



**EFEK MEDAN LISTRIK DC TERHADAP DORMANSI DAN GERMINASI  
BENIH SEMANGKA (*Citrullus lanatus*)**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**Reza Agustin C.D**  
**NIM 081810201037**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**EFEK MEDAN LISTRIK DC TERHADAP DORMANSI DAN GERMINASI  
BENIH SEMANGKA (*Citrullus lanatus*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan dan mencapai gelar Sarjana Sains (S1)  
pada Program Studi Fisika

Oleh :  
**Reza Agustin C.D**  
**NIM 08181020103**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur, dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk :

1. Ayahanda Imam Sanusi serta ibunda Sriyuliani tercinta yang selalu memberikan do'a dan restu yang tiada henti kepada ananda dengan segenap cinta kasih, rasa sayang dan penuh kesabaran dalam mendidik ananda selama ini;
2. Adikku Munawaroh Isninaeni Agustin dan Nur Ismi Romadhoni terima kasih untuk dukungan dan kasih sayangnya;
3. untuk orang yang saya cintai Ahmad Fajar Ustadhi terima kasih untuk dukungan, motivasi, dan nasehatnya;
4. seluruh keluarga besar di Kalisat yang telah memberi keceriaan dalam kehidupan ini;
5. semua guru sejak TK sampai PT yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kasih sayang dan kesabaran selama ini;
6. Almamater tercinta Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

“Mereka berkata bahwa setiap orang membutuhkan tiga hal yang akan membuat mereka berbahagia di dunia ini, yaitu; seseorang untuk dicintai, sesuatu untuk dilakukan, dan sesuatu untuk diharapkan”

(Tom Bodett)<sup>1</sup>

“Dan bagi tiap-tiap umat ada kiblatnya (sendiri) yang ia menghadap kepadanya. Maka berlomba-lombalah kamu (dalam membuat) kebaikan. Di mana saja kamu berada pasti Allah akan mengumpulkan kamu sekalian (pada hari kiamat).

Sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu”

(Terjemahan QS. Al Baqarah 2:148)<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup><http://katakatabijak.com/tag/tom-bodett>

<sup>2</sup>Solahudin, D. 2009. *La Tahzan For Parents*. Bandung: PT Mizan Pustaka

## PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reza Agustin Citra Dewi

NIM : 081810201037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul *Efek Medan Listrik DC Terhadap Dormansi dan Germinasi Benih Semangka (Citrullus lanatus)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam melakukan pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan ke institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, Januari 2013

Yang menyatakan

Reza Agustin Citra Dewi  
NIM 081810201037

**SKRIPSI**

**EFEK MEDAN LISTRIK DC TERHADAP DORMANSI DAN GERMINASI  
BENIH SEMANGKA (*Citrullus lanatus*)**

Oleh

**Reza Agustin Citra Dewi**  
**NIM 081810201037**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D  
Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuriatun Nurhayati

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Efek Medan Listrik DC Terhadap Dormansi dan Germinasi Benih Semangka (Citrullus lanatus)*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember.

Tim Penguji:

Ketua

Sekretaris

Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Y. Nurhayati.  
NIP 19610909 198601 2 001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 19591121 199103 1 002

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.  
NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.  
NIP 19610108 198602 1 001

## RINGKASAN

**Efek Medan Listrik DC Terhadap Dormansi dan Germinasi Benih Semangka (*Citrullus lanatus*)**, Reza Agustin C.D, 081810201037; 2013; 44 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Pengaruh medan listrik DC terhadap akar tanaman dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, dimana pertumbuhan tidak akan terjadi selama benih belum melalui masa dormansinya. Akar mempunyai fungsi yang begitu kompleks pada proses pertumbuhan tanaman lebih lanjut. Selama pertumbuhan tersebut akar tanaman umumnya tumbuh secara *gravitropisme* ( tumbuh menuju pusat bumi), yang diketahui akan mengalami pola elektrik yang berubah-ubah. Adanya perubahan tersebut akan diketahui sebagai akibat dinamika proses ion transport pada sel-sel akar tanaman, sehingga dimungkinkan keberadaan medan listrik disekitar tanaman akan mempengaruhi pola elektrik naturalnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka. Dimana pengaruh medan listrik DC terhadap germinasi meliputi panjang akar, arah gerak akar, berat basah dan berat kering, kadar air dan pengamatan sel akar. Dalam penelitian ini aplikasi medan listrik DC yang digunakan untuk perlakuan medan sebesar 5 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m terhadap pertumbuhan tanaman semangka yang dilakukan di laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat adanya efek medan listrik DC terhadap pertumbuhan tanaman semangka, seperti pematangan dormansi, dan pertumbuhan germinasi yang meliputi pertumbuhan panjang akar, gerak akar, perubahan berat basah dan berat kering , kadar air dan perkembangan sel akar tanaman semangka.

Medan listrik DC sebesar 8,89 kV/m mempengaruhi dormansi dan pertumbuhan germinasi tanaman semangka, untuk medan listrik sebesar 8,89 kV/m

memberikan pematangan dormansi lebih cepat dibandingkan dengan kontrol, kemudian pertumbuhan gerak akar dengan medan listrik sebesar 5 kV/m - 8,89 kV/m arah pertumbuhan akar menuju kutub positif. Jika dibandingkan kontrol arah pertumbuhan akarnya menuju ke bawah atau menuju pusat bumi. Untuk pengamatan panjang akar tanaman semangka pada kuat medan listrik sebesar 5 kV/m - 8,89 kV/m, pertumbuhan panjang akar tanaman semangka mengalami peningkatan panjang akar dibandingkan dengan pengamatan panjang akar pada kontrol. Medan listrik DC juga mempengaruhi berat basah, berat kering dan kadar air pada medan 5 kV/m - 8,89 kV/m menunjukkan semakin bertambah besar berat basah tanaman maka berat kering akan semakin meningkat. Pada medan listrik sebesar 8,89 kV/m sel mengalami perbedaan susunan sel tampak kurang teratur. Sedangkan untuk perlakuan 5 kV/m - 7,78 kV/m sel tampak sama seperti kontrol, susunan selnya tersusun rapi dan mempunyai bentuk yang teratur antar sel.

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala limpahan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “*Efek Medan Listrik DC terhadap Dormansi dan Germinasi Benih Semangka (Citrullus lanatus)*” terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dra. Arry Y. Nurhayati selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah dengan sabar memberikan nasehat, bimbingan, arahan, saran serta bantuan mataerial yang telah diberikan mulai awal sampai akhir penelitian demi terselesaikannya penulisan skripsi ini dengan baik;
2. Ir. Misto, M.Si., dan Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan II, yang telah memberikan koreksi, saran dan kritik demi penyempurnaan penulisan skripsi ini;
3. semua teman-teman angkatan 2008 dan teman-teman di Biophysics club terima kasih atas kebersamaan, serta pengalaman selama masa perkuliahan;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Januari 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. DAFTAR PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Medan Listrik</b> .....	7
<b>2.2 Perkecambahan dan Dormansi Pada Biji</b> .....	9
<b>2.3 Akar</b> .....	11
<b>2.4 Gerak Akar</b> .....	12
<b>2.5 Pertumbuhan Pada Tanaman</b> .....	14
<b>2.6 Pengukuran Laju Pertumbuhan Tanaman</b> .....	16

<b>2.7 Pengangkutan Pasif dan Aktif .....</b>	<b>16</b>
<b>2.8 Efek Medan Listrik terhadap Pematangan Dormansi         dan Germinasi.....</b>	<b>19</b>
<b>2.9 Morfologi Semangka.....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>23</b>
3.2.1 Alat .....	23
3.2.2 Bahan .....	23
<b>3.3 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.3.1 Uji Homogenitas .....	24
3.3.2 Uji Sterilisasi .....	24
3.3.3 Uji Efek Medan Listrik DC terhadap Dormansi .....	24
3.3.4 Uji Efek Medan Listrik DC terhadap Pertumbuhan Germinasi.....	26
<b>3.4 Tahap Pengambilan Data .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Tahap Analisis Data .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Hasil dan Analisis.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Dormansi Tanaman                 Semangka.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2 Hasil Pertumbuhan Germinasi Tanaman                 Semangka.....</b>	<b>31</b>
4.1.2.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Pertumbuhan Panjang Akar terhadap Perlakuan Medan.....	31
4.1.2.2 Hasil Pengamatan Arah Gerak Akar Tanaman Semangka.....	33

4.1.2.3 Hasil Analisis Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Semangka.....	34
4.1.2.4 Hasil dan Analisis Kadar Air Tanaman Semangka.....	37
4.1.2.5 Hasil Pengamatan Sel Akar Tanaman Semangka.....	38
<b>4.2 Pembahasan.....</b>	<b>39</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>44</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1 Medan Listrik.....	8
2.2 Kapasitor plat sejajar.....	8
2.3 Perkecambahan <i>epigeal</i> .....	10
2.4 Diagram skema khusus dalam akar jagung.....	13
2.5 Bagian-bagian akar.....	22
3.1 Kontruksi alat penelitian untuk efek medan listrik DC terhadap dormansi.....	25
3.2 Kontruksi alat penelitian untuk efek medan listrik DC terhadap pertumbuhan germinasi.....	26
4.1 Grafik pengukuran waktu pecah dormansi tanaman semangka yang ditumbuhkan didalam beberapa variasi kuat medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m dan pengamatan waktu pecah dormansi tanaman semangka yang ditumbuhkan di luar medan listrik DC sebagai kontrol; dengan <i>standard error</i> bar masing-masing <i>treatment</i> dengan <i>replica</i> n=20.....	31
4.2 Grafik panjang akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3, dan 4) dan panjang akar semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC (kontrol); dengan <i>standard error</i> bar masing-masing <i>replica</i> n=5.....	32
4.3 Foto arah pertumbuhan akar tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kotrol) pada hari keempat.....	33
4.4 Grafik berat basah akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3, dan 4) dan berat basah akar semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC (kontrol); dengan <i>standard error</i> bar masing-masing <i>replica</i> n=5.....	36

4.5	Grafik berat kering akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3 dan 4) dan berat kering akar padi yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC; dengan <i>standard error</i> bar masing-masing perlakuan <i>replica</i> n=5.....	36
4.6	Grafik kadar air pada tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari 1,2,3 dan 4) dan kadar air pada tanaman semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik (kontrol); dengan <i>standard error</i> bar masing-masing perlakuan <i>replica</i> =5.....	37
4.7	Pengamatan sel akar tanaman semangka ( <i>Citrullus lanatus</i> ) pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5.....	38

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
3.1 Komposisi Larutan Hoagland Termodifikasi.....	24
4.1 Nilai rata-rata pengukuran waktu pecahnya dormansi tanaman semangka pada <i>treatmeat</i> kuat medan (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=20.....	30
4.2 Nilai rata-rata pengukuran panjang akar tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5.....	32
4.3 Nilai rata-rata pengukuran berat basah tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5.....	35
4.4 Nilai rata-rata pengukuran berat kering tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5.....	35
4.5 Hasil nilai pengukuran kadar air tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5.....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
A. Gambar alat dan bahan.....	48
B. Gambar tanaman semangka.....	50
C. Tabel Hasil Pengukuran Efek Medan Listrik DC terhadap Germinasi Benih Semangka ( <i>Citrullus lanatus</i> ).....	51

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Radiasi elektromagnetik merupakan faktor lingkungan fisik yang perlu dicermati. Hal ini karena gangguan kesehatan baik yang berupa penyakit, atau keluhan atau gejala fisik yang dialami oleh seseorang atau bahkan berbagai fenomena yang menyebabkan seseorang merasa tidak aman dan kurang nyaman, merasa cemas, atau pada hakikatnya tidak dalam kondisi sehat atau mengalami gangguan kesehatan sebagai dampak dari radiasi elektromagnetik (Anies, 2006).

Medan elektromagnetik ada di mana-mana disekitar kita tetapi tidak terlihat oleh mata manusia. Medan listrik dapat dihasilkan oleh pembentukan muatan listrik di atmosfer yang berhubungan dengan petir atau juga dapat dihasilkan oleh perbedaan tegangan (Baafai, 2004). Menurut data yang dikeluarkan oleh WHO (1984), medan listrik dan medan magnet memiliki ambang batas yang besarnya disesuaikan dengan perubahan pada atmosfer. Dimana pada cuaca normal ambang batas medan listrik sebesar 0,1 kV/m – 1,5 kV/m sedangkan untuk medan magnet pada kutub bumi 67  $\mu$  Tesla dan pada bidang equator sebesar 3,3  $\mu$  Tesla (Baafi, 2004).

Secara umum setiap bentuk radiasi tegangan tinggi atau radiasi gelombang elektromagnetik akan berpengaruh terhadap tubuh manusia termasuk tumbuhan. Seperti misalnya pada saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang merupakan saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang (penghantar) di udara yang bertegangan di atas 245 kV (Menteri Pertambangan dan Energi, 1992). Walaupun sampai saat ini masih belum ada kata kesepakatan tentang batas aman transmisi tersebut (Wardhana *et al.*, 1997), namun hasil penelitian Anies (2006) menunjukkan bahwa radiasi elektromagnetik yang berasal dari SUTET 500 kV beresiko menimbulkan gangguan kesehatan pada penduduk yang bertempat tinggal di bawah aliran tersebut. Sedangkan mengacu pada hasil pengukuran yang dilakukan

PLN sampai saat ini, kekuatan medan listrik dan magnet di berbagai daerah SUTET di Indonesia masih dibawah ambang batas (Swamardika, 2009).

