



**EFEK NaCl TERHADAP BEDA POTENSIAL LISTRIK PERMUKAAN  
DAUN TANAMAN : PENENTUAN KADAR NaCl MAKSIMAL  
PADA TANAMAN PADI**

**SKRIPSI**

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

Oleh  
**Asih Endra Ningrum**  
**NIM 051810201028**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2010**

## PERSEMBAHAN

Sebuah karya kecil ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Gamaliel Gaiben Endro Budi Utomo dan Pirenaningsih yang telah setia mendoakan dan tiada letih mengasihi, mencintai, memberi motivasi, nasehat, semangat serta dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Alm. Gideon Bagus Mahendra, terima kasih telah menghias hari-hari dengan cinta, kasih, senyum, tawa, canda dan manjamu yang selalu dikenang.
3. Riyanto M. Hutabarat, terima kasih atas cinta kasih, doa, kesabaran, dukungan dan semangat yang diberikan.
4. Keluarga besar KPPM GKJW Jemaat Jember, terima kasih atas dukungan doa dan semangat yang telah diberikan.
5. Dosen dan guru, terima kasih telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
6. Almamater yang kubanggakan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

**MOTTO**

Bersukacitalah dalam pengharapan, bersabarlah dalam kesesakan  
dan bertekunlah dalam doa  
(Roma 12 : 12)

Karena Tuhanlah yang memberikan hikmat, dari mulut-Nya  
datang pengetahuan dan kepandaian  
(Amsal 2 : 6)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asih Endra Ningrum

NIM : 051810201028

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: *Efek NaCl Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman : Penentuan Kadar NaCl Maksimal pada Tanaman Padi* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Penulis bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 29 Juni 2010  
Yang menyatakan

(Asih Endra Ningrum)  
Nim. 051810201028

**SKRIPSI**

**EFEK NaCl TERHADAP BEDA POTENSIAL LISTRIK  
PERMUKAAN DAUN TANAMAN : PENENTUAN KADAR  
NaCl MAKSIMAL PADA TANAMAN PADI**

Oleh

Asih Endra Ningrum

NIM 051810201028

Dosen Pembimbing Utama : Yudha Cahyoargo Hariadi, MSc, PhD

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Efek NaCl Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman : Penentuan Kadar NaCl Maksimal pada Tanaman Padi* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Yudha Cahyoargo Hariadi, MSc, PhD  
NIP. 196203111987021001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati  
NIP. 196109041986021001

Anggota 1,

Anggota 2,

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 196102041987111001

Agus Suprianto, S. Si, M.T.  
NIP. 197003221997021001

Mengesahkan  
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.  
NIP.196101081986021001

## RINGKASAN

**Efek NaCl terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman: Penentuan Kadar NaCl Maksimal pada Tanaman Padi;** Asih Endra Ningrum, 051810201028; 2010: 71 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perubahan iklim yang disebabkan oleh kenaikan gas-gas rumah kaca telah mengakibatkan fluktuasi curah hujan yang tinggi dan kenaikan permukaan air laut. Kenaikan permukaan air laut yang diikuti dengan kenaikan salinitas atau kadar garam tinggi umumnya didominasi oleh senyawa garam natrium klorida (NaCl). Kondisi ini dapat menyebabkan tanah di sekitar pantai menjadi salin, sehingga hanya tanaman tertentu yang dapat tumbuh normal, serta mengganggu tanaman pertanian di sekitar pantai khususnya padi. Karenanya penelitian penentuan efek kadar NaCl maksimal pada tanaman padi sangat diperlukan. Hal ini didasarkan pada kenyataan, bahwa respon tanaman terhadap kondisi stres garam sangat bervariasi. Diketahui juga bahwa salinitas tinggi berhubungan dengan keracunan Al dan Fe, yang bersama-sama dengan unsur N dan Mg merupakan pembentuk klorofil yang menjadi bagian utama dalam fotosintesis. Gejala salah satu kekurangan unsur tersebut, yaitu klorosis berdampak pada perubahan visual daun. Melalui teknik biofisika, gejala salah satu unsur telah dapat diamati secara lebih dini melalui gejala kelistrikan daun, yaitu dengan karakteristik fotosintesis dan perubahan induksi cahaya menjadi potensial listrik permukaan daun.

Penelitian efek NaCl terhadap beda potensial listrik permukaan daun tanaman bertujuan untuk dapat mengetahui kadar NaCl maksimal pada tanaman padi, serta ambang stres NaCl pada tanaman padi. Penelitian telah dilakukan pada varietas Towuti dan Ciherang dari bibit yang berumur 21 hari yang masing-masing ditumbuhkan pada media tanah subur dan tanah gembur di *glasshouse* Biofisika FMIPA, dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Pengukuran beda potensial listrik permukaan daun dilakukan di laboratorium Biofisika sebanyak 5 kali dari

masing-masing perlakuan penyiraman dengan konsentrasi NaCl 0 mM (kontrol), 100 mM, 200 mM dan 300 mM. Sebagai data pendukung dilakukan pengukuran luas permukaan daun rata-rata. Data dianalisis, dan hasil dibandingkan dengan tanaman kontrol melalui uji statistik *oneway* ANOVA dengan program SPSS, sedangkan perubahan visual daun diamati setiap minggunya, dan ketahanan pertumbuhan diamati hingga minggu kedelapan sampai munculnya bulir padi.

Didapatkan bahwa konsentrasi NaCl yang berbeda, memberikan nilai beda potensial yang berbeda pula. Makin tinggi konsentrasi NaCl maka makin rendah beda potensial yang dihasilkan. Didapatkan juga bahwa konsentrasi NaCl 100 mM, merupakan kadar NaCl optimal, dimana tanaman masih dapat beradaptasi dengan baik, sedangkan konsentrasi NaCl 300 mM merupakan kondisi stress pada kedua varietas Towuti maupun Ciherang baik untuk media tanah subur maupun tanah gandum. Meskipun hasil pengamatan visual daun pada konsentrasi NaCl 200 mM, gejala gangguan tanaman baru teramati pada minggu kedua dan ketiga, tetapi hasil pengamatan pada pengukuran beda potensial, jelas telah terlihat konsentrasi tersebut merupakan ambang stres bagi tanaman. Dikaitkan dengan hasil data pendukung pengukuran luas daun, menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi NaCl memberikan penurunan rata-rata luas daun yang makin tinggi. Hal ini dikarenakan karena stres garam telah menyebabkan terganggunya penyerapan air dan unsur hara. Penyerapan unsur hara menyebabkan terganggunya fotosintesis dan menghambat pertumbuhan tanaman baik pada luas daun dan kumpulan daun.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Efek NaCl Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman : Penentuan Kadar NaCl Maksimal pada Tanaman Padi*” ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs.Yudha Cahyoargo Hariadi, MSc, PhD. dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, terima kasih atas bimbingan, arahan, saran, nasehat, serta fasilitas peralatan pendukung penelitian yang telah diberikan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
2. Drs. Sujito, Ph.D. dan Agus Suprianto, S.Si, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik, dan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Lutfi Rohman, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa.
4. Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA Universitas Jember serta jajarannya yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.
5. Teman-teman *group* Biofisika Umil, Indri, Rusli, Neni, Ruli, dan teman-teman angkatan 2005, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu terima kasih atas bantuan dan kebersamaannya selama ini

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga karya tulis ini bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<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 TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Batasan masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Efek NaCl pada Tanaman</b> .....	6
2.2.1 Stres Garam .....	7
2.2.2 Efek NaCl Terhadap Pertumbuhan Tanaman .....	8
<b>2.2 Transport Ion</b> .....	11
<b>2.3 Fotosintesis Dan Faktor Yang Mempengaruhinya</b> .....	12
2.3.1 Fotosintesis .....	12
2.3.2 Anatomi Daun dan Pengaruhnya Terhadap Fotosintesis .....	14
<b>2.4 Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman</b> .....	15

<b>2.5 Padi dan Penanamannya di Indonesia.....</b>	<b>17</b>
2.5.1 Padi .....	18
2.5.2 Penanaman Padi di Indonesia.....	19
2.5.3 Efek Kadar Garam pada Pertumbuhan Padi .....	20
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	
<b>3.1 Tempat dan Waktu .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Tahap Penelitian .....</b>	<b>22</b>
3.3.1 Tahap Penanaman .....	23
3.3.2 Persiapan Penelitian .....	24
3.3.3 Pengukuran.....	27
3.3.4 Pengolahan Data.....	28
3.3.5 Melaporkan Hasil Pengolahan Data.....	29
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>4.1 Hasil dan Analisa Data Penelitian .....</b>	<b>30</b>
4.1.1 Hasil Pengukuran dan Analisa Data Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Padi ( <i>Oryza sativa</i> ).....	38
4.1.2 Hasil Pengukuran dan Analisa Data Luas Permukaan Daun Padi ( <i>Oryza Sativa</i> ) .....	42
4.1.3 Hasil Pengamatan Efek Pemberian Variasi Konsentrasi NaCl terhadap Visual Pertumbuhan Padi .....	46
<b>4.2 Pembahasan.....</b>	<b>53</b>
<b>BAB 5. PENUTUP</b>	
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>66</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR ISTILAH</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
4.1a Data nilai rata-rata beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah subur .....	30
4.2a Data nilai rata-rata beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah gumuk.....	30
4.1b Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Towuti tanah subur .....	32
4.2b Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Towuti tanah gumuk .....	33
4.3a Data nilai rata-rata beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah subur.....	34
4.4a Data nilai rata-rata beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah gumuk.....	34
4.3b Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Ciherang tanah subur .....	36
4.4b Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Ciherang tanah gumuk ..	37
4.5a Data nilai rata-rata luas permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah subur.....	38
4.6a Data nilai rata-rata luas permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah gumuk.....	38

4.5b	Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk luas daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Towuti tanah subur .....	40
4.6b	Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk luas daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Towuti tanah gumuk.....	41
4.7a	Data nilai rata-rata luas permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah subur.....	42
4.8a	Data nilai rata-rata luas permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah gumuk.....	42
4.7b	Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk luas daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Ciherang tanah subur .....	44
4.8b	Hasil F-Hitung uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap minggu untuk luas daun pada tanaman padi ( <i>Oriza sativa</i> ) varietas Ciherang tanah gumuk.....	45

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Anatomi Daun .....	15
2.2 Penyusunan untuk mengukur perbedaan tenaga listrik di antara bagian dalam dari sebuah sel tanaman dan bagian luarnya .....	16
2.3 Padi ( <i>Oriza sativa</i> ) .....	18
3.1 Diagram alir penelitian .....	23
3.2 Kontruksi Mikroelektroda dan Elektroda Wick .....	26
3.3 Alat Pengukuran Beda Potensial Listrik Tanaman .....	27
4.1 Grafik beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah subur dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	31
4.2 Grafik beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah gumuk dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	31
4.3 Grafik beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah subur dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	35
4.4 Grafik beda potensial listrik permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah gumuk dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	35
4.5 Grafik luas permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah subur dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl.....	39
4.6 Grafik luas permukaan daun tanaman padi varietas Towuti media tanah gumuk dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	39

4.7	Grafik luas permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah subur dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl .....	43
4.8	Grafik luas permukaan daun tanaman padi varietas Ciherang media tanah gumuk dengan variasi perlakuan konsentrasi NaCl	43
4.9	Foto Visual Daun Padi Varietas Towuti pada Tanah Subur .....	48
4.10	Foto Visual Daun Padi Varietas Towuti pada Tanah Gumuk .....	49
4.11	Foto Visual Daun Padi Varietas Ciherang pada Tanah Subur .....	50
4.12	Foto Visual Daun Padi Varietas Ciherang pada Tanah Gumuk ....	51
4.13	Foto Visual Daun Padi Varietas Towuti dan Ciherang pada Media Tanam Tanah Subur dan Tanah Gumuk untuk Minggu Kedelapan	52

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A Gambar bahan dan alat .....	75
B Skema Rancangan Acak .....	76
C Tabel Pemberian Variasi Konsentrasi NaCl Adaptasi .....	78
D Hasil Pengukuran Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	79
E Hasil Pengukuran Luas Permukaan Daun Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	83
F Hasil Analisis <i>Oneway</i> Anova .....	87
G Perumusan <i>Oneway</i> Anova .....	112

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim sebagai implikasi pemanasan global, yang disebabkan oleh kenaikan gas-gas rumah kaca terutama karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ), mengakibatkan dua hal utama yang terjadi di lapisan atmosfer paling bawah, yaitu fluktuasi curah hujan yang tinggi dan kenaikan permukaan air laut. Diproyeksikan bahwa pada tahun 2100 terjadi kenaikan permukaan air laut hingga 1,1 m dan hilangnya daerah pantai serta pulau-pulau kecil seluas 90.260  $\text{km}^2$  (Susandi *et al.*, 2008). Selain kenaikan permukaan laut perubahan iklim global akan berdampak terhadap pertanian yaitu penurunan produksi hasil pertanian atau bahkan tanaman dimungkinkan tidak mampu berproduksi karena kekeringan akibat kemarau panjang dan banjir akibat tingginya curah hujan (Tim Sintesis Kebijakan, 2008).

Perubahan iklim juga mempengaruhi kenaikan suhu udara, ini juga berdampak pada unsur iklim lain seperti kelembaban dan dinamika atmosfer, perubahan pola curah hujan dan makin meningkatnya intensitas terjadinya iklim ekstrim (anomali iklim) seperti *El Nino* dan *La Nina*, serta naiknya permukaan air laut akibat pencairan gunung es di kutub utara (Noegroho, 2007). Fenomena *El Nino* yang ditandai dengan naiknya suhu di Samudra Pasifik yang diperkirakan mencapai  $31^\circ\text{C}$ , telah menyebabkan peningkatan frekuensi dan luas kebakaran hutan, kegagalan panen, serta penurunan ketersediaan air. Sebaliknya Fenomena *La Nina* yang ditandai dengan menurunnya suhu permukaan Samudra Pasifik telah menyebabkan angin serta awan hujan ke Australia dan Asia bagian Selatan, menyebabkan curah hujan tinggi disertai angin dan topan serta bencana banjir (Tim Sintesis Kebijakan, 2008). Dengan letak dan kondisi geografis kepulauan Indonesia, baik fenomena *La Nina* maupun *El*

*Nino* keduanya sangat berdampak besar terhadap perubahan iklim dan cuaca di berbagai daerah.

Naiknya permukaan laut juga menyebabkan intrusi dan peningkatan salinitas pada lahan yang berada di sekitar pantai. Kenaikan salinitas yang tinggi disebabkan oleh kenaikan kadar garam yang tinggi (Rachman, 2008). Kenaikan salinitas yang tinggi pada tanah di sekitar pantai yang umumnya didominasi oleh senyawa garam Natrium klorida (NaCl) menyebabkan tanah di sekitar pantai menjadi salin sehingga hanya tanaman tertentu yang dapat tumbuh normal (Hutabarat dan Evans, 1986). Terkecuali bagi tanaman-tanaman laut dan pantai, serta varietas adaptif, salinitas yang tinggi pada tanah bersifat racun bagi tanaman, sehingga mengganggu fisiologi dan fisik tanaman (Noegroho, 2007).

Kadar garam yang tinggi dalam larutan tanah akan menyebabkan osmotik potensial larutan dalam tanah berkurang sehingga berakibat pada sulitnya penyerapan air oleh akar tanaman. Kondisi berakibat pada kekeringan dan gangguan fisiologis pada tanaman (Gunes *et al.*, 1996; Cornillon and Palloix, 1997). Melambatnya pergerakan air dari tanah ke akar karena konsentrasi garam yang tinggi akan menyebabkan tanaman akan layu dan mati apabila konsentrasi garam pada tanah lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam sel-sel akar. Hal ini akan mempengaruhi produksi tanaman karena selain tanaman harus mengatasi tekanan osmotik tinggi, pada beberapa tanaman dapat terjadi ketidak-seimbangan hara disebabkan kadar hara tertentu terlalu tinggi dan adanya bahaya keracunan natrium dan ion lainnya (FAO, 2005).

Konsentrasi natrium yang tinggi dalam tanah yang ditunjukkan oleh nilai ESP (*exchangeable sodium percentage*) >15 mengakibatkan rusaknya struktur tanah yang selanjutnya akan menghambat perkembangan akar tanaman (Ben-Hur *et al.*, 1998). Konsentrasi NaCl yang tinggi mengakibatkan keracunan ion. Kondisi ini akan mengakibatkan rusaknya ikatan kimia klorofil sehingga kadar klorofil berkurang (Levit, 1980). Konsentrasi NaCl yang tinggi juga akan menghambat sintesis klorofil

yang diakibatkan oleh terganggunya proses biokimia dan kekurangan unsur hara (Kusmiyati et al., 2009).

Peningkatan konsentrasi NaCl antara 50 mM sampai 250 mM akan menurunkan pertumbuhan tajuk dan akar tanaman *barley*, kacang tanah, bayam dan *bit* (Sopandie, 1990), tetapi tanaman juga dapat bertahan hidup terhadap salinitas dengan cara beradaptasi. Adaptasi tanaman dapat dilihat dalam dua bentuk yaitu mekanisme morfologi dan mekanisme fisiologi. Perubahan bentuk adaptasi morfologi yang dilakukan oleh tanaman antara lain ukuran daun yang lebih kecil, stomata yang lebih kecil per satuan luas daun, peningkatan sukulensi, penebalan kutikula dan lapisan lilin pada permukaan daun serta lignifikasi akar yang lebih awal (Haryadi dan Yahya, 1988).

Salinitas yang tinggi berakibat di dalam pengurangan berat kering daun dan membatasi pada pergerakan air dalam tanaman seperti yang diindikasikan oleh pengurangan penyerapan air pada tanaman dan potensial air daun. Tetapi hal ini tidak berpengaruh pada rate fotosintesis (Ismail dan Burrage, 1994). Sedangkan respon tanaman terung terhadap NaCl sama halnya seperti tanaman tomat, yaitu pada konsentrasi rendah 100 mg per liter NaCl dapat meningkatkan bobot segar daun dan batang, tetapi menurunkan bobot segar akar (Bintoro, 1981).

Sebagian besar tanaman serealia yang ada, seperti padi, jagung, kedelai, kacang tanah, serta kacang-kacangan lainnya memberikan reaksi bervariasi dari semi toleran sampai sensitif. Tanaman serealia yang toleran terhadap salinitas adalah *barley* (Maas 1984, Jumberi 2002). Tanaman serealia yang memberikan reaksi semi toleran adalah kedelai, *shorgum* dan gandum; sedangkan padi, kacang tanah, jagung, kacang tunggak memberikan reaksi semi sensitif (Maas 1984). Beberapa jenis Quinoa juga memberikan toleransi yang baik terhadap salinitas tinggi. Karenanya sangat penting untuk mencari strategi antisipasi dan teknologi adaptasi di bidang pertanian khususnya pada tanaman yang sangat mendukung pada ketahanan pangan masyarakat Indonesia.

Salinitas pada tanaman padi berhubungan dengan keracunan Al dan Fe (Noegroho, 2007). Unsur Fe bersama dengan Nitrogen (N), Magnesium (Mg) adalah merupakan bahan pembentuk klorofil yang menjadi bagian utama dari proses fotosintesis. Dimana kekurangan salah satu diantaranya akan menyebabkan klorosis pada tanaman (Dwidjoseputro, 1986). Gejala klorosis akan berdampak pada perubahan visual daun. Melalui teknik biofisika yaitu deteksi pada kelistrikan gejala pada tanaman akibat klorosis karena Mg pada *Broad bean (Vicia faba)* telah dideteksi secara lebih awal oleh Hariadi dan Shabala (2004), yaitu dengan karakteristik fotosintesis dan perubahan induksi cahaya menjadi potensial listrik permukaan daun. Penelitian juga dilakukan pada tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens var. utilis*) oleh (Khalimah, 2006) pada ukuran daun dan potensial listriknya.

Penerapan teknik biofisika pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi pada berbagai upaya dalam mengatasi dampak krisis pemanasan global pada kebutuhan varietas padi yang tahan terhadap salinitas tinggi maupun tanaman dunia lain seperti Quinoa. Seperti diketahui bahwa padi (beras) di Indonesia masih menjadi sumber karbohidrat utama (Budianto, 2002). Beberapa varietas unggul berdaya hasil tinggi dan berumur genjah (pendek) dan beberapa varietas Gogo seperti Towuti, Sintanur, Ciherang, Cimalaya, Pandan Wangi dan sebagainya dan jenis padi lokal Indonesia perlu dilestarikan dan dikembangkan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang diajukan adalah bagaimana efek NaCl terhadap beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman padi dan pada konsentrasi berapa padi tersebut mengalami stres?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui efek konsentrasi NaCl terhadap beda potensial listrik permukaan daun tanaman.

2. Mengetahui kadar NaCl maksimal pada tanaman padi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbedaan beda potensial listrik permukaan daun tanaman kontrol dengan variasi konsentrasi garam.
2. Mengetahui kadar NaCl maksimal pada tanaman padi.
3. Memberikan suatu informasi baru kepada masyarakat tentang tanaman pangan yang tahan (*resilience*) terhadap variabilitas iklim saat ini dan mendatang terutama pada lahan yang memiliki kadar garam tinggi khususnya pada tanaman padi.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Masalah penelitian ini dibatasi pada beberapa hal yaitu:

1. Kondisi penanaman, suhu, kelembaban udara untuk setiap perlakuan dianggap sama.
2. Media tanam yang digunakan adalah tanah gunung dan tanah subur.
1. Penelitian ini dilakukan pada tanaman padi dengan perlakuan terhadap media tanam yang sama, kecuali pada pemberian konsentrasi larutan garam.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Efek NaCl pada Tanaman

#### 2.1.1 Stres Garam

Stres tanaman meliputi stres karena suhu, air, radiasi, bahan kimia, angin, tekanan, bunyi dan lainnya. Begitu pula dengan stres garam yang merupakan salah satu bentuk dari stres tanaman. Stres garam termasuk stres bahan kimia yang meliputi garam, ion-ion, gas, herbisida, insektisida dan lain sebagainya (Harjadi, S. dan S. Yahya, 1988). Stres garam terjadi dengan terdapatnya salinitas atau konsentrasi garam-garam terlarut yang berlebihan dalam tanaman. Stres garam ini umumnya terjadi dalam tanaman pada tanah salin. Stres garam meningkat dengan meningkatnya konsentrasi garam hingga tingkat konsentrasi tertentu yang dapat mengakibatkan kematian tanaman (Sipayung, 2003).

Salinitas adalah kadar garam dalam air. Presentasi garam dalam 100 gram air atau kadar garam dari larutan yang dinyatakan dalam banyaknya gram garam di dalam 1000 gram larutan (Tarigan, 2005). Salinitas akan timbul apabila konsentrasi garam dalam tanah berlebihan (Campman, 1975 dalam Bintoro, 1981). Garam-garam yang menimbulkan stres tanaman antara lain ialah NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> yang terlarut dalam air (Follet *et al*, 1981).

Air laut mengandung banyak ion mengakibatkan tingginya salinitas (Pichard and Emery, 1990 dalam Yufdi dan Jumberi, tanpa tahun). Menurut Brown *et al*. (1989) ada sekitar 14 ion yang terkandung dalam air laut yaitu Chloride (Cl<sup>-</sup>), Natrium (Na<sup>+</sup>), Sulphate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Magnesium (Mg<sup>2+</sup>), Calcium (Ca), Kalium (K), Bicarbonate (HCO<sub>3</sub>), Bromide (Br<sup>-</sup>), Borate (H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Strontium (Sr<sup>2+</sup>), Fluoride (F). Distribusi hara di dalam air laut dipengaruhi oleh sirkulasi air laut, proses biologi dan mineralisasi serta regenerasi nutrisi dengan adanya migrasi hewan dan suplai dari

daratan (Postma, 1971 dalam Yufdi dan Jumberi, tanpa tahun). Rata-rata konsentrasi garam-garam terlarut di air laut berkisar 3.5%, namun konsentrasi tersebut tergantung pada lokasi dan laju evaporasi (Brown *et al.*, 1989 dan Millero, 1996 dalam Yufdi dan Jumberi, tanpa tahun). Apabila air laut ini menggenangi lahan pertanian akan menyebabkan meningkatnya salinitas tanah (Bintoro, 1981).

Toleransi tanaman terhadap salinitas mulai dari kisaran terendah yaitu dari non salin, dengan tingkat konduktivitas 0-2 mmhos yang pengaruhnya terhadap tanaman diabaikan sampai yang tertinggi dengan tingkat konduktivitas dari 4-8 dimana kebanyakan tanaman belum terganggu sampai pada tingkat sangat tinggi yaitu > 16 dimana hanya beberapa tanaman toleran saja yang dapat tumbuh (Follet *et al.*, 1981).

Sifat fisik dan kimia tanah akan dipengaruhi oleh salinitas yaitu peningkatan tekanan osmosis, peningkatan ionisasi, memburuknya infiltrasi tanah dan kerusakan ataupun terganggunya struktur tanah, memburuknya permeabilitas tanah dan penurunan konduktivitas (Sigalingging, 1985 dalam Sipayung, 2003). Salinitas dapat berpengaruh menghambat pertumbuhan tanaman dengan dua cara yaitu :

- a. Dengan merusak sel-sel yang sedang tumbuh sehingga pertumbuhan tanaman terganggu.
- b. Dengan membatasi jumlah suplai hasil-hasil metabolisme esensial bagi pertumbuhan sel melalui pembentukan *tyloses* (Mass dan Nieman, 1978)

Pengaruh garam terhadap pertumbuhan tanaman berhubungan dengan kekurangan air yang disebabkan oleh *osmotic inhibition* atau oleh ion – ion spesifik yang meracuni secara tidak langsung dan terjadi ketidak seimbangan serapan ini atau kombinasi semuanya (Bernstein dan Hayward, 1958 dalam Bintoro, 1981). Pengaruh stress garam akibat salinitas tidak menunjukkan respon dalam bentuk kerusakan langsung tetapi pertumbuhan yang tertekan dengan perubahan secara perlahan (Sipayung 2003). Tingkat stres yang dialami tanaman adalah berbeda pada berbagai spesies dengan toleransi yang tidak sama terhadap konsentrasi garam yang berbeda.

Perlakuan salinitas yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi tingkat salinitas menyebabkan

pertumbuhan tanaman terhambat (Sari *et al.*, 2006). Salinitas tanah merupakan faktor pembatas penting pertumbuhan tanaman. Kadar garam yang tinggi dalam larutan tanah akan menyebabkan osmotik potensial larutan dalam tanah berkurang. Larutan akan bergerak dari daerah yang konsentrasi garamnya rendah ke konsentrasi tinggi. Akibatnya akar tanaman kesulitan menyerap air, karena air terikat kuat pada partikel-partikel tanah dan dapat menyebabkan terjadinya kekeringan fisiologis pada tanaman (Gunes *et al.*, 1996; Cornillon and Palloix, 1997).

## 2.1.2 Efek NaCl Terhadap Pertumbuhan Tanaman

NaCl dan garam penimbul stres tanaman dalam larutan tanah akan mempengaruhi pH dan daya hantar listrik. Menurut Follet *et al.*, (1981), tanah salin memiliki pH < 8,5 dengan daya hantar listrik > 4 mmhos/cm. Pada kebanyakan spesies, pengaruh jenis-jenis garam umumnya tidak khas terhadap tanaman tetapi lebih tergantung pada konsentrasi total garam. Tanaman mengalami stres garam bila konsentrasi garam yang berlebih cukup tinggi sehingga menurunkan potensial air sebesar 0,05 – 0,1 Mpa. Stres garam ini berbeda dengan stres ion yang tidak begitu menekan potensial air (Lewit, 1980).

Efek NaCl terhadap pertumbuhan tanaman telah diteliti pada tanaman terung. Kultivar terung menunjukkan respon yang berbeda terhadap variasi NaCl. Konsentrasi NaCl yang rendah meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan reproduktif pada *cv. Senroy*; sedangkan *cv. Akanasu* sangat peka terhadap perlakuan NaCl dan semua perlakuan NaCl menghambat pertumbuhan vegetatifnya (Bintoro, 1981). Menurut Follet *et al.*, (1981) kekurangan unsur  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dapat menekan pertumbuhan dan mengurangi produksi. Peningkatan konsentrasi garam terlarut di dalam tanah akan meningkatkan tekanan osmotik sehingga menghambat penyerapan air dan unsur-unsur hara yang berlangsung melalui proses osmosis. Jumlah air yang masuk ke dalam akar akan berkurang sehingga mengakibatkan menipisnya jumlah persediaan air dalam tanaman. Lebih jauh Follet *et al* menjelaskan bahwa dalam proses fisiologi tanaman,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  diduga mempengaruhi pengikatan air

oleh tanaman sehingga menyebabkan tanaman tahan terhadap kekeringan. Sedangkan  $\text{Cl}^-$  diperlukan pada reaksi fotosintetik yang berkaitan dengan produksi oksigen. Sementara penyerapan  $\text{Na}^+$  oleh partikel-partikel tanah akan mengakibatkan pembengkakan dan penutupan pori-pori tanah yang memperburuk pertukaran gas, serta dispersi material koloid tanah.

Salinitas menekan proses pertumbuhan tanaman dengan efek yang menghambat pembesaran dan pembelahan sel, produksi protein serta penambahan biomassa tanaman. Tanaman yang mengalami stres garam umumnya tidak menunjukkan respon dalam bentuk kerusakan langsung tetapi pertumbuhan yang tertekan dan perubahan secara perlahan. Gejala pertumbuhan tanaman pada tanah dengan tingkat salinitas yang cukup tinggi adalah pertumbuhan yang tidak normal seperti daun mengering di bagian ujung dan gejala klorosis. Gejala ini timbul karena konsentrasi garam terlarut yang tinggi menyebabkan menurunnya potensial larutan tanah sehingga tanaman kekurangan air. Sifat fisik tanah juga terpengaruh antara lain bentuk struktur, daya pegang air dan permeabilitas tanah. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{NaCl}$  pada tanah, semakin tinggi tekanan osmotik dan daya hantar listrik tanah (Nassery, Ogata dan Maas *dalam* Basri, 1991).

Selain pengaruh tersebut diatas, kandungan  $\text{Na}^+$  yang tinggi dalam air tanah akan menyebabkan kerusakan struktur tanah. pH tanah menjadi lebih tinggi karena kompleks serapan dipenuhi oleh ion  $\text{Na}^+$ . Hal ini akan meningkatkan persentase pertukaran Natrium (*Exchangeable Sodium Percentage*, ESP). Secara drastis pertumbuhan tanaman akan menurun bila ESP mencapai 10% (Singh, Chabra dan Abrol *dalam* Basri, 1991).

Pertumbuhan sel tanaman pada tanah salin memperlihatkan struktur yang tidak normal. Penyimpangan yang terjadi meliputi kehilangan integritas membran, kerusakan lamella, kekacauan organel sel, dan akumulasi Kalsium Oksalat dalam sitoplasma, vakuola, dinding sel dan ruang antar sel. Kerusakan struktur ini akan mengganggu transportasi air dan mineral hara dalam jaringan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

Beberapa tanaman melakukan berbagai bentuk adaptasi terhadap stres garam dengan perubahan morfologi dan perubahan fisiologi (Parson, 1982). Adaptasi terhadap salinitas diperlukan terutama untuk memperbaiki keseimbangan air guna mempertahankan potensial air dan turgor, serta seluruh proses biokimia untuk pertumbuhan dan berbagai aktivitas normal. Penghambat pada pertumbuhan pada medium yang memiliki kadar garam tinggi akan mengalami pengurangan divisi sel, pembesaran sel dan perluasan dinding sel (Greenway, 1973).

Bentuk adaptasi dengan mekanisme fisiologi dapat berupa *Osmoregulasi* (pengaturan potensial osmosis) seperti penyesuaian dengan menurunkan potensial osmosis tanpa kehilangan turgor baik melalui penyerapan ataupun dengan pengakumulasi ion-ion dan sintesis solute-solute organik di dalam sel. Kedua cara tersebut dapat bekerja secara bersamaan walaupun dominansi mekanisme bervariasi diantara berbagai spesies tanaman (Maas dan Nieman, 1978 dalam Basri, H., 1991).

Penyesuaian potensial osmosis berhubungan dengan aktivitas metabolik dalam sitoplasma seperti asam-asam organik, asam-asam amino dan senyawa gula nampaknya disintesis sebagai respon langsung terhadap menurunnya potensial air eksternal. Senyawa-senyawa tersebut juga melindungi enzim-enzim terhadap penghambatan atau penonaktifan pada aktivitas air internal yang rendah (Harjadi dan Yahya, 1988).

Salinitas menyebabkan perubahan struktur yang memperbaiki keseimbangan air tanaman sehingga potensial air dalam tanaman dapat mempertahankan turgor dan seluruh proses biokimia untuk pertumbuhan dan aktivitas yang normal. Perubahan struktur mencakup ukuran daun yang lebih kecil, stomata yang lebih kecil