menutrisi tanaman. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa Air yang diberi perlakuan berupa medan magnet dapat merubah sifat fisis air, sehingga pH, suhu, dan konduktivitas air yang didapatkan sesuai untuk beberapa jenis sayuran, seperti caisim dan selada.

Sumber utama dari ajaran Islam adalah al-Qur’an, maka untuk mengkaji bagaimana pandangan atau apresiasi Islam terhadap air dapat ditelusuri dalam ayat-ayat al-Qur’an. Air merupakan sumber utama dalam al-Qur’an. Kehidupan manusia (semua makhluk hidup) mempunyai hubungan yang erat dengan air. Dimana ada air maka disana pasti ada sumber kehidupan. Allah SWT dalam al-Qur’an surat al-Anbiya’ ayat 30 berfirman:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيًّا أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ۝

*“Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi dahulunya adalah sesuatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga yang beriman”*. (Q.S. Al-Anbiya’:30).

Secara langsung dari ayat diatas Allah menyebutkan bahwasanya air merupakan sumber dari segala kehidupan, atau secara garis besar dapat ditafsirkan bahwa air merupakan tiang pokok dari semua ciptaan Allah SWT. Ketika organism atau makhluk hidup itu tumbuh dan berkembang khususnya manusia, dua pertiga dari berat fisiknya adalah berupa cairan, baik dalam bentuk darah, air liur, maupun pelumas sendi tulang, dan cairan sumsum tulang belakang, yang kesemuanya mengatur suhu badan manusia. Ketika organisme atau makhluk hidup harus bertahan hidup air merupakan kebutuhan pokok, tanpa asupan air yang memadai (memiliki kualitas dan kuantitas yang baik) makhluk hidup akan mati dalam kurun waktu yang singkat.

Dalam banyak kasus penciptaan alam, ayat-ayat al-Quran menjelaskan penciptaan manusia, hewan, berkembangnya buah, rumput dan tanaman di dunia berasal dari air. Tampaknya bila menyelami lebih jauh ayat-ayat al-Quran hanya satu yang dapat disimpulkan bahwa air merupakan ciptaan Allah yang sangat bernilai setelah manusia. Setiap kehidupan sumbernya pasti berasal dari air yang menjadi nikmat dan anugerah Allah. Air memberikan kehidupan dan juga melindunginya, bahkan air mensucikan segalanya.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Dapat dibuktikan bahwa kuat medan magnet dapat mempengaruhi pH dan konduktivitas pada air PDAM dikarenakan medan magnet dapat menimbulkan gaya pada muatan yang bergerak. Besarnya gaya yang bekerja pada muatan yang bergerak bergantung pada kuat medan magnet yang dipaparkan. Sedangkan pada suhu, tidak terlalu berpengaruh pada sampel yang diberikan perlakuan dikarenakan air secara tidak langsung akan mengikuti suhu yang ada di lingkungan sehingga menjadikan suhu air tersebut tidak jauh berbeda.
2. Implikasinya terhadap pertumbuhan tanaman didapatkan hasil bahwa pada sayuran sawi caisim dan selada sisapatkan pertumbuhan yang baik setelah di siram menggunakan air hasil olahan, namun pada sawi pakchoi tidak didapatkan pertumbuhan yang baik karena konduktivitas, pH, dan suhu air olahan tidak sesuai dengan sawi pak choi.

### **5.2 Saran**

Diharapkan pada penelitian selanjutnya agar lebih memperhatikan musim pada saat penanaman berlangsung. Dan diberikan variasi kuat medan dari magnet permanen dengan gaya yang lebih besar, agar lebih terlihat efek yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, Abdurachman. 2006. *Strategi Mempertahankan Multifungsi Pertanian di Indonesia*. Jurnal Litbang Pertanian Vol. 25. No. 3. Th 2006. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Ahmad, Fuad. 2010. *Budidaya Tanaman Sawi (Brassica juncea L.)*. Skripsi. Surakarta: Universitas Surakarta.
- Alaerts. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Anas, D. 2013. *Dasar-dasar Hortikultura*. Bogor: IPB.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2013. *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS)*. Kememtrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Beiser, Arthur. 1989. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Bueche, Frederick J. dan Eugene, Hecht. 2006. *Schaum's Outlines Fisika Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Cahyono, B. 2003. *Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau (Pai-tsai)*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Mitchell, L.G. 2002. *Biologi*. Alih bahasa lestari, R. et al. safitri, A., Simarmata, L., Hardani, H.W. (eds). Jakarta: Erlangga.
- Candra, 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Erlis, Yurlita. 2015. *Pengaruh Penjualan Air Bersih dan Biaya Operasional terhadap Rugi Bersih pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Jasa Kabupaten Lampung Selatan*. Jurnal Riset Akuntansi dan Manajemen Vol. 4. No. 1. Th 2015. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Fakhrina, Agus. 2012. *Pengelolaan Sumber Daya Air di Dukuh Kaliurang: Perspektif Ekonomi Islam*. Jurnal Vol. 9. No. 1. Th 2012. Diakses pada tanggal 01 Januari.
- Fatuhullah, S. 2015. *Akuaponik: Panen Sayur Bonus Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Fried, George H. dan George J. Hademenos, Ph.D. 1999. *Schaum's Outlines Biologi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Haris. 1989. *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan*. Bandung: ITB.
- Indarto. 2010. *Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Isgro, Timothy .A., dkk. *Case Study: Water and Ice*. E-book. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Kimball, John. 1983. *Biologi Jilid Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Kratky, B. 1993. *A Capillary Non Circulating Hydroponics Method for Leaf and Semi-head Lettuce*. Jurnal Vol. 3. No. 2. Th 1993. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Lakitan, B. 1996. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lingga, P. 2002. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ludman, Alan dan Coch, Nicholas K. 1982. *Physical Geology*. New York: McGraw Hill Book Company Inc.
- Moerhasrianto, Pradyto. 2011. *Respon Pertumbuhan Tiga Macam Sayuran pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi Larutan*. Jember: Program Studi Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Munarso, S.J., Miskiyah dan Broto, W. 2006. *Studi Kandungan Residu Pestisida Pada Kubis, Tomat, Dan Wortel di Malang dan Cianjur*. Jurnal Vol. 2. No. 1. Th 2006. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Musfati, A. 2009. *Modifikasi Sistem Hidroponik Kultur Air (Water Culture) pada Tanaman Pak Choi (Brassica chinensis L.)*. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Poniman, dkk. 2013. *Residu Pestisida di Lahan Sayuran Dataran Tinggi Dieng*. Jurnal. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Prawiranta, W. 1981. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: IPB.
- Prihmantoro, H. 2001. *Memupuk Tanaman Sayur*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Purworini, F. 2014. *Pengaruh Aplikasi Medan Elektromagnet terhadap Sifat Fisis Air serta Implikasinya terhadap Kecepatan Pertumbuhan Tanaman*. Skripsi. Malang: Uin Malang.

- Puspithasari M. 2015. *Analisis Perbedaan Uji Kualitas Air Sumur di Daerah Dataran Tinggi Kota Tomohon dan Dataran Rendah Kota Manado Berdasarkan Parameter Fisika*. Jurnal e-Biomedik Vol. 3. No. 1. Th 2015. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Putro, Triswanto. 2014. *Pengaruh Besar Medan Magnet Terhadap Pengurangan Kadar  $\text{CaCO}_3$  dalam Air*. Skripsi. Batam: Politeknik Negeri Batam.
- Rakhmawati Kingkin P, dkk. 2011. *Analisis Efisiensi Usaha Tani Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.) Studi Kasus di Kelompok Tani Agribisnis "Aspakusa Makmur" Tseras Kabupaten Boyolali*. Jurnal Vol. 29. No. 2. Th 2011. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Resh, H. 2004. *Hydroponics Food Production*. Santa Barbara: Woodbridge Press.
- Robert, M. 2007. *Sumber Daya Air di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*. Jakarta: LIPI.
- Rodin, Marko. 2001. *Rodin Aerodynamics*. Hawaii: Ocean View Drives.
- Samosir, A. 2009. *Pengaruh Tawas dan Diatomea (Diatomaceous Earth) dalam Proses Pengolahan Air Gambut dengan Metode Elektrokoagulasi*. Skripsi. Sumatera Utara: Universitas Sumatra Utara.
- Sasongko, Endar B., dkk. 2014. *Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap*. Jurnal Ilmu Lingkungan Vol. 12. No. 2. Th 2014. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Sastamidharja, Dardjat. 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Soedjo, Dr. Peter. 2004. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: ANDI.
- Soemarno, Purnomo. 2013. *Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang*. Jurnal Bumi Lestari Vol. 13. No. 1. Th 2013. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Sudarso. 1985. *Pembuangan Sampah*. Surabaya: Sekolah Pembantu Penilik Hygiene.
- Supirin. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: ANDI.

- Sutandi, Maria C. 2012. *Penelitian Air Bersih di PT. Summit Plast Cikarang*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 8. No. 2. Th 2012. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Sutrisno, Tan Ik Gie. 1983. *Seri Fisika Dasar*. Bandung: ITB.
- Tambunan, Ridho A. 2014. *Peran PDAM dalam Pengelolaan Bahan Baku Air Minum sebagai Perlindungan Kualitas Air Minum*. Jurnal. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Telford W.M, Geldart L.P., dan Sheriff R.E. 1982. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Budidaya secara Hidroponik*. Bandung: Nuansa Aulia.
- Tjasyono, Bayong. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Triyono, Kharis. 2013. *Keanekaragaman Hayati Dalam Menunjang Ketahanan Pangan*. Jurnal Inovasi Pertanian Vol. 11. No. 1. Th 2013. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- Tyson, K. 2004. *Energy Efficiency and Renewable Energy*. New York: Department of Energy.
- Vincent, E. 1998. *Sayuran Dunia*. Bandung: ITB.
- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: UMM.
- Wijayani A. dan Widodo, W. 2005. *Usaha Meningkatkan Kualitas Beberapa Varietas Tomat dengan Sistem Budidaya Hidroponik*. Jurnal Ilmu Pertanian Vol. 12. No. 1. Th 2005. Diakses pada tanggal 01 Januari 2017.
- World Health Organization. 1996. *Health Criteria And Other Supporting Information*. Geneva: World Health Organization.



# LAMPIRAN



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : LUTHFI NURRAHMA SHOFIANA  
NIM : 13640048  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Pengaruh Medan Magnet Terhadap Sifat Fisis Air Sebagai Media Tanam Hidroponik Pertumbuhan Sayuran  
Pembimbing I : Ahmad Abtokhi, M.Pd  
Pembimbing II : Dr. Imam Tazi, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	25 Januari 2017	Konsultasi Bab I, II, III	
2	4 September 2017	Konsultasi Bab I, II, III, IV, V	
3	5 September 2017	Konsultasi Data	
4	23 Oktober 2017	Konsultasi Kajian Agama	
5	24 Oktober 2017	Konsultasi Kajian Agama	
6	8 Januari 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
7	9 Januari 2018	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
8	9 Januari 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 9 Januari 2017  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

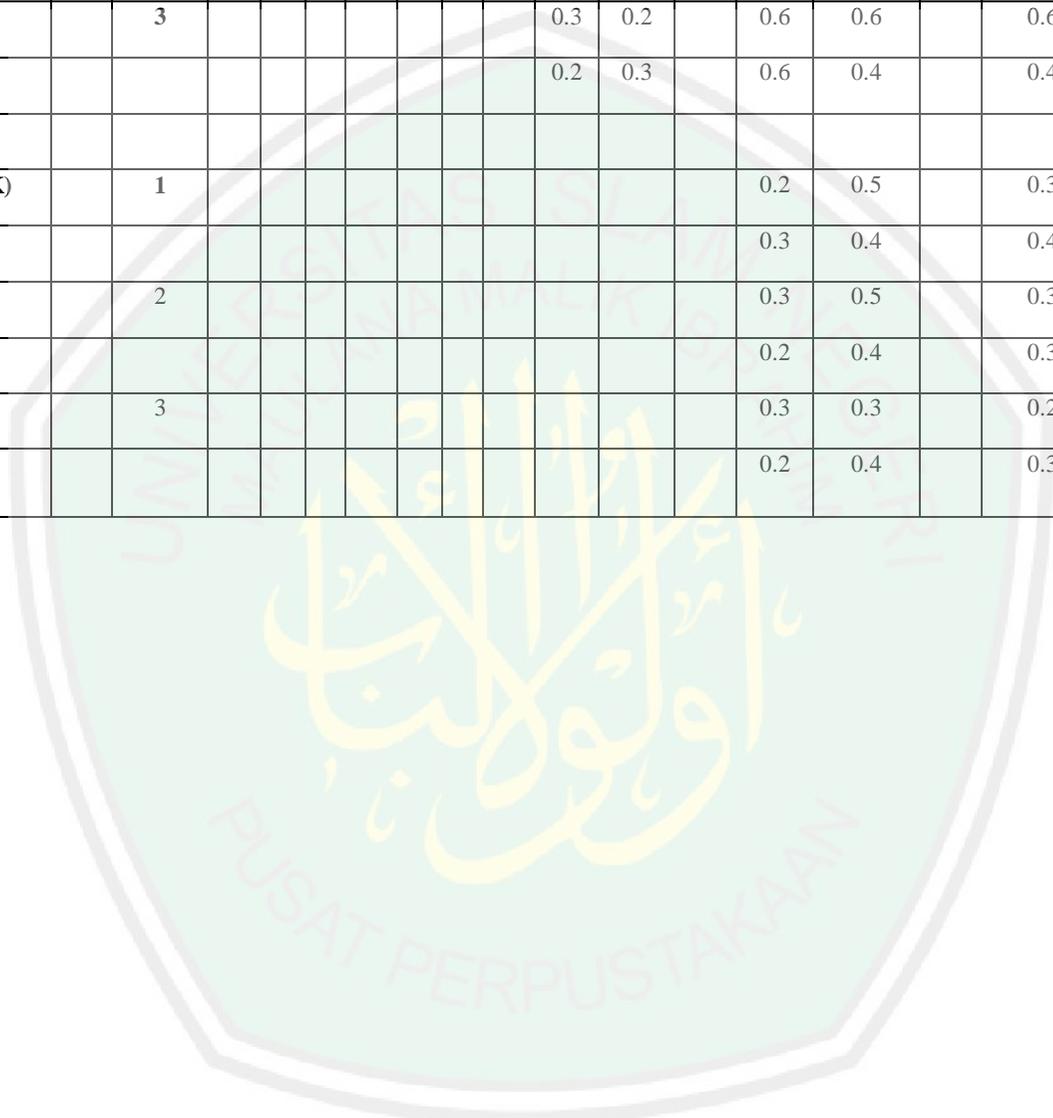
Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Lampiran 1. Data Pertumbuhan Sayuran

Data Pertumbuhan Sayuran dengan Arus 1A

Panjang pipa	Perubahan tinggi tanaman																										
	Hari Ke-	1			2			3			4			5			6			7							
	Jenis sayuran	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s					
0,5 m	1										0.3	0.4				0.3	0.4				0.4	0.6				0.4	0.6
											0.2	0.3				0.2	0.3				0.3	0.6				0.3	0.6
	2										0.3	0.4				0.3	0.4				0.5	0.7				0.5	0.7
											0.2	0.3				0.2	0.2				0.3	0.6				0.3	0.6
	3										0.4	0.2				0.4	0.3				0.5	0.5				0.5	0.6
											0.3	0.2				0.3	0.2				0.4	0.4				0.4	0.4
1 m	1										0.1	0.3				0.1	0.3				0.2	0.4				0.4	0.6
											0.2	0.4				0.2	0.4				0.3	0.4				0.4	0.5
	2										0.2	0.4				0.2	0.4				0.3	0.5				0.3	0.6
											0.3	0.3				0.3	0.3				0.4	0.4				0.4	0.5
	3										0.2	0.4				0.2	0.4				0.3	0.4				0.3	0.6
											0.3	0.3				0.3	0.3				0.4	0.6				0.4	0.7

<b>1,5m</b>		<b>1</b>								0.2	0.3		0.5	0.5		0.5	0.5		0.6	0.5		0.6	0.5
										0.3	0.2		0.4	0.6		0.6	0.4		0.6	0.4		0.6	0.4
		<b>2</b>								0.2	0.2		0.4	0.4		0.4	0.4		0.5	0.4		0.6	0.6
										0.4	0.3		0.5	0.5		0.5	0.5		0.6	0.5		0.7	0.8
		<b>3</b>								0.3	0.2		0.6	0.6		0.6	0.6		0.7	0.6		0.7	0.7
										0.2	0.3		0.6	0.4		0.4	0.7		0.4	0.8		0.5	0.8
		<b>4 (K)</b>											0.2	0.5		0.3	0.5		0.3	0.6		0.4	0.6
													0.3	0.4		0.4	0.5		0.4	0.5		0.4	0.6
		<b>2</b>											0.3	0.5		0.3	0.5		0.3	0.6		0.3	0.7
													0.2	0.4		0.3	0.5		0.3	0.5		0.4	0.6
		<b>3</b>											0.3	0.3		0.2	0.4		0.4	0.4		0.4	0.4
													0.2	0.4		0.3	0.5		0.3	0.5		0.4	0.5



Data Pertumbuhan Sayuran dengan Arus 2A

Panjang pipa	Perubahan tinggi tanaman																					
	Hari Ke-	1			2			3			4			5			6			7		
	Jenis sayuran	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s
0,5 m	1										0.3	0.5		0.3	0.5		0.4	0.6		0.4	0.6	
											0.4	0.4		0.4	0.4		0.5	0.5		0.5	0.6	
	2										0.3	0.5		0.3	0.6		0.4	0.6		0.5	0.6	
											0.4	0.4		0.4	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	
	3										0.4	0.6		0.4	0.6		0.5	0.6		0.5	0.7	
											0.5	0.4		0.5	0.5		0.6	0.5		0.7	0.6	
1 m	1							0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6		0.4	0.6	
								0.2	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5		0.5	0.5	
	2							0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6		0.5	0.6	
								0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5		0.5	0.6	
	3							0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6		0.5	0.7	
								0.1	0.4	0.5	0.1	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.6	0.7		0.6	0.7	



Data Pertumbuhan Sayuran dengan Arus 3A

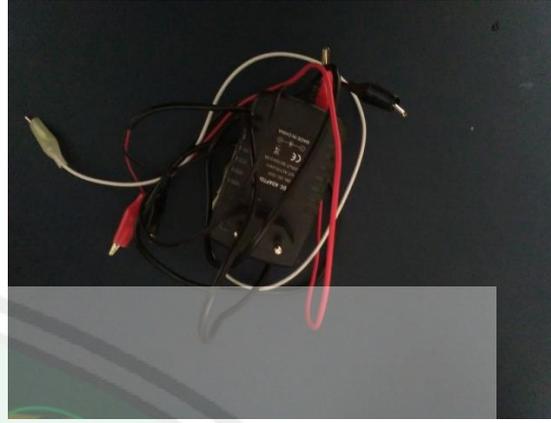
Panjang pipa	Perubahan tinggi tanaman																					
	Hari Ke-	1			2			3			4			5			6			7		
	Jenis sayuran	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s	p	c	s
0,5 m	1											0.2	0.4		0.2	0.5		0.3	0.5		0.3	0.5
												0.3	0.3		0.3	0.4		0.4	0.5		0.5	0.5
	2											0.3	0.3		0.3	0.5		0.4	0.5		0.5	0.6
												0.2	0.2		0.3	0.4		0.3	0.4		0.5	0.5
	3											0.4	0.3		0.4	0.4		0.5	0.4		0.6	0.6
												0.3	0.3		0.3	0.5		0.4	0.5		0.5	0.6
1 m	1							0.2	0.3	0.1	0.3	0.5		0.4	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	
								0.2	0.2	0.2	0.4	0.6		0.4	0.6		0.4	0.7		0.5	0.7	
	2							0.2	0.2	0.2	0.3	0.4		0.3	0.5		0.4	0.5		0.4	0.6	
								0.3	0.4	0.2	0.4	0.5		0.3	0.5		0.3	0.6		0.3	0.6	
	3							0.3	0.3	0.2	0.4	0.4		0.4	0.4		0.4	0.6		0.5	0.7	
								0.2	0.3	0.1	0.3	0.4		0.3	0.5		0.3	0.5		0.3	0.6	

<b>1,5m</b>	<b>1</b>							0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5		0.5	0.5	0.6		0.6	0.6	
								0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6		0.4	0.6	0.6	0.7		0.6	0.7
	<b>2</b>							0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6		0.5	0.7	0.5	0.7		0.7	0.7
								0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.7		0.4	0.7	0.5	0.7		0.5	0.9
	<b>3</b>							0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.6		0.4	0.6	0.5	0.8		0.6	0.8
								0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5		0.5	0.5	0.5	0.6		0.6	0.8
	<b>4 (K)</b>	<b>1</b>										0.2	0.5		0.3	0.5	0.3	0.6		0.4	0.6
												0.3	0.4		0.4	0.5	0.4	0.5		0.4	0.6
		2										0.3	0.5		0.3	0.5	0.3	0.6		0.3	0.7
												0.2	0.4		0.3	0.5	0.3	0.5		0.4	0.6
		3										0.3	0.3		0.2	0.4	0.4	0.4		0.4	0.4
												0.2	0.4		0.3	0.5	0.3	0.5		0.4	0.5





*Picture Solenoid Pipe*



*Picture Source of Current*