Seiring dengan berkembangnya penelitian tentang pengaruh radiasi elektromagnetik terhadap manusia dan hewan mendorong beberapa peneliti untuk meninjau adakah pengaruh medan listrik DC terhadap pertumbuhan tanaman. Tanaman yang tumbuh berada di antara medan listrik yang menyebabkan polarisasi sel dan jaringan serta dapat mempengaruhi pertumbuhan akar tanaman. Hasil dari penelitian Kiatgamjorn *et al*, (2002), menunjukkan bahwa kacang tumbuh di medan listrik memiliki pertumbuhan lebih baik, dibandingkan tanpa medan listrik.

Menurut hasil penelitian Stenz dan Weisenseel (1993), bahwa kuat medan, pH medium, dan gradien pH dalam medium merupakan parameter penting untuk menentukan arah kelengkungan akar bahkan karakteristik akar yang diberikan oleh medan listrik. Kemudian menurut Wawrecki dan Marek (2007), menunjukkan bahwa bila medan listriknya rendah akan mengganggu pola pembelahan sel di maristem akar tanaman dan bila medan listriknya tinggi juga akan merusak akar dan menurut Jamshidi *et al*, (2011), bahwa medan elektromagnetik tidak memiliki efek yang signifikan terhadap persentase peningkatan perkecambahan gandum, semangka dan jagung.

Widianti (2010) telah melaporkan bahwa medan listrik DC berpengaruh terhadap germinasi benih padi yang meliputi peningkatan panjang akar, berat basah dan berat kering, kadar air, perkembangan sel tanaman padi dan perubahan arah tumbuh akar, serta pertumbuhan dormansi. Ansori (2008) telah menunjukkan adanya efek dari aplikasi medan listrik DC terhadap pertumbuhan tanaman jagung, seperti perubahan arah tumbuh akar, pertambahan panjang akar, perubahan berat basah dan berat kering, kadar air dan perkembangan sel akar tanaman jagung. Berdasarkan observasi menunjukkan bahwa lamanya dormansi pada benih semangka dikarenakan benih semangka memiliki kulit biji yang keras dan harga benih semangka tergolong mahal terutama benih semangka non biji, oleh karena itu maka perlu dilakukannya

penelitian pada tanaman khususnya efek medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka.

Benih dikatakan dorman apabila benih tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum telah memenuhi persyaratan bagi perkecambahan. Perkecambahan (germinasi) tidak akan terjadi selama benih tersebut belum melalui masa dormansinya, atau sebelum benih tersebut dikenakan suatu perlakuan khusus. Dormansi juga dapat dikatakan sebagai suatu fase dimana kulit biji dalam kondisi yang keras menghalangi penyerapan (Sahupala, 2007).

Germinasi (perkecambahan) merupakan proses pertumbuhan embrio dan komponen-komponen biji yang memiliki kemampuan untuk tumbuh secara normal menjadi tumbuhan baru. Komponen biji tersebut adalah bagian kecambah yang terdapat di dalam biji, misalnya radikula dan plumula (Sudjadi, 2006; dalam Siregar, 2011). Perkecambahan merupakan suatu proses di mana radikula (akar embrionik) memanjang keluar menembus kulit biji. Di balik gejala morfologi dengan pemunculan radikula tersebut, terjadi proses fisiologi-biokemis yang kompleks, dikenal sebagai proses perkecambahan fisiologis (Salisbury dan Ross, 1995).

Semangka merupakan salah satu jenis tanaman buah yang diminati oleh masyarakat Indonesia. Hal ini karena kandungan air yang relatif tinggi dan rasanya yang manis. Disamping rasanya yang enak, semangka juga mengandung vitamin A dan vitamin C serta kalium yang baik bagi kesehatan tubuh (Sobir *et al.*, 2010). Semangka dapat tumbuh baik pada tanah berpasir. Benih semangka dapat berkecambah pada suhu 25-30°C, curah hujan yang baik bagi pertumbuhannya adalah 40-50 mm/bulan. Selama fase vegetatif tanaman semangka tanpa biji menghendaki atau membutuhkan suhu sekitar 25°C untuk mempercepat pertumbuhannya, sedangkan pada fase generatif menghendaki suhu 30°C untuk pembentukan gula pada daging buahnya (Samadi, 2007; dalam Setiarini, 2010). Tanaman semangka dibudidayakan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang tinggi dan kualitas terbaik. Untuk mendapatkan hasil yang tinggi dan kualitas terbaik maka, tanaman yang akan

ditanam dalam keadaan sehat, subur dan terawat. Tanaman yang sehat adalah tanaman yang tidak terserang penyakit, hama dan gulma (Budidaya Pertanian, tanpa tahun)

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan melalui beberapa tahapan. Di mana tahapan tersebut dimulai dari perkecambahan biji kemudian, kecambah berkembang menjadi tumbuhan kecil yang sempurna. Selanjutnya tumbuhan tersebut akan membesar dan pada masa tertentu akan menghasilkan bunga dan biji (Scince, 2010). Lebih lanjut dijelaskan oleh Scince (2010) bahwa pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal berupa makanan, suhu, air, kelembapan, dan cahaya. Sedangkan faktor internalnya dipengaruhi oleh gen dan hormon.

Di samping batang dan daun, akar adalah bagian pokok bagi tumbuhan yang tumbuh. Akar merupakan bagian bawah dari suatu tanaman dan biasanya tumbuh di bawah permukaan tanah, meskipun adapula akar yang tumbuh di luar tanah (Tjitrosoepomo, 1997). Bersama dengan daun dan batang, akar membangun bagian vegetatif tumbuhan. Dimana panjang akar merupakan hasil perpanjangan dari sel-sel di belakang ujung maristem, sedangkan lebar merupakan hasil dari maristem lateral atau pembentukan kambium yang akan memulai pertumbuhan sekunder dari maristem kambium. Pertumbuhan akar dan lingkaran akar umumnya beranalogi dengan panjang akar dan lingkaran pada pucuk (Gardner *et al.*, 1991).

Respon pertumbuhan akar ke arah gravitasi terjadi sebuah perubahan pola elektrik. Di daerah *gravistimulation*, terjadi aliran arus sepanjang daerah perpanjangan akar (Iwabuchi *et al.*, 1989 dan Collings *et al.*, 1992) dan di potensial dalam sel zona perpanjangan. Korelasi antara perubahan di dalam pola dan perubahan elektrik dalam pertumbuhan, bersama-sama dengan kecepatan terjadi perubahan *electrical*, sehingga disini kemungkinan pola elektrik dapat mempengaruhi pertumbuhan akar (Wolverton *et al.*, 2000).

Berdasarkan adanya respon pertumbuhan akar ke arah gravitasi dan perubahan pola elektrik dalam pertumbuhan akar terutama pada zona perpanjangan akar

mempengaruhi pertumbuhan. Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian lebih lanjut untuk mendukung penelitian sebelumnya tentang pengaruh medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka dengan menggunakan elektroda yang terbuat dari tembaga dengan merubah besar tegangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana efek medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka (*Citrullus lanatus*)?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka (*Citrullus lanatus*). Sehingga dapat diketahui berapa besar medan listrik DC yang baik untuk pematangan dormansi dan pertumbuhan germinasi.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang biofisika sebagai alternatif untuk membantu memecahkan permasalahan efek medan listrik DC terhadap tanaman. Serta penelitian ini dapat memberikan informasi kepada seluruh masyarakat tentang efek medan listrik DC terhadap pematangan dormansi dan pertumbuhan germinasi benih semangka (*Citrullus lanatus*).

## **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini efek medan listrik DC terhadap dormansi dan germinasi benih semangka (*Citrullus lanatus*) yang meliputi :

1. Lama dormansi tanaman semangka
2. Pertumbuhan germinasi tanaman semangka meliputi:
  - a. Arah pertumbuhan akar tanaman semangka

- b. Panjang akar tanaman semangka
  - c. Berat basah dan berat kering tanaman semangka
  - d. Kadar air tanaman semangka
  - e. Perkembangan sel tanaman semangka
3. Suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya didalam penelitian dianggap sama

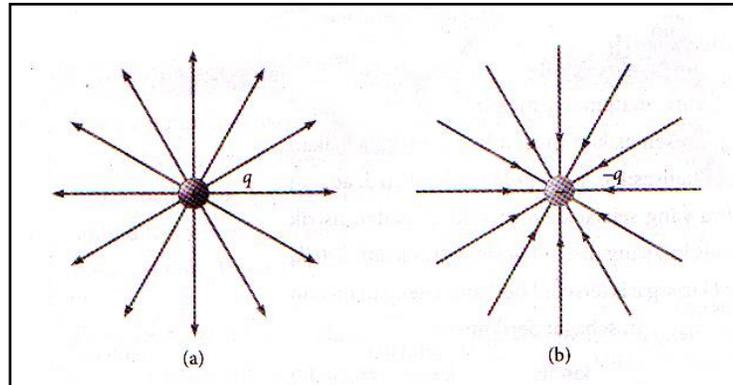
## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Medan Listrik**

Radiasi elektromagnetik dapat dihasilkan oleh medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan merambat melewati ruang dan membawa energi dari tempat satu ke tempat yang lainnya (Alonso dan Finn, 1994). Gelombang elektromagnetik terjadi karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik. Gelombang elektromagnetik disebut juga gelombang transversal, di mana gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarannya tegak lurus terhadap arah perambatannya. Jadi menurut Supiyanto (2002), gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Salah satu contoh gelombang elektromagnetik adalah gelombang cahaya.

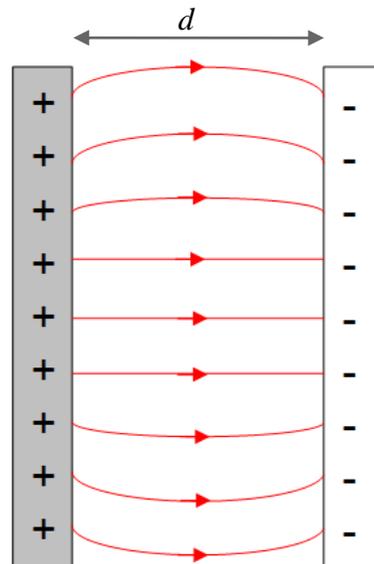
Muatan listrik merupakan sifat dasar alam yang dimiliki oleh setiap atom. Muatan listrik terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. Dalam atom terdapat elektron bermuatan negatif dan proton bermuatan positif, sedangkan neutron tidak bermuatan. Jika terdapat dua muatan sejenis yang diam saling berinteraksi maka akan timbul gaya tolak-menolak, dan jika kedua muatan tersebut tak sejenis akan terjadi gaya tarik-menarik yang besarnya sebanding dengan hasil kali besar kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Setiap daerah dalam ruang di mana sebuah muatan listrik mengalami gaya disebut medan listrik. Seperti dalam medan gravitasi, suatu medan listrik bisa digambarkan dengan garis-garis (disebut garis-garis medan) yang pada tiap titik merupakan garis singgung pada arah medan listrik dititik itu (Supiyanto, 2002)

Garis-garis medan dalam gambar 2.1(a) melukiskan medan listrik sebuah muatan negatif, dan gambar 2.1(b) melukiskan medan listrik sebuah muatan positif. Dalam tiap kasus garis-garis gaya merupakan garis-garis radikal yang melalui muatan (Alonso dan Finn, 1994).



Gambar 2.1 Medan Listrik (Serway dan Jewett, 2010 : 208)

Kapasitor keping sejajar mempunyai sebuah sistem yang terdiri dari dua plat utama masing-masing area  $A$ . Plat dalam keadaan saling sejajar dan dipisahkan oleh jarak  $d$  yang lebih kecil dibandingkan dimensi linernya. Pada dasarnya bentuk keping plat sejajar tidak harus berbentuk persegi, tetapi banyak dimensi lain yang seharusnya menjadi urutan. Secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.2 (Wangness, 1986).



Gambar 2.2 Kapasitor plat sejajar

Perbandingan antara kedua kapasitansi akan memberikan permitivitas relatif atau konstan dielektrik dari material yang ditempatkan di antara dua plat kapasitor. Besar suatu kapasitor plat sejajar dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Luas keping (plat) salah satu penyusun kapasitor (V), makin luas lempeng, semakin besar kapasitas kapasitor tersebut;
- b. Jarak antara dua keping (d), semakin dekat jarak antara kedua plat maka semakin besar pula besar kapasitas kapasitor tersebut;
- c. Permitivitas (E) dielektrik bahan yang memisahkan kedua penghantar (Sutrisno, 1986).

Dari sini didapatkan hubungan antara besar medan (E) dan beda potensial (V) yaitu sebesar :

$$E = V/d \quad (1)$$

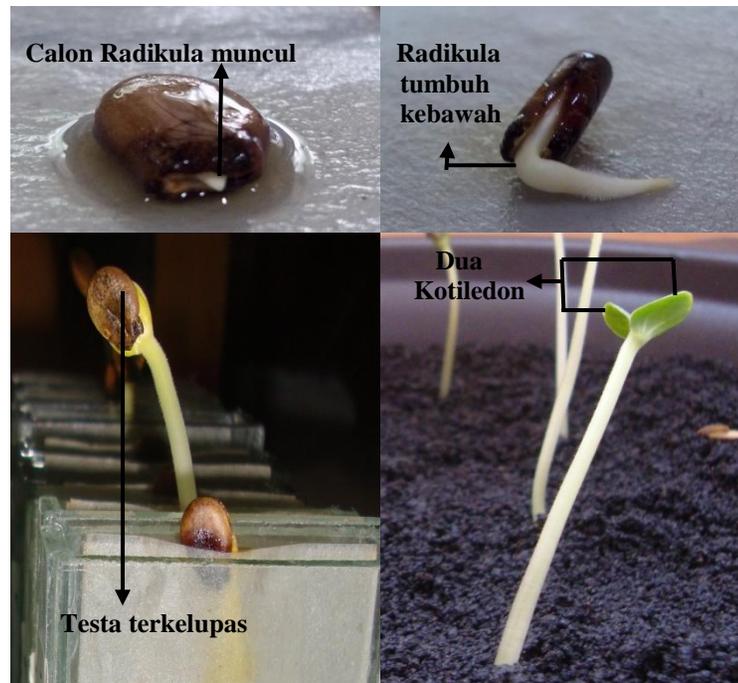
## 2.2 Perkecambahan dan Dormansi Pada Biji

Perkecambahan merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan embrio didalam biji. Hasil perkecambahan ini adalah munculnya tumbuhan kecil dari dalam biji. Proses pertumbuhan embrio saat perkecambahan adalah *radikula* tumbuh dan berkembang menjadi akar kemudian *plumula* tumbuh dan berkembang menjadi batang (Gardner *et al.*, 1991). Perkecambahan ditandai dengan munculnya kecambah, yaitu tumbuhan yang masih kecil yang belum lama muncul dari biji dan masih hidup dari persediaan makanan yang terdapat dalam biji (Tjitrosoepomo, 1997). Bagian terpenting pada biji yang berkecambah ada empat, yaitu batang lembaga (*kaulikulus*), akar embrionik (akar lembaga), daun lembaga (*kotiledon*), dan pucuk lembaga (*plumula*) (Kimball, 1983).

Perkecambahan biji ada dua macam, yaitu perkecambahan *epigeal* dan *hipogeal*

1. Perkecambahan *epigeal* adalah tumbuhnya hipokotil yang memanjang sehingga *plumula* dan *kotiledon* terangkat kepermukaan tanah. Kotiledon tersebut dapat melakukan fotosintesis selama daun belum terbentuk. Dalam proses perkecambahan ini organ pertama yang muncul dari biji yang

berkecambah adalah radikula, berikutnya ujung radikula harus menembus permukaan tanah.



Gambar 2.3 Perkecambahan *epigeal*

2. Perkecambahan *hipogeal* adalah tumbuhnya epikotil yang memanjang sehingga plumula keluar menembus kulit biji dan muncul diatas permukaan tanah, sedangkan kotiledon tertinggal dalam tanah contoh perkecambahan kacang kapri, kacang ercis, jagung dan rumput-rumputan (Tjitrosoepomo, 1997).

Dormansi benih berhubungan dengan usaha benih untuk menunda perkecambahannya, hingga waktu dan kondisi lingkungan memungkinkan untuk melangsungkan proses tersebut. Dormansi dapat terjadi pada kulit biji maupun pada embrio. Biji yang telah masak dan siap untuk berkecambah membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya (Wibawa, 2010).

### 2.3 Akar

Akar adalah bagian terpenting dari suatu tumbuhan. Adapun sifat-sifat dari akar pada tumbuhan:

- a. Akar merupakan bagian tumbuhan yang biasanya terdapat di dalam tanah, pertumbuhannya ke pusat bumi (geotrop) atau menuju ke air (hidrotrop), pada umumnya akar menjauhi cahaya agar pertumbuhannya lebih cepat.
- b. Akar mempunyai warna tidak sama dengan daun dan batang, warna akar tidak hijau, dan biasanya keputih-putihan atau kekuning-kuningan.
- c. Pertumbuhan terjadi pada ujung akar yang merupakan titik pertumbuhan primer, tetapi pertumbuhan batang lebih cepat dibandingkan akar.
- d. Bentuk ujung akar yang meruncing, berguna untuk menembus tanah (Tjitrosoepomo, 1997).

Akar bagi tumbuhan mempunyai tugas untuk:

1. Memperkuat berdirinya tumbuhan
2. Untuk menyerap air dan zat-zat makanan yang terlarut di dalam air dari dalam tanah
3. Mengangkut air dan zat-zat makanan tadi ke tempat-tempat pada tubuh tumbuhan yang memerlukan
4. Kadang-kadang sebagai tempat untuk penimbunan makanan (Tjitrosoepomo, 1997)

Pertumbuhan akar yang kuat lazimnya diperlukan untuk kekuatan dan pertumbuhan pucuk pada umumnya. Apabila akar mengalami kerusakan karena gangguan secara biologis, fisik, atau mekanis dan menjadi kurang berfungsi, maka pertumbuhan pucuk juga akan kurang berfungsi. Penyerapan air dan mineral terutama terjadi melalui ujung akar dan bulu akar, walupun bagian akar yang lebih tua dan lebih tebal juga menyerap bagian. Akar yang lebih tua berfungsi untuk transport dan penyimpanan bahan (Gardner *et al.*, 1991)

## 2.4 Gerak Pada Akar

Pada ujung akar dan ujung batang tumbuhan berbiji yang aktif tumbuh, terdapat tiga daerah (zona) pertumbuhan dan perkembangan.

### 1. Daerah pembelahan (daerah meristematik)

Daerah pembelahan merupakan daerah yang paling ujung dan merupakan tempat terbentuknya sel-sel baru. Sel-sel di daerah ini mempunyai inti sel yang relatif besar, berdinding tipis, dan aktif membelah diri.

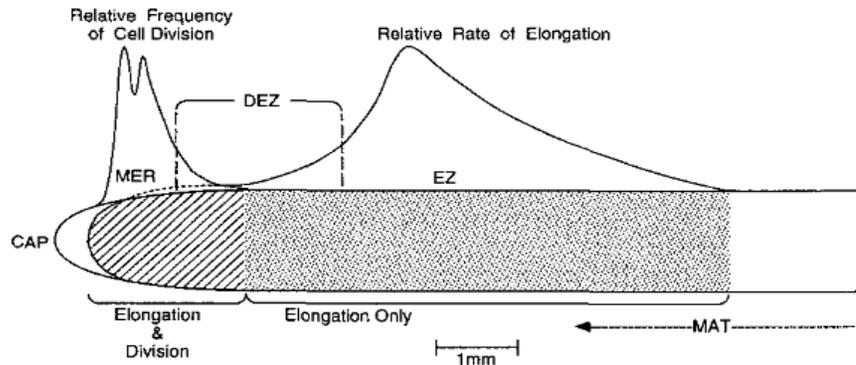
### 2. Daerah pemanjangan

Daerah pemanjangan merupakan daerah hasil pembelahan sel-sel meristem. Sel-sel hasil pembelahan tersebut akan bertambah besar ukurannya sehingga menjadi bagian dari daerah pemanjangan. Ukuran selnya bertambah beberapa puluh kali dibanding sel-sel meristematik.

### 3. Daerah diferensiasi

Daerah diferensiasi merupakan daerah yang terletak di bawah daerah pemanjangan. Sel-sel di daerah diferensiasi umumnya mempunyai dinding yang tebal dan beberapa diantaranya mengalami diferensiasi menjadi epidermis, korteks dan empulur. Sel yang lain berdiferensiasi menjadi parenkim, jaringan penunjang dan jaringan pengangkut (xylem dan floem) (Sari, 2011).

Daerah perkembangan akar dapat dikelompokkan dalam tiga bagian yaitu daerah sel selektif, zona perpanjangan dan pembagian sel. Dari bagian-bagian akar yang perlu diketahui, terlihat pada gambar bagian adalah tudung, tudung akar, meristem apikal akar (ditunjukkan oleh daerah yang diarsir, ditarik menuju mencakup seluruh daerah dimana pembagian sel terjadi), DEZ, daerah perpanjangan, EZ, area perpanjangan, zona pematangan (Ishikawa dan Evans, 1995)



Gambar 2.4 Diagram skema khusus dalam akar jagung

Gerakan tumbuhan terjadi karena adanya proses pertumbuhan dan adanya kepekaan terhadap rangsang yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut. Sebagai tanggapan terhadap rangsang tersebut, tumbuhan melakukan gerakan yang mungkin menuju ke arah rangsang atau menjauhi rangsangan, atau melakukan gerak tanpa menunjukkan arah tertentu.

Menurut penyebabnya gerak pada tumbuhan dibedakan menjadi :

a. Gerak tereduksi (etinom)

Gerak pada tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan yang berasal dari luar. Berdasarkan sifatnya gerak tereduksi dibedakan menjadi :

1. Tropi atau tropisme adalah gerak bagian tubuh tumbuhan kearah rangsangan (tropi positif) dan menjauhi rangsangan (tropi negatif)
2. Taksis (gerak pindah tempat) adalah gerak pindah tempat oleh tumbuhan atau bagian tumbuhan menuju atau menjauhi arah datangnya rangsangan.
3. Nasti adalah gerak bagian tubuh tumbuhan sebagai tanggapan terhadap rangsangan yang datangnya dari luar.

b. Gerak spontan (endonom atau autonom)

Gerak ini merupakan gerak tumbuhan yang tidak disebabkan rangsangan dari luar. Di duga gerak yang terjadi disebabkan oleh rangsangan yang berasal dari dalam tumbuhan itu sendiri (Tjitrosomo,1990)

c. *Fototropisme*

Suatu respon positif terhadap cahaya yang datang dengan intensitas yang lebih besar dari satu arah dibandingkan dengan yang datang dari arah lain (Tjitrosomo, 1990).

d. *Gravitropisme*

Gerak pertumbuhan ke arah atau menjauhi tarikan gravitasi bumi. Akar pada umumnya menunjukkan gravitropisme positif, sedangkan batang menunjukkan gravitropisme negatif. Akar primer umumnya lebih tegak dari pada akar sekunder yang kadang membentuk sudut hampir mendatar (Salisbury dan Ross, 1995).

e. *Hidrotropisme*

Merupakan reaksi dengan air yang bertindak sebagai suatu unsur perangsang yang menyebabkan pembengkokan pada akar tumbuhan ke lingkungan yang lebih basah. Hidrotropisme sendiri terjadi bila akar terdapat dalam suatu gradien kelembaban. Dalam hal ini air yang bertindak sebagai perangsang yang menyebabkan akar melengkung, dengan perkembangan akar yang lebih cepat karena tingginya kandungan air dan oksigen di dalam tanah sehingga meningkatkan pertumbuhannya (Tjitrosomo, 1990)

## **2.5 Pertumbuhan Pada Tanaman**

Pertumbuhan tanaman sering didefinisikan sebagai suatu peningkatan ukuran, berat atau jumlah sel yang prosesnya tidak dapat kembali seperti semula, serta dihasilkan dari pembelahan sel dan pembesaran sel. Selain pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan membentuk bermacam-macam organ. Secara umum, organ tanaman terdiri dari organ vegetatif dan organ generatif. Akar, batang dan daun dikelompokkan sebagai organ vegetatif (Lakitan, 1996).

Tumbuhan mengalami dua macam pertumbuhan, yaitu pertumbuhan primer dan sekunder. Pertumbuhan primer adalah penambahan substansi sel pada jaringan meristem primer, seperti ujung batang dan ujung akar yang mengakibatkan pertumbuhan memanjang. Pertumbuhan sekunder adalah penambahan substansi sel

pada jaringan meristem sekunder, yaitu kambium yang mengakibatkan pertumbuhan membesar pada batang (Kimball, 1983).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan yang secara luas dapat dikategorikan sebagai faktor eksternal (lingkungan) dan faktor internal (genetik), dikelompokkan sebagai berikut ini.

#### 1. Faktor Internal

- a. Iklim: cahaya, temperatur, air, panjang hari, angin, dan gas (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, nitrogen oksida, F<sub>l</sub>, Cl, dan O<sub>3</sub>). Gas-gas ini seringkali merupakan polutan atmosfer (kecuali untuk tiga gas pertama) dan konsentrasinya dapat cukup tinggi untuk menghambat pertumbuhan
- b. Edafik (tanah): tekstur, struktur, bahan organik, kapasitas pertukaran kation (*cation exchange capacity*, CEC), pH, kejenuhan basa, dan ketersediaan nutrisi
- c. Biologis: gulma, serangga, organisme penyebab penyakit, nematoda, macam-macam tipe herbivora, dan mikro organisme tanah

#### 2. Faktor Internal

- a. Ketahanan terhadap tekanan iklim, tanah, dan biologis
- b. Laju fotosintetik
- c. Respirasi
- d. Pembagian hasil asimilasi dan nitrogen
- e. Klorofil, karoten, dan kandungan pigmen lainnya
- f. Kapasitas untuk menyimpan cadangan makanan
- g. Aktivitas enzim
- h. Pengaruh langsung gen
- i. Diferensiasi

(Gardner *et al.*, 1991)

Dalam tumbuhan, setelah pembelahan dan pembesaran sel, diferensiasi internal terjadi dengan menghasilkan peng-organisasian sejumlah sel pada berbagai jaringan dan organ. diferensiasi eksternal terjadi sebagai akibat perbedaan laju tumbuhan pada

bagian-bagian tubuh tumbuhan yang menghasilkan rupa dan bentuk yang dapat membedakan satu jenis dengan jenis yang lainnya (Tjitrosomo, 1990).

## **2.6 Pengukuran Laju Pertumbuhan Tanaman**

Pengertian pertumbuhan membutuhkan ukuran secara tepat dan dapat dibaca dengan bentuk kuantitatif yang dapat diukur. Analisis pertumbuhan merupakan suatu cara untuk mengikuti dinamika fotosintesis yang diukur oleh produksi bahan kering. Pertumbuhan tanaman dapat diukur tanpa mengganggu tanaman, yaitu dengan pengukuran tinggi tanaman atau jumlah daun, tetapi sering kurang mencerminkan ketelitian kuantitatif. Akumulasi bahan kering sangat disukai sebagai ukuran pertumbuhan. Akumulasi bahan kering mencerminkan kemampuan tanaman dalam mengikat energi dari cahaya matahari melalui proses fotosintesis, serta interaksinya dengan faktor-faktor lingkungan lainnya. Distribusi akumulasi bahan kering pada bagian-bagian tanaman seperti akar, batang, daun dan bagian generatif, dapat mencerminkan produktivitas tanaman (Sumarsono, 2008)

Laju tumbuh tumbuhan dapat diukur dengan berbagai cara. Salah satu cara adalah dengan mengukur pertumbuhan dalam berat segar atau berat basah. Cara ini dapat dilakukan selama tumbuhan berada dalam keadaan segar dan sedang tumbuh. Pertumbuhan dapat pula diukur berdasarkan peningkatan berat keringnya (Tjitrosomo, 1990). Metode pengukuran kadar air yang diterapkan dirancang untuk mengurangi oksidasi, dekomposisi atau hilangnya zat yang mudah menguap bersamaan dengan pengurangan kelembaban sebanyak mungkin (ISTA, 2006)

## **2.7 Pengangkutan Pasif dan Aktif**

Proses transport melalui membran terjadi melalui 2 mekanisme, yaitu transport aktif dan transport pasif. Transport pasif terjadi tanpa memerlukan energi sedangkan transport aktif memerlukan energi.

## 1. Transpor pasif

Transpor pasif merupakan suatu perpindahan zat yang tidak memerlukan energi. Transpor pasif ini bersifat spontan. Difusi, osmosis, dan difusi terfasilitasi merupakan contoh dari transpor pasif. Difusi terjadi akibat gerak termal yang meningkatkan entropi atau ketidakteraturan sehingga menyebabkan campuran yang lebih acak. Difusi akan berlanjut selama respirasi seluler yang mengkonsumsi O<sub>2</sub> masuk. Osmosis merupakan difusi pelarut melintasi membran selektif yang arah perpindahannya ditentukan oleh beda konsentrasi zat terlarut total (dari hipotonis ke hipertonis). Difusi terfasilitasi juga masih dianggap ke dalam transpor pasif karena zat terlarut berpindah menurut gradien konsentrasinya (Purnobasuki, 2011).

### a. Mekanisme difusi

Secara umum difusi merupakan gerak zat menyebar dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah, atau dari daerah bertekanan tinggi ke daerah yang tekanannya lebih rendah. Zat juga akan bergerak menyebar dari daerah berkonsentrasi lebih besar (lebih pekat) ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah. Jadi, pada dasarnya setiap zat akan bergerak bila terjadi perbedaan suhu, tekanan atau konsentrasi. Contohnya saja melarutkan gula dalam air dengan air dingin atau air panas. Bila gerak penyebaran zat gula atau limun lebih cepat maka zat gula akan lebih cepat larut menyebar. Gerak penyebaran zat akan berhenti setelah larutan gula menyebar merata (larutan menjadi homogen). Agar akar dapat menyerap zat maka air tanah atau larutan tanah harus mencapai daerah rizhosfer. Ada dua faktor penting yang memungkinkan akar memperoleh air dan hara tanah, yaitu :

- 1) Adanya kontak dengan akar
- 2) Adanya aliran massa (*mass flow*) dalam tanah, yaitu aliran air (zat) yang terjadi melalui prinsip difusi

Difusi terjadi pada semua jenis zat, termasuk gas-gas, ion-ion dan air. Masuknya air dari luar ke jaringan akar juga merupakan peristiwa difusi. Air bergerak dari daerah yang airnya lebih banyak ke daerah yang airnya lebih sedikit. Kandungan air

dalam tanah relatif tidak terbatas daripada air jaringan akar. Adanya perbedaan kadar air ini mendorong air berdifusi masuk ke dalam akar (Suyitno, 2006).

b. Mekanisme Difusi difasilitasi

Difusi difasilitasi (*facilitated diffusion*) adalah pelaluan zat melalui membran plasma yang melibatkan protein pembawa. Protein pembawa tergolong protein transmembran yang memiliki tempat perlekatan terhadap ion atau molekul yang akan ditransfer ke dalam sel. Setiap molekul atau ion memiliki protein pembawa yang khusus, misalnya untuk pelaluan suatu molekul glukosa diperlukan protein pembawa yang khusus untuk mentransfer glukosa ke dalam sel.

c. Mekanisme Osmosis

Osmosis adalah proses perpindahan atau pergerakan molekul zat pelarut, dari larutan yang konsentrasi zat pelarutnya tinggi menuju larutan yang konsentrasi zat pelarutnya rendah melalui selaput atau membran selektif permeabel atau semi permeabel. Jika dalam suatu bejana yang dipisahkan oleh selaput semipermeabel ditempatkan dua larutan glukosa yang terdiri atas air sebagai pelarut dan glukosa sebagai zat terlarut dengan konsentrasi yang berbeda dan dipisahkan oleh selaput selektif permeabel, maka air dari larutan yang berkonsentrasi rendah akan bergerak atau berpindah menuju larutan glukosa yang konsentrasinya tinggi melalui selaput permeabel. Jadi, pergerakan air berlangsung dari larutan yang konsentrasi airnya tinggi menuju ke larutan yang konsentrasi airnya rendah melalui selaput selektif permeabel. Larutan yang konsentrasi zat terlarutnya lebih tinggi dibandingkan dengan larutan di dalam sel dikatakan sebagai larutan hipertonik. Sedangkan larutan yang konsentrasinya sama dengan larutan di dalam sel disebut larutan isotonis (Suyitno, 2006).

2. Transport Aktif

Pada transpor aktif diperlukan adanya protein pembawa dan memerlukan energi metabolik yang tersimpan dalam bentuk ATP. Selama transpor aktif, molekul diangkut melalui gradien konsentrasi. Transpor aktif dibedakan menjadi dua, yaitu :

a. Transpor aktif primer secara langsung berkaitan dengan hidrolisis ATP yang

akan menghasilkan energi untuk transpor ini. Contoh transpor aktif primer adalah pompa ion  $\text{Na}^-$  dan ion  $\text{K}^+$ . Konsentrasi ion  $\text{K}^+$  di dalam sel lebih besar dari pada di luar sel, sebaliknya konsentrasi ion  $\text{Na}^+$  diluar sel lebih besar daripada di dalam sel. Untuk mempertahankan kondisi tersebut, ion-ion  $\text{Na}^-$  dan  $\text{K}^+$  harus selalu dipompa melawan gradien konsentrasi dengan energi dari hasil hidrolisis ATP. Tiga ion  $\text{Na}^+$  dipompa keluar dan dua ion  $\text{K}^+$  dipompa ke dalam sel. Untuk hidrolis ATP diperlukan ATP-ase yang merupakan suatu protein transmembran yang berperan sebagai enzim.

b. Tranpor aktif sekunder merupakan transpor pengangkutan gabungan yaitu pengangkutan ion-ion bersama dengan pengangkutan molekul lain. Misalnya pengangkutan asam amino dan glukosa dari lumen usus halus menembus membran sel epitel usus selalu bersama dengan pengangksutan ion-ion  $\text{Na}^+$ . Pada transpor aktif sekunder juga melibatkan protein pembawa dan membutuhkan energi dari hasil hidrolisis ATP (Anonimous, 2008).

## **2.8 Efek Medan Listrik terhadap Pematihan Dormansi dan Germinasi**

### **1. Pematihan dormansi**

Pada umumnya dormansi dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu dormansi fisik dan dormansi fisiologis. Dormansi fisik disebabkan oleh pembatasan struktural terhadap perkecambahan biji, seperti kulit biji yang keras dan kedap sehingga menjadi penghalang mekanis terhadap masuknya air atau gas-gas kedalam biji. Mekanisme fisiologis merupakan dormansi yang disebabkan oleh terjadinya hambatan dalam proses fisiologis, yaitu *photodormancy*, proses fisiologis dalam biji terhambat oleh keberadaan cahaya, dan proses fisiologis dalam biji. Mekanisme dormansi dalam biji merupakan dormansi yang mekanisme penghambatannya disebabkan oleh organ biji itu sendiri (Salisbury, 1995).

Pengaruh medan listrik yang ada di dalam alam semesta dibedakan ke dalam unsur yang lebih memiliki sifat dielektrik yang permanen, sementara dan diamagnetik, termasuk unsur-unsur hara penyusun jaringan tumbuhan dan berbagai

senyawa organik tumbuhan dalam sitoplasma. Dormansi benih berhubungan dengan usaha benih untuk menunda perkecambahannya, hingga waktu dan kondisi lingkungan memungkinkan untuk melangsungkan proses tersebut. Dormansi dapat terjadi pada kulit biji maupun pada embrio (Salisbury, 1995).

## 2. Germinasi (Perkecambahan)

Menurut Stenz dan Weisenseel (1993), medan listrik mempunyai pengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman jagung karena pada saat perkembangan akar menuju ke pusat bumi terjadi sebuah perubahan pola transport ion aktif dan pasif. Perubahan ini diakibatkan oleh adanya medan listrik sehingga sel tanaman mengalami kerusakan pada saat pembelahan ke salah satu kutub. Keadaan tersebut sampai sejauh ini masih belum dapat disimpulkan apakah sel akar tanaman jagung yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC lebih baik atau lebih buruk daripada tanaman sel akar tanaman jagung yang ditumbuhkan di luar medan listrik DC diperlukan sebuah dukungan penelitian lebih jauh.

Selanjutnya Budarsa (2009) menambahkan bahwa listrik yang memiliki suatu medan dan arus mempengaruhi pertumbuhan sawi hijau dan laju asimilasi karena arus listrik dapat mempengaruhi hantaran ataupun aliran unsur hara dan mineral tanah masuk ke dalam sel tumbuhan karena ion-ion yang bermuatan yang terkandung pada mineral tanah akan bergerak mendekati sumber listrik tersebut, sehingga terjadi penyusutan luas daun.

Widianti (2010), melaporkan bahwa pengaruh medan listrik DC terdapat adanya perbedaan yang tidak signifikan pada hari ketiga dan keempat pada panjang akar tanaman dimungkinkan karena adanya respon tanaman yang berbeda terhadap pemberian medan listrik. Pembentukan batang berasal dari jaringan meristem apikal yang dalam perkembangannya disertai dengan pembelahan sel

## 2.9 Morfologi Semangka

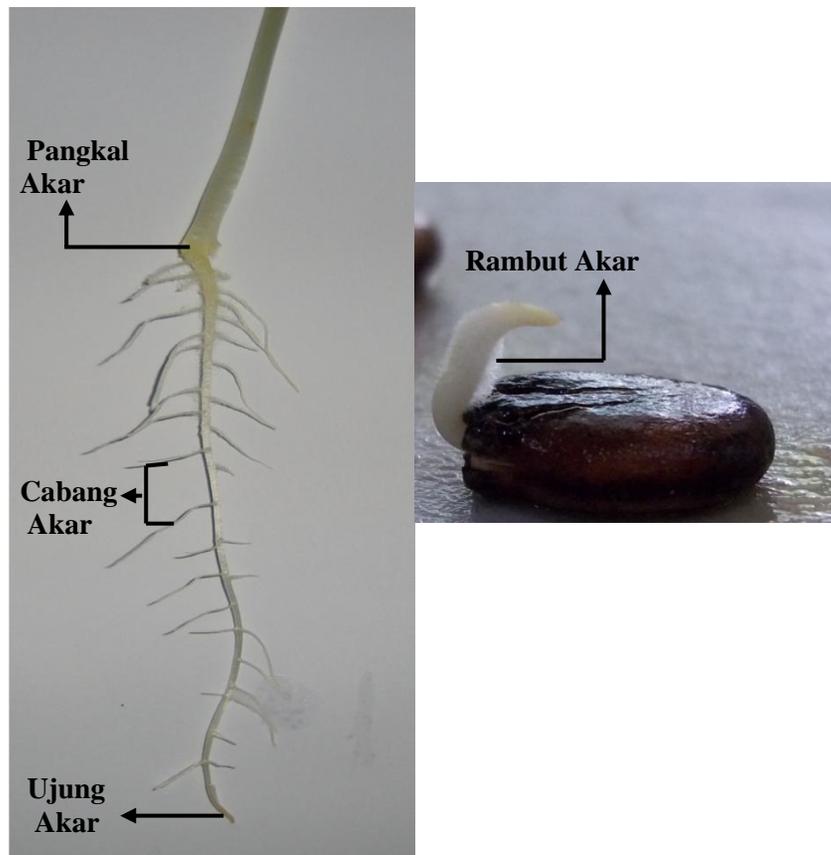
Berdasarkan taksonomi tumbuhan, tanaman semangka diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantarum
Divisi	: Spermatophyta
Sub-Divisi	: Angiospermae
Class	: Dicotyledon
Sub-Class	: Sympetalae
Ordo	: Cucurbitales
Familia	: Cucurbitaceae
Genus	: Citrullus
Spesies	: <i>Citrullus vulgaris</i> Schard.

Tanaman semangka mempunyai akar tunggang yang terdiri atas akar primer dan akar sekunder (lateral). Akar primer berukuran 15-20 cm, sedangkan akar lateral menyebar sekitar 35-45 cm. Tanaman semangka tanpa biji memiliki percabangan lebih besar dan mempunyai pertumbuhan lebih kuat dari pada semangka berbiji (Setiarini, 2010).

Pada umumnya bagian-bagian akar dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Leher akar atau pangkal akar (*collum*), bersambungan dengan pangkal batang,
- b. Ujung akar (*apex radices*), bagian akar paling muda
- c. Batang akar (*corpus radices*), terdapat antara leher akar dan ujungnya
- d. Cabang-cabang akar (*radix lateralis*), tidak bersambungan dengan pangkal batang; keluar dari akar pokok, dapat mengadakan percabangan lagi.
- e. Serabut akar (*fibrilla radicalis*), cabang-cabang akar yang halus bentuk serabut.
- f. Rambut-rambut akar atau bulu-bulu akar (*pillus radicalis*), merupakan penonjolan sel-sel kulit luar akar yang panjang.
- g. Tudung akar (*calyptra*), bagian akar paling ujung, berguna untuk melindungi ujung akar yang masih muda dan lemah (Tjitrosoepomo, 1997)



Gambar 2.5 Bagian-bagian akar

Pada gambar terlihat bahwa rambut-rambut akar merupakan bagian yang sifatnya sementara yaitu pada umumnya berumur pendek dan hanya terdapat pada bagian ujung akar saja. Jika akar bertambah panjang, maka rambut-rambut akar yang terletak paling jauh dari ujung akar akan mati karena yang berdekatan dengan ujungnya diganti dengan yang baru (Tjitrosoepomo, 1997).

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, pada bulan September sampai Desember 2012.

### **3.2 Alat dan Bahan**

#### **3.2.1 Alat**

Beberapa peralatan yang digunakan adalah *petri dish*, *beaker glass*, benang, botol fial, *demountable capacitor*, *chamber*, gelas persegi panjang (kontainer), gelas ukur, kaca benda, kaca penutup, tisu, gabus, pengaduk, stirrer, penggaris, pinset, mikroskop, multimeter, timbangan analitik, dan kamera digital.

#### **3.2.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemutih (*Sodium Hypochloride*), air murni (aquades), biji semangka (*Citrullus lanatus*), dan larutan Hoagland termodifikasi. Komposisi larutan Hoagland termodifikasi ada dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi Larutan Hoagland Termodifikasi

Larutan	Gram	Liter	
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,025	0,1	Sebagai penyedia unsur makro/ <i>makronutriens</i>
KNO <sub>3</sub>	0,12	0,1	
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,13	0,1	
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0,045	0,1	
FeCl <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O	0,01	0,1	Sebagai penyedia unsur mikro/ <i>mikronutriens</i>
B(OH) <sub>3</sub>	0,0005	0,1	
MnCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0,00025	0,1	
CuCl <sub>2</sub>	0,00002	0,1	
ZnCL <sub>2</sub>	0,0001	0,1	
MoO <sub>3</sub>	0,000005	0,1	

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan melalui dua cara pertama melalui pemilihan benih semangka yang seragam yaitu dengan berat sebesar 0,5 – 0,7 gram. Kedua untuk menguji homogenitas pada benih semangka dilakukan pada saat sterilisasi benih semangka dengan melihat biji yang tenggelam, sedangkan biji yang mengapung dibuang. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kegagalan dalam penumbuhan tanaman semangka.

#### 3.3.2 Uji Sterilisasi

Untuk membunuh fungi pada benih semangka maka benih semangka yang sudah terpilih direndam dalam larutan *Sodium Hypochloride* 5% selama 10 menit, lalu dibilas beberapa kali dengan menggunakan aquades.

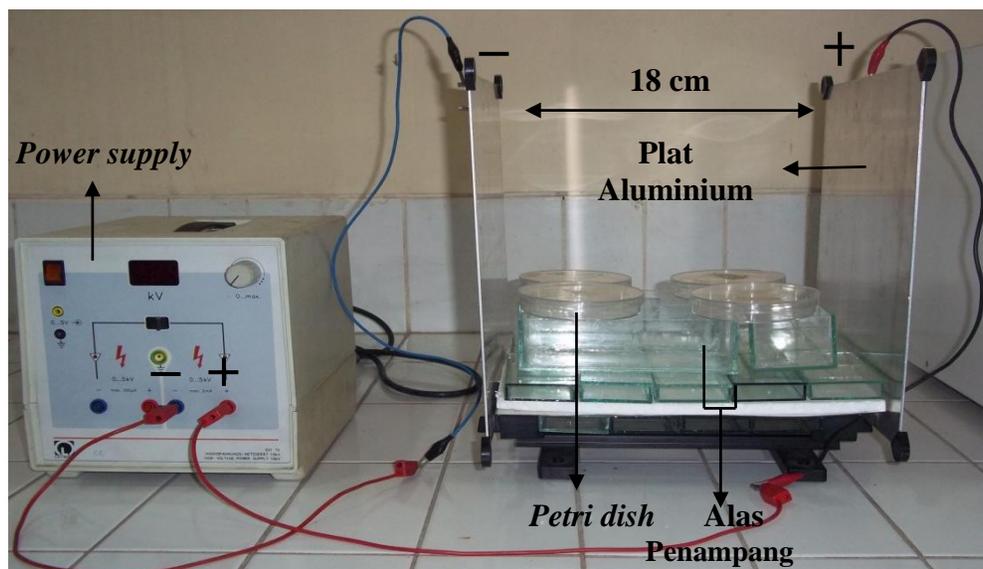
#### 3.3.3 Uji Efek Medan Listrik DC terhadap Dormansi

Kertas buram yang sudah dibasahi dengan larutan hoagland diletakkan kedalam *petri dish*, setelah itu benih semangka yang sudah terseleksi diletakkan di dalam *petri dish* tersebut, dan selanjutnya diletakkan di dalam medan listrik untuk mengamati efek perlakuan medan listrik DC (5 kV/m; 6,67 kV/m; 7,78 kV/m, dan 8,89 kV/m), dan diletakkan di luar medan listrik sebagai kontrol. Lama dormansi

diamati dengan melihat munculnya tanda kariopsis akar (pengamatan dormansi dihentikan dengan mematikan *power supply* setelah kariopsis muncul).

Aplikasi medan listrik DC terhadap dormansi dilakukan dengan meletakkan dua plat sejajar dengan jarak 18 cm, dengan masing-masing ujung plat dihubungkan dengan *power supply*, satu sisi dihubungkan dengan kutub positif dan sisi yang lain dihubungkan dengan kutub negatif (Gambar 3.1).

Pengamatan dormansi dilakukan dengan pengulangan sebanyak lima kali, untuk masing-masing perlakuan, dengan empat *petri dish* berisi delapan benih dalam setiap *petri dish*, sedangkan untuk kontrol digunakan empat *petri dish* dengan masing-masing berisi delapan benih semangka.

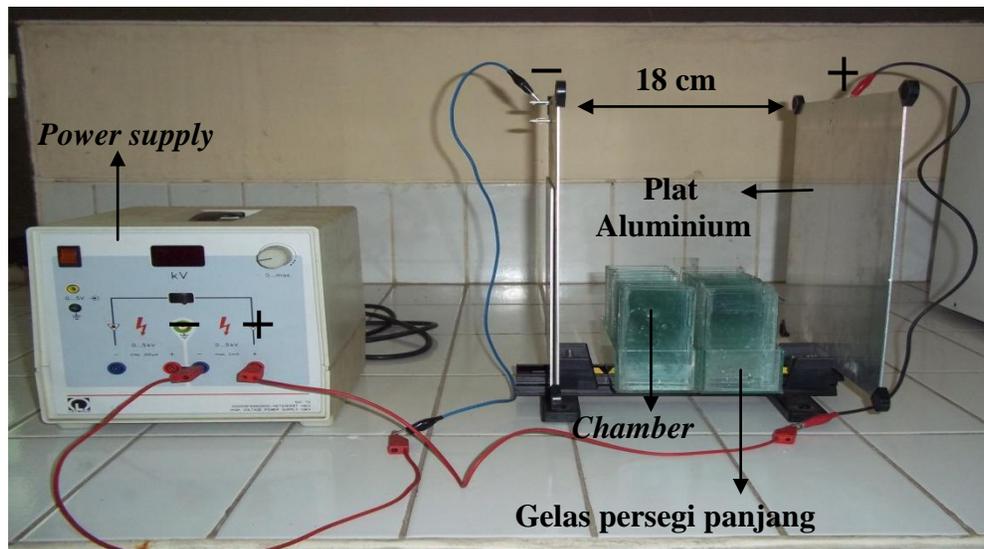


Gambar 3.1 Kontruksi alat penelitian untuk efek medan listrik DC terhadap dormansi

### 3.3.4 Uji Efek Medan Listrik DC terhadap Pertumbuhan Germinasi

Hasil pengamatan dormansi pada 3.3.3 (benih setelah muncul calon akar) dipilih yang seragam kemudian benih di letakkan pada kertas buram yang telah dibasahi dengan larutan hoagland, dan kemudian di letakkan pada *chamber*. *Chamber* (sebanyak 20 *chamber* dengan masing-masing satu benih) tersebut kemudian diletakkan di dalam gelas kontainer yang berisi larutan hoagland sebanyak  $\frac{1}{4}$  tinggi kontainer. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar kertas buram tetap basah sehingga biji semangka tetap mendapatkan suplai makanan.

Pengamatan germinasi dilakukan dengan pengamatan untuk masing-masing perlakuan medan listrik pada variasi besar medan listrik seperti pada dormansi (dan kontrol) seperti pada gambar 3.2, dengan pengamatan masing-masing pada  $1 \times 24$  jam (satu hari),  $2 \times 24$  jam (dua hari),  $3 \times 24$  jam (tiga hari), dan  $4 \times 24$  jam (empat hari). Pada pengamatan germinasi dilakukan dengan mengamati arah gerak akar, pengukuran panjang akar, pengukuran berat benih semangka, pengukuran kadar air serta pengamatan sel akar. Pada setiap pengambilan sampel tersebut *power supply* dimatikan dan kemudian dihidupkan kembali untuk melanjutkan proses pengamatan.



Gambar 3.2 Kontruksi alat penelitian untuk efek medan listrik DC terhadap pertumbuhan germinasi

### 3.4 Tahap Pengambilan Data

Pengamatan pertumbuhan tanaman semangka terdiri dari pengamatan lamanya dormansi, arah gerak akar, panjang akar, berat tanaman semangka, dan kadar air tanaman semangka. Adapun proses pengamatan sebagai berikut.

#### 1. Dormansi

Pengamatan dormansi dilakukan dengan melihat awal tumbuhnya akar yang bersamaan pada (kariopsis akar) tiap benih semangka yang ditanam untuk masing-masing perlakuan dan kontrol. Benih yang tumbuh bersamaan kemudian diletakkan pada *chamber* untuk pengukuran selanjutnya dan waktu pecahnya dormansi dicatat.

#### 2. Pengukuran germinasi yang meliputi

##### a. Pengamatan gerak akar

Pengamatan gerak akar yaitu dengan cara melihat arah gerak akarnya (menuju kutub positif, kutub negatif atau normal) dicatat kemudian diambil fotonya satu persatu untuk masing-masing perlakuan dan kontrol pada hari yang berbeda ( $1 \times 24$  jam), ( $2 \times 24$  jam), ( $3 \times 24$  jam), dan ( $4 \times 24$  jam) setelah aplikasi medan listrik DC.

##### b. Pengukuran panjang akar

Pengukuran panjang akar dilakukan dengan mengukur panjang akar utama dari tanaman semangka. Akar utama tanaman semangka untuk masing-masing perlakuan dari *chamber* diukur dengan bantuan benang yang kemudian panjang benang diukur dengan bantuan penggaris.

##### c. Pengukuran berat benih (kecambah) semangka

Benih semangka kemudian diletakkan diatas timbangan analitik lalu hasilnya dicatat sebagai berat basah semangka. Setelah selesai ditimbang benih semangka kemudian di oven hingga suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , kemudian dikeluarkan lalu ditimbang lagi dan hasilnya dicatat sebagai berat kering.

##### d. Pengukuran kadar air tanaman semangka

Kadar air tanaman merupakan sebuah nilai prosentasi jumlah air yang berada dalam tanaman yang di didapatkan dari:

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{Berat Basah (gram)} - \text{Berat Kering (gram)})}{\text{Berat Basah (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

Setelah diketahui nilai dari berat kadar air benih semangka kemudian data ditabelkan

e. Pengamatan sel akar

Langkah terakhir dari pengambilan data adalah mengamati bentuk sel tudung akar benih semangka. Mula-mula akar benih semangka dipotong bagian ujung akarnya secara melintang dan memanjang menggunakan silet tajam. Tudung akar diletakkan di atas kaca benda dan ditetesi dengan aquades dan ditutup dengan kaca penutup. Secara perlahan preparat tudung akar ditekan dengan pensil sehingga berbentuk pipih. Preparat tudung akar yang sudah jadi diletakkan pada mikroskop lalu diamati karakteristiknya pada layar kemudian difoto.

### 3.5 Tahap Analisis Data

Sebelum benih tanaman semangka ditanam dilakukan uji homogenitas dengan menyeleksi berat biji tanaman yang mempunyai berat 0,5-0,7 gram, kemudian biji tanaman semangka ditanam dalam ruangan yang dikondisikan mempunyai suhu ruang dan intensitas cahaya ruang yang relatif sama. Hal ini dilakukan pada hari yang berbeda. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima sampel (n=5) setiap harinya sesuai dengan standart minimal uji statistik.

Hasil pengamatan selanjutnya dianalisa menggunakan uji statistik yang dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan benih semangka yang dilihat dari pengukuran dormansi, pengukuran germinasi yang meliputi panjang akar, berat basah tanaman tanaman semangka, berat kering tanaman tanaman semangka dan kadar air tanaman tanaman semangka. Pengolahan data diolah menggunakan *microsoft excel* untuk mencari nilai rata-rata, *standart* deviasi dan *standart error*. Untuk mempermudah analisa data dilakukan dengan membuat grafik laju pertumbuhan tanaman tanaman semangka pada perlakuan dan kontrol. Dalam pembuatan grafik

pada perlakuan dan kontrol yaitu dengan cara merata-rata seluruh hasil kemudian untuk yang ditampilkan dalam grafik adalah nilai rata-rata akhir. Dari grafik tersebut dapat diketahui perbandingan antara benih semangka yang ditumbuhkan dalam medan (perlakuan) dan diluar medan (kontrol) (Ansori, 2008).

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Analisis

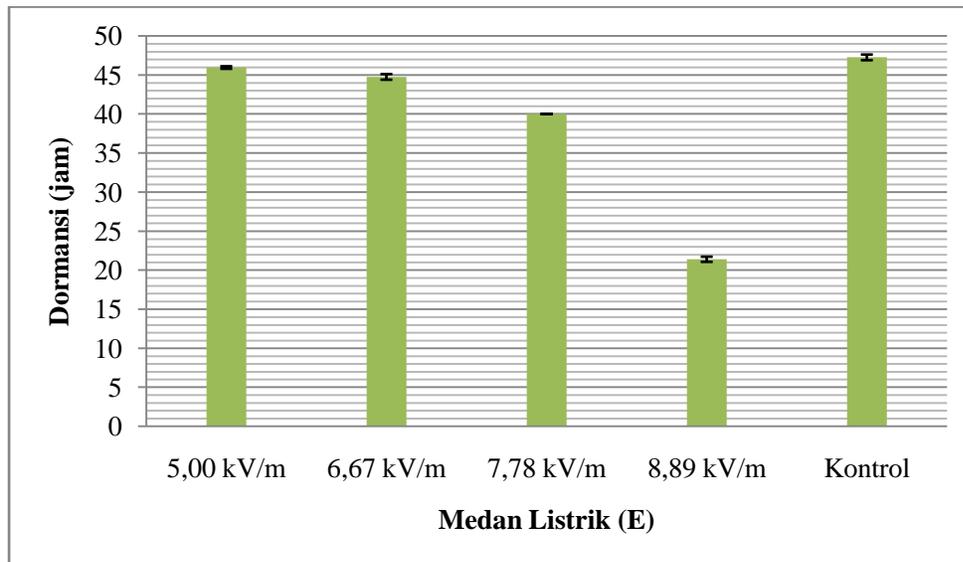
#### 4.1.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Dormansi Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)

Hasil pengukuran waktu pecahnya dormansi untuk semangka dari beberapa perlakuan medan listrik DC dan kontrol disajikan pada tabel 4.1. Sedangkan grafik hubungan antara kuat medan dan waktu pecahnya dormansi disajikan dalam grafik seperti pada gambar 4.1

Tabel 4.1 Nilai rata-rata pengukuran waktu pecahnya dormansi tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=20

Kuat Medan Listrik (kV/cm)	Waktu pecah dormansi (jam)
E=5,00 kV/m	45,95 ± 0,16
E=6,67 kV/m	44,75 ± 0,36
E=7,78 kV/m	40,00 ± 0,00
E=8,89 kV/m	21,40 ± 0,33
E=0,00	47,25 ± 0,36

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa nilai rata-rata dormansi berbeda setiap perlakuan medan listrik DC, dengan nilai rata-rata dormansi tanpa medan listrik. Hasil menunjukkan bahwa tanaman yang ditumbuhkan di dalam medan mempunyai waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang ditumbuhkan diluar medan listrik DC. Pada grafik gambar 4.1 terlihat bahwa perlakuan medan 8,89 kV/m mempunyai dormansi tercepat atau terpendek, sedangkan perlakuan medan 5,00 kV/m dan perlakuan medan 6,67 kV/m terlihat mempunyai waktu yang tidak terlalu jauh berbeda.



Gambar 4.1 Grafik pengukuran waktu pecah dormansi tanaman semangka yang ditumbuhkan didalam beberapa variasi kuat medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m dan pengamatan waktu pecah dormansi tanaman semangka yang ditumbuhkan di luar medan listrik DC sebagai kontrol; dengan *standard error* bar masing-masing perlakuan dengan *replica* n=20

#### 4.1.2 Hasil Pertumbuhan Germinasi Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)

##### 4.1.2.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Pertumbuhan Panjang Akar terhadap Perlakuan Medan Listrik DC

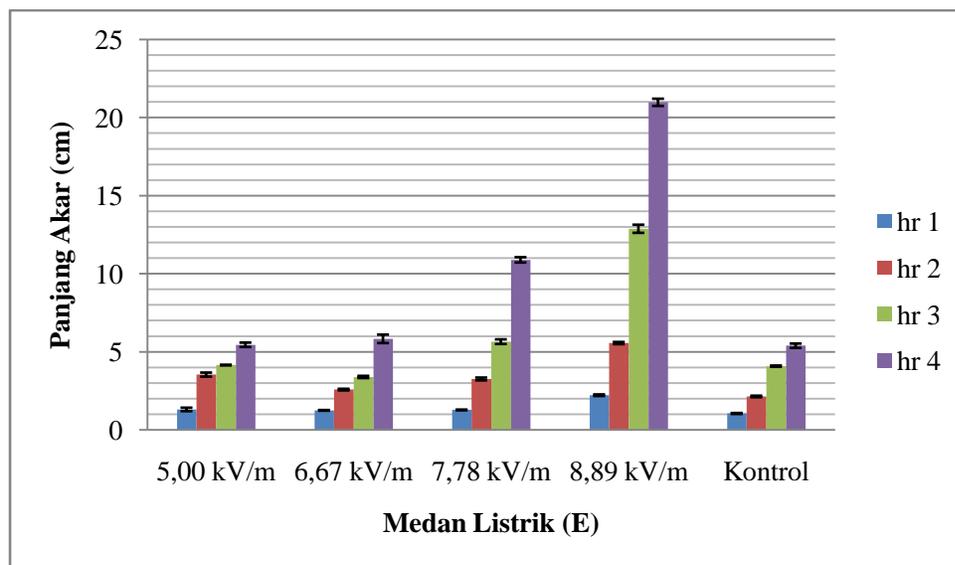
Hasil pengukuran pertumbuhan panjang akar pada setiap harinya pada masing-masing perlakuan medan listrik dan kontrol disajikan dalam tabel 4.2, sedangkan grafik hubungan antara panjang akar dan perlakuan medan listrik disajikan pada grafik gambar 4.2 halaman 31.

Pada tabel 4.2, terlihat bahwa hasil pengukuran panjang akar tanaman semangka menunjukkan hasil pertumbuhan yang berbeda untuk setiap perlakuan medan listrik DC dan berbeda pada setiap harinya. Pada hari ke empat terlihat bahwa benih yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan yang ditumbuhkan di luar medan listrik DC (kontrol).

Tabel 4.2 Nilai rata-rata pengukuran panjang akar tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5

Perlakuan Medan Listrik (kV/m)	Panjang Akar (cm)			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
E= 5,00 kV/m	1,31 ± 0,11	3,54 ± 0,13	4,15 ± 0,02	5,45 ± 0,14
E= 6,67 kV/m	1,25 ± 0,02	2,58 ± 0,05	3,39 ± 0,07	5,83 ± 0,27
E= 7,78 kV/m	1,28 ± 0,02	3,26 ± 0,09	5,65 ± 0,15	10,89 ± 0,17
E= 8,89 kV/m	2,22 ± 0,03	5,56 ± 0,07	12,88 ± 0,26	20,98 ± 0,23
kontrol	1,05 ± 0,03	2,14 ± 0,05	4,08 ± 0,04	5,39 ± 0,14

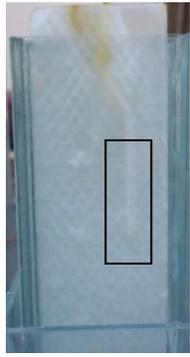
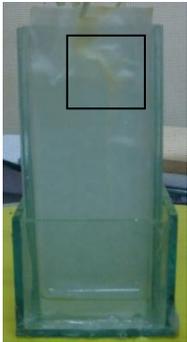
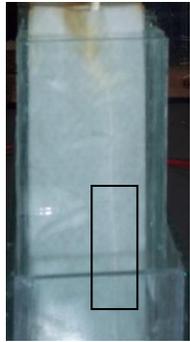
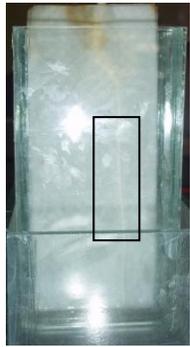
Pada grafik gambar 4.2 hubungan panjang akar dan perlakuan medan listrik DC, terlihat bahwa terjadi peningkatan panjang akar setiap harinya. Terlihat dalam perlakuan medan 8,89 kV/m menunjukkan kenaikan dalam pengukuran panjang akar setinggi dengan *range* 2,22 cm ± 0,03 cm ke 20,98 cm ± 0,23 cm dari ke-1 sampai hari ke-4.



Gambar 4.2 Grafik panjang akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3, dan 4) dan panjang akar semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC (kontrol); dengan *standard error* bar masing-masing *replica* n=5

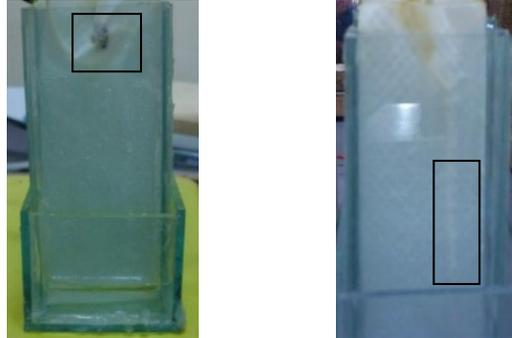
#### 4.1.2.2 Hasil Pengamatan Arah Gerak Akar Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)

Hasil pengamatan arah gerak akar pada setiap perlakuan dilakukan pada hari ketiga dan keempat pada saat munculnya kariopsis akar. Pada setiap perlakuan pengamatan arah gerak akar dapat diamati melalui sampel foto yang kemudian dibandingkan dengan sampel foto dengan kontrol yang menuju kutub positif, kutub negatif, dan kebawah. Hasil foto dapat dilihat pada gambar 4.3 pada halaman 33.

No	Perlakuan Medan Listrik (kV/m)	Medan Listrik DC	Kontrol
1	E= 5,00 kV/m		
2	E= 6,67 kV/m		
3	E= 7,78 kV/m		

---

4 E= 8,89 kV/m



---

Gambar 4.3 Foto arah pertumbuhan akar tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) pada hari keempat

Pada gambar 4.3 arah pertumbuhan akar pada perlakuan medan listrik sebesar 5,00 kV/m – 8,89 kV/m tampak arah pertumbuhan menuju arah positif sedangkan kontrol menuju arah kebawah.

#### **4.1.2.3 Hasil Analisis Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)**

Hasil pengukuran berat basah pada beberapa perlakuan medan listrik disajikan pada Tabel 4.3 dan grafik hubungan antara berat basah dan perlakuan medan listrik disajikan pada grafik gambar 4.4. Sementara hasil pengukuran berat kering akibat perlakuan medan listrik disajikan pada tabel 4.4 dan untuk hasil hubungan antara berat kering dan perlakuan medan disajikan pada grafik gambar 4.4.

Tabel 4.3 Nilai rata-rata pengukuran berat basah tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5

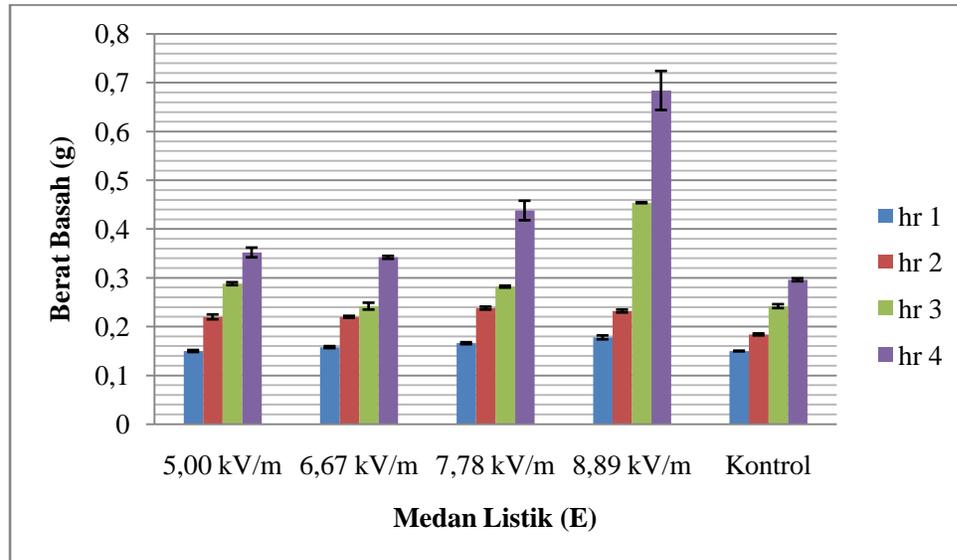
Perlakuan Medan Listrik (kV/m)	Berat Basah (g)			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
E= 5,00 kV/m	0,15 ± 0,002	0,22 ± 0,005	0,28 ± 0,003	0,35 ± 0,01
E= 6,67 kV/m	0,16 ± 0,002	0,22 ± 0,002	0,24 ± 0,007	0,34 ± 0,003
E= 7,78 kV/m	0,17 ± 0,002	0,24 ± 0,003	0,28 ± 0,002	0,44 ± 0,02
E= 8,89 kV/m	0,18 ± 0,004	0,23 ± 0,003	0,45 ± 0,001	0,68 ± 0,04
kontrol	0,15 ± 0,00	0,18 ± 0,002	0,24 ± 0,004	0,29 ± 0,003

Tabel 4.4 Nilai rata-rata pengukuran berat kering tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5

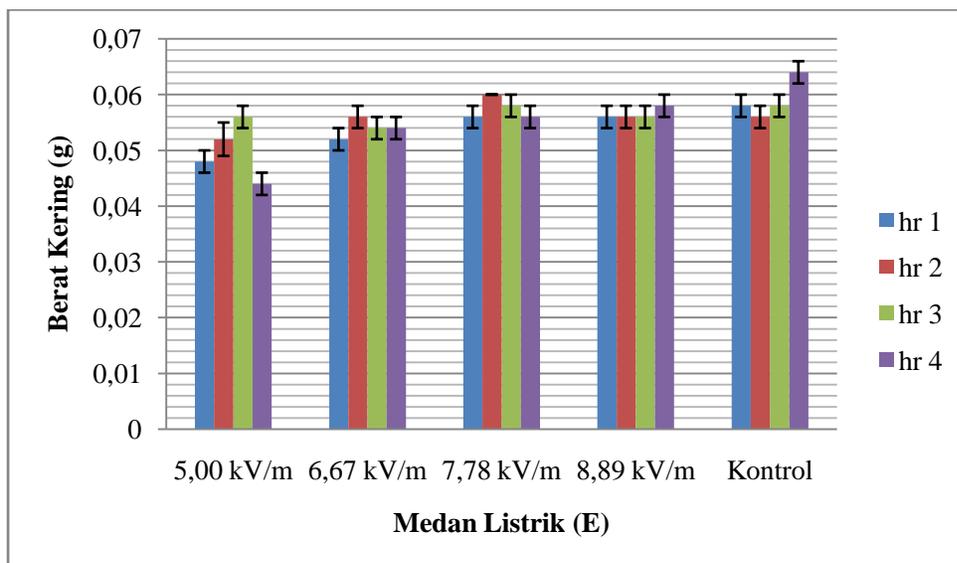
Perlakuan Medan Listrik (kV/m)	Berat Kering (g)			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
E= 5,00 kV/m	0,048 ± 0,002	0,052 ± 0,003	0,056 ± 0,002	0,044 ± 0,002
E= 6,67 kV/m	0,052 ± 0,002	0,056 ± 0,002	0,054 ± 0,002	0,054 ± 0,002
E= 7,78 kV/m	0,056 ± 0,002	0,060 ± 0,00	0,058 ± 0,002	0,056 ± 0,002
E= 8,89 kV/m	0,056 ± 0,002	0,056 ± 0,002	0,056 ± 0,002	0,058 ± 0,002
kontrol	0,058 ± 0,002	0,056 ± 0,002	0,058 ± 0,002	0,064 ± 0,002

Terlihat pada tabel 4.3 bahwa pada perlakuan medan listrik ada kenaikan berat basah akar berubah secara drastis setiap harinya, sedangkan pada kontrol kenaikan berat basah akar tidak terlalu signifikan bedanya. Pada hasil pengukuran berat kering dilihat pada tabel 4.4, bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan diantara perlakuan.

Pada grafik gambar 4.4 terlihat bahwa pada perlakuan medan listrik sebesar 8,89 kV/m mempunyai berat basar terbesar dibandingkan perlakuan lainnya. Pada grafik gambar 4.5 pada berat kering memiliki nilai yang hampir sama pada setiap perlakuan.



Gambar 4.4 Grafik berat basah akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3, dan 4) dan berat basah akar semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC (kontrol); dengan *standard error* bar masing-masing *replica* n=5



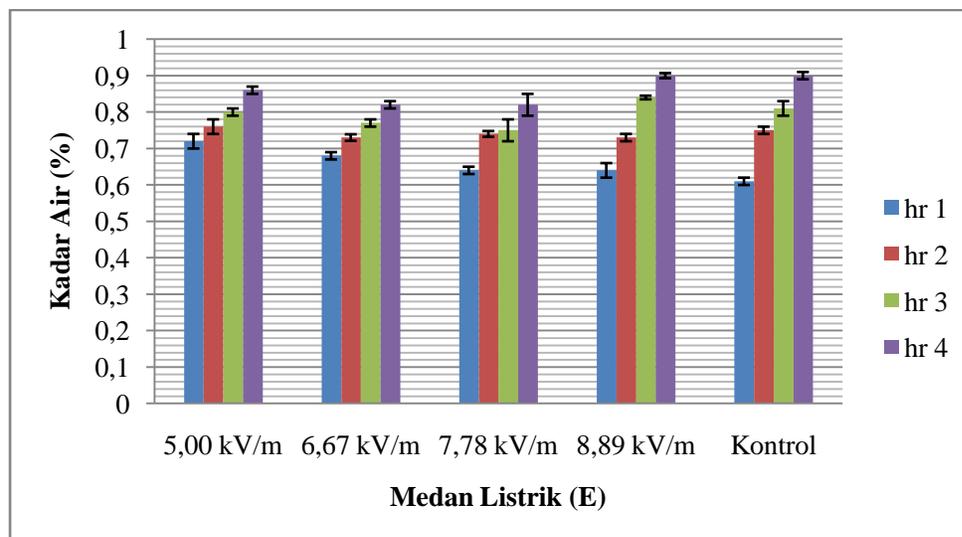
Gambar 4.5 Grafik berat kering akar tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari ke 1,2,3 dan 4) dan berat kering akar tanaman semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik DC; dengan *standard error* bar masing-masing perlakuan *replica* n=5

#### 4.1.2.4 Hasil dan Analisis Kadar Air Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)

Tabel 4.5 Hasil nilai pengukuran kadar air tanaman semangka pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol) dengan n=5

Perlakuan Medan Listrik (kV/m)	Kadar Air (%)			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
E= 5,00 kV/m	0,72 ± 0,02	0,76 ± 0,020	0,80 ± 0,010	0,86 ± 0,010
E= 6,67 kV/m	0,68 ± 0,01	0,73 ± 0,009	0,77 ± 0,010	0,82 ± 0,010
E= 7,78 kV/m	0,64 ± 0,01	0,74 ± 0,008	0,75 ± 0,030	0,82 ± 0,030
E= 8,89 kV/m	0,64 ± 0,02	0,73 ± 0,010	0,84 ± 0,005	0,90 ± 0,007
kontrol	0,61 ± 0,01	0,75 ± 0,010	0,81 ± 0,020	0,90 ± 0,010

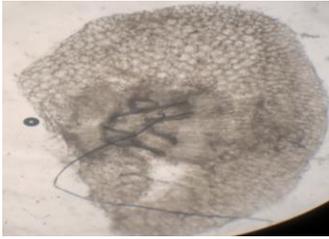
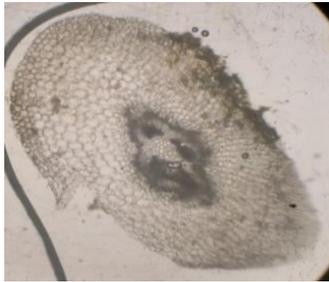
Nilai rata-rata kadar air tanaman semangka antara perlakuan dengan kontrol memberikan nilai yang berbeda. Pada tabel 4.5 terlihat bahwa kadar air dipengaruhi oleh berat basah dan berat kering tanaman semangka. Pada perlakuan medan 5,00 kV/m berada pada *range* 0,72 % - 0,82 %, sedangkan untuk kontrol 0,61 % - 0,90 %. Kenaikan kadar air tiap harinya untuk tiap-tiap perlakuan pada grafik gambar 4.6 terlihat bahwa perlakuan medan listrik terbesar mempunyai nilai kadar air tertinggi.



Gambar 4.6 Grafik kadar air pada tanaman semangka yang ditumbuhkan di dalam medan listrik DC 5,00 kV/m – 8,89 kV/m (pada hari 1,2,3 dan 4) dan kadar air pada tanaman semangka yang ditumbuhkan tanpa medan listrik (kontrol); dengan *standard error* bar masing-masing perlakuan *replica*=5

#### 4.1.2.5 Hasil Pengamatan Sel Akar Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*)

Hasil pengamatan sel akar dilakukan dengan mengambil sampel pada setiap perlakuan. Pengamatan sel ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan sel akar yang diletakkan di dalam medan listrik dan di luar medan listrik. Hasil gambar pengamatan sel akar dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini.

No	Perlakuan Medan Listrik (E)	Pengamatan Sel	
1	E= 5,00 kV/m		
2	E= 6,67 kV/m		
3	E= 7,78 kV/m		
4	E= 8,89 kV/m		

5 E= Kontrol



Gambar 4.7 Pengamatan sel akar tanaman semangka (*Citrullus lanatus*) pada perlakuan kuat medan listrik DC (5,00 kV/m, 6,67 kV/m, 7,78 kV/m, 8,89 kV/m dan kontrol)

Pada gambar 4.7 pengamatan sel akar tanaman semangka tampak pada kuat medan sebesar 8,89 kV/m, sel akar tampak mengalami perbedaan, sedangkan pada perlakuan 5,00 kV/m, 6,67 kV/m, dan 7,78 kV/m sel akar sama seperti kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar medan listrik DC menyebabkan adanya perubahan pada susunan sel akar.

#### 4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil didapatkan bahwa medan listrik DC berpengaruh terhadap waktu pecahnya dormansi pada tanaman semangka, dengan waktu rata-rata dormansi yang berbeda-beda untuk setiap perlakuan medan listrik DC. Aplikasi medan listrik dapat memperpendek waktu pecahnya dormansi dari benih semangka yang ditumbuhkan dalam medan listrik. Pada grafik gambar 4.1 terlihat bahwa perlakuan medan listrik sebesar 8,89 kV/m mempunyai dormansi tercepat atau terpendek, sedangkan perlakuan medan listrik sebesar 5,00 kV/m dan perlakuan medan listrik sebesar 6,67 kV/m terlihat mempunyai waktu yang tidak terlalu jauh berbeda. Hal ini bahwa semakin besar pemberian medan listrik dapat mempengaruhi waktu pecahnya dormansi. Dormansi dapat terjadi pada kulit biji maupun pada embrio. Biji yang telah masak dan siap untuk berkecambah membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya (Wibawa, 2010).

Diantara keempat perlakuan tersebut yang paling cocok untuk pertumbuhan tanaman semangka yaitu pada medan listrik sebesar 8,89 kV/m karena masa pertumbuhannya lebih cepat jika dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Hal ini bahwa ruang dalam media pertumbuhan dalam daerah medan listrik DC sebesar 8,89 kV/m, merupakan kondisi klimatik yang sesuai sehingga benih semangka dapat mematahkan dormansi untuk memulai proses perkecambahan. Namun, menurut data yang dikeluarkan oleh WHO (1984), medan listrik memiliki ambang batas yang besarnya disesuaikan dengan perubahan pada atmosfer. Dimana pada cuaca normal ambang batas medan listrik sebesar 0,10 kV/m – 1,50 kV/m (Baafi, 2004), sehingga medan listrik yang diberikan pada tanaman semangka sangat besar dan cukup berbahaya bagi kesehatan manusia.

Secara umum dari gambar 4.2 dapat dilihat adanya perbedaan pertumbuhan panjang akar tanaman semangka antara kontrol dan perlakuan. Perbedaan yang signifikan dapat diamati pada perlakuan kuat medan listrik sebesar 6,67 kV/m dan 8,89 kV/m. Pada saat perlakuan medan 8,89 kV/m panjang akar pada perlakuan lebih panjang dari kontrol dengan selisih perbedaan panjang akar yang cukup besar dibandingkan panjang akar pada saat diberi medan 6,67 kV/m. Hal ini disebabkan oleh peningkatan pembelahan sel pada daerah-daerah perpanjangan sel akar, ketika semakin tinggi medan listriknya maka akan semakin panjang akar tanaman semangka.

Perbedaan panjang akar tanaman semangka pada perlakuan 6,67 kV/m dan 8,89 kV/m tampak terlihat pada hari ketiga, sedangkan pada perlakuan medan 7,78 kV/m dan 8,89 kV/m terdapat perbedaan lebih besar dibanding kontrol dapat diamati pada hari keempat. Kondisi ini memperlihatkan bahwa laju tumbuh suatu tanaman berubah-ubah sesuai dengan umur dan faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman (Tjitrosomo, 1990) dan penelitian ini mendukung pernyataan Stenz dan Weinseel (1993) bahwa semakin tinggi sebuah medan listrik DC maka sifat merusak sel tanaman akan semakin cenderung meningkat akan tetapi yang tampak adalah seakan membantu perkembangan sel tanaman untuk melakukan sebuah pembelahan

sel pada daerah perpanjangan sel. Hal ini juga disebabkan karena hormon *auxin* tidak mampu menghambat pergeseran pada pertumbuhan yang di pengaruhi medan listrik dan gravitasi, sehingga sel-sel *collumella* dapat tumbuh dengan baik pada daerah perpanjangan akar (Bjorkman dan Leopold, 1987).

Pada gambar 4.3 arah pertumbuhan akar pada perlakuan medan listrik sebesar 5,00 kV/m - 8,89 kV/m arah pertumbuhan akar menuju kutub positif. Jika dibandingkan kontrol arah pertumbuhan akarnya menuju ke bawah atau menuju pusat bumi (*gravitropisme*) (Salisbury dan Ross, 1995). Hal tersebut disebabkan oleh pembengkokan pada akar tumbuhan ke lingkungan yang lebih basah atau mengandung lebih banyak air (*hidrotropisme*) (Tjitrosomo, 1990). Menurut Stenz dan Weisenseel (1993), medan listrik mempunyai pengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman yang berefek pada perubahan pola transport ion aktif dan pasif. Perubahan yang diakibatkan oleh adanya medan listrik sehingga menimbulkan kerusakan pada sel akar dengan pembelokan ke salah satu kutub.

Secara umum hasil yang dapat dilihat pada gambar 4.4 terdapat adanya sebuah perbedaan pertumbuhan berat basah tanaman semangka antara perlakuan dan kontrol, dengan perbedaan yang signifikan dapat diamati pada perlakuan kuat medan listrik sebesar 5,00 kV/m – 8,89 kV/m. Untuk pengukuran berat basah pada perlakuan medan listrik sebesar 6,67 kV/m pada hari ketiga menunjukkan hasil yang sama dengan kontrol. Sementara pada perlakuan medan listrik sebesar 5,00 kV/m, 7,78 kV/m, dan 8,89 kV/m untuk hari ketiga dan keempat memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Menurut Darmawandan Baharsyah (1982) mengemukakan bahwa pertumbuhan itu sendiri didefinisikan sebagai bertambah besarnya tanaman (berat basah) yang diikuti oleh peningkatan berat kering.

Untuk berat kering dari gambar 4.5 dapat dilihat pada hari ketiga dan keempat tidak ada perbedaan yang signifikan, dikarenakan berat kering dipengaruhi oleh kandungan air pada sel-sel tanaman yang kadarnya dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara, sehingga berat kering tanaman lebih menunjukkan status pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

Adanya perbedaan antara berat basah dan berat kering pada kontrol dan perlakuan yang menunjukkan efek medan listrik terhadap pertumbuhan tanaman semangka, dimana semakin besar medan listrik DC dengan jarak tertentu maka akan semakin baik pertumbuhannya. Hal ini diakibatkan oleh daya rangsang medan listrik DC untuk memacu proses pertumbuhan tanaman dengan memecah atau mempercepat pertumbuhan sel tanaman pada daerah perpanjangan akar tanaman semangka, sehingga tanaman yang di tumbuhkan pada medan listrik DC lebih produktif. Selain itu perubahan kelistrikan dalam akar yang perwujudannya disebabkan oleh gravistimulasi yang menyebabkan ion-ion positif pada akar dapat bergerak bebas (Wolverton *et al.*, 2000).

Selain pengukuran berat basah dan berat kering pada pertumbuhan tanaman dapat juga diketahui pengukuran kadar air tanaman. Perbedaan kadar air tanaman semangka dapat dilihat pada gambar 4.6 pada hari ketiga dan keempat tampak terlihat pada perlakuan medan listrik sebesar 8,89 kV/m lebih besar kadar airnya dibandingkan pada kontrol. Dari data menunjukkan semakin tinggi medan listriknya maka akan semakin tinggi kadar air pada tanaman semangka.

Pengamatan sel akar tanaman semangka dapat dilihat pada gambar 4.7, hasil menunjukkan pengamatan sel antara perlakuan dan kontrol perbedaannya sangat kecil. Pada medan listrik sebesar 8,89 kV/m sel tampak tidak beraturan pada bagian tudung akar dan sel mengalami perbesaran dan penyempitan susunan sel. Sedangkan untuk perlakuan 5,00 kV/m, 6,67 kV/m, dan 7,78 kV/m sel tampak sama seperti kontrol, susunan selnya tersusun rapi.

Efek medan listrik DC terhadap dormansi dan pertumbuhan germinasi tanaman semangka (panjang akar, berat basah, berat kering dan kadar air) menunjukkan bahwa medan listrik DC memperkecil masa dormansi dan meningkatkan pertumbuhan germinasi tanaman semangka.

## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah didapatkan bahwa kesimpulan dari efek medan listrik DC terhadap germinasi benih semangka (*Citrullus lanatus*) adalah:

1. Efek medan listrik DC memberikan efek percepatan waktu terhadap pematangan dormansi benih semangka dengan waktu pecah dormansi semakin pendek dengan pemberian kuat medan semakin besar dibandingkan kontrol.
2. Pertumbuhan gerak akar dengan medan listrik sebesar 5 kV/m - 8,89 kV/m arah pertumbuhan akar menuju kutub positif. Jika dibandingkan kontrol arah pertumbuhan akarnya menuju ke bawah atau menuju pusat bumi. Untuk pengamatan panjang akar tanaman semangka pada kuat medan listrik sebesar 5 kV/m - 8,89 kV/m, pertumbuhan panjang akar tanaman semangka mengalami peningkatan panjang akar dibandingkan dengan pengamatan panjang akar pada kontrol. Medan listrik DC juga mempengaruhi berat basah, berat kering dan kadar air pada medan 5 kV/m - 8,89 kV/m menunjukkan semakin bertambah besar berat basah tanaman maka berat kering akan semakin meningkat. Pada medan listrik sebesar 8,89 kV/m sel mengalami perbedaan susunan sel tampak kurang teratur. Sedangkan untuk perlakuan 5 kV/m - 7,78 kV/m sel tampak sama seperti kontrol, susunan selnya tersusun rapi dan mempunyai bentuk yang teratur antar sel

## **5.2 Saran**

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dan lebih mendekati dengan kondisi sebenarnya sebaiknya menggunakan medan listrik AC. Sebaiknya gunakan listrik yang tidak melebihi ambang batas aman, karena pemberian medan listrik yang sangat besar dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan kesehatan pada manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M., dan Finn, E.J. 1994. *Dasar-dasar Fisika Universitas edisi kedua*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Anies. 2006. *SUTET, Potensi Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik SUTET*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Ansori, M.A. 2008. *Efek Medan Listrik DC terhadap Pertumbuhan Akar Tanaman Jagung (Zea Mays L.)*. Skripsi. Universitas Jember
- Anonimous. 2008. *Transpor Melalui Membran Sel*. <http://www.crayonpedia.org>. [2 Juli 2012]
- Baafi, U.S. 2004. *Sistem Tenaga Listrik : Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Masyarakat*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/elektro-usman.pdf>. [24 Februari 2012]
- Bjorkman T, Leopold C.A. 1987. Effect of Inhibitors of Auxin Transport and of Calmodulin on a Gravisensing-Dependent Current in Maize Roots. *Plant Physiol.* **84**: 847-850.
- Budarsa, I.G.K.S., Adnyana, I.W.S., dan Mahardika, I.G. 2009. Studi Paparan Medan Magnet Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) Pada Pertumbuhan Sayuran Caisim (*Brassica juncea L.*). *Electrophic.* **4**(2): 118-124
- Budidaya Pertanian, Tanpa tahun. *Semangka (Citrullus vulgaris)*. [www.warintek.ristek.go.id/pertanian/semangka.pdf](http://www.warintek.ristek.go.id/pertanian/semangka.pdf). [8 Februari 2012]
- Darmawan J, Baharsyah Y. 1982. *Fisiologi Tanaman Perkebunan*. Bogor : IPB Bogor.
- Gardner F.P., Pearce R.B., dan Mitchell R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ishikawa, Evans. 1995. Specialized Zones of Development in Roots. *Plant Physiol.* **109**: 725-727.

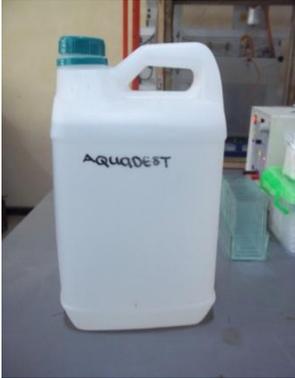
- ISTA. 2006. *International Rules for Seed Testing: Edition 2006*. The International Seed Testing Association. Bassersdorf. CH-. Switzerland.
- Iwabuchi, A., Yano, M., dan Shimizu, H. 1989. Development of Extracellular Electric Pattern Around *Lepidium* Roots: Its Possible Role in Root Growth and Gravitropism. *Protoplasma*. **148**(2-3): 94-100
- Jamshidi, A.R., Mahmoodzadeh, M., Tayari, E., dan Hesammi, E. 2011. Increasing Seed Germination Efficiency by Using Electromagnetic Filter. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. **5**(12): 2532-2535.
- Kiatgamjorn, P., Khan-ngern, W., dan Nitta, S. 2002. *The Effect of Electric Field on Bean Sprout Growing*. ICEMC Bangkok. Institute of Technology Ladkrabang Bangkok. Thailand. [www.unite.lima-city.de/](http://www.unite.lima-city.de/).pdf. [6 Februari 2012]
- Kimball, J. V. 1983. *Biologi*. Institut Pertanian Bogor: Erlangga.
- Lakitan, B. 1996. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Menteri Pertambangan dan Energi. 1992. *Ruang Bebas Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) Untuk Penyaluran Tenaga Listrik*. [www.djpe.esdm.go.id/pdf](http://www.djpe.esdm.go.id/pdf). [13 Mei 2012]
- Purnobasuki, H. 2011. *Struktur dan Fungsi Sel*. <http://skp.unair.ac.id/>.pdf. [3 Mei 2012].
- Sahupala, A. 2007. *Teknologi Benih*. Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Maluku Utara. [indonesiaforest.webs.com/benih\\_an.pdf](http://indonesiaforest.webs.com/benih_an.pdf). [23 April 2012]
- Salisbury, J.W., Ross. 1995a. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Bandung: ITB.
- Salisbury, J.W., Ross. 1995b. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Bandung: ITB
- Sari, R.P . 2011. *Perkecambahan*. <http://blog.uad.ac.id/html>. [16 Maret 2012].

- Science. 2010. *Materi IV Pertumbuhan, Perkembangan & Perkembangbiakan Mahluk Hidup*. <http://undiksha.ac.id/e-learning/staff/dsnmateri/4/1-122.pdf>. [13 Mei 2012]
- Setiarini, D. 2010. *Pengaruh Jenis Media Perkecambahan dan Perlakuan Pra Perkecambahan Terhadap Viabilitas Benih Semangka Tanpa Biji (Citrullus vulgaris Schard) Kultivar Long Dragon dan New Lucky*. Skripsi. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Siregar, M. 2011. *Botani Tanaman*. Universitas Sumatera Utara. [pository.usu.ac.id/bitstream/.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/.pdf). [23 april 2012]
- Sitompul, S. M., dan Guritno, B. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sobir, Siregar, F. D. 2010. *Budi Daya Semangka*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Stenz , Weisenseel. 1993. Electrotropism of Maize (*Zea mays* L.) Roots Facts and Artifacts. *Plant Physiol.* **101**: 1107-1111.
- Sumarsono. 2008. *Analisis Kuantitatif Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Soy beans)*. Jurusan Nutrisi dan makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. <http://eprints.undip.ac.id/.doc>. [13 Mei 2012]
- Supiyanto. 2002. *Fisika SMA*. Jakarta: Erlangga.
- Sutrisno, 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Edisi 2. Bandung: ITB
- Suyitno. 2006. *Penyerapan Zat dan Transportasi pada Tumbuhan*. <http://staff.uny.ac.id/pengayaan-materi-penyserapan-pada-tumbuhan-bagi-siswa-sma-5.pdf>. [12 Mei 2012]
- Swamardika, I. B. A. 2009. Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Manusia. *Teknologi Elektro.* **8**(1): 106:109.
- Tjitrosomo, S. 1990. *Botani Umum 2*. Bandung: Angkasa Bandung.

- Tjitrosoepomo, G. 1997. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada Unervity Press.
- Wardhana, W. A., Supriyono., dan Harsono, D. 1997. *Masalah Radiasi Tegangan Tinggi Edisi ke Delapan*. <http://www.elektroindonesia.com/.html>. [17 Maret 2012]
- Wangness, R. K. 1986. *Electromagnetic Field*. 2nd. Singapore: Singapore.
- Wawrecki, W., Zagorska-Marek, B. 2007. Influence of a Weak DC Electric on Root Meristem Architecture. *Annals of Botany*. **100**: 791-796.
- Widianti, N. N. 2010. *Efek Medan Listrik DC Terhadap Germinasi Benih Padi (Oryza sativa L.)*. Skripsi. Universitas Jember.
- Wibawa, B. 2010. *Dormansi dan Perkecambahan Biji*. <http://bhimashraf.blogspot.com/2010/12/dormansi-dan-perkecambahan-biji.html>. [17 Maret 2012]
- Wolverton, C., Mullen, J.L., Ishikawa, H., dan Evans, M. L. 2000. Two Distinct Region of Response Drive Differential Growth in Vigna Root Electrotropism. *Plant, Cell and Environment*. Volume **23**: 1275-1280.

## LAMPIRAN

### A. Gambar Alat dan Bahan

Gambar Alat dan Bahan	Gambar Alat dan Bahan
	
Bahan Larutan Hoagland	Larutan Hoagland
	
Biji Semangka	Aquades (air murni)
	
Sodium Hypochloride	<i>Beaker Glass</i>

	
<p>Timbangan Digital</p>	<p>Chamber</p>
	
<p>Stirrer</p>	<p>Inkubator</p>
	
<p>Power Supply</p>	<p>2 Plat Aluminium</p>

## B. Gambar Tanaman Semangka

	
Semangka berumur 1 hari	Semangka berumur 1 hari
	
Semangka berumur 2 hari	Semangka berumur 2 hari
	
Semangka berumur 3 hari	Semangka berumur 3 hari
	
Semangka berumur 4 hari	Semangka berumur 4 hari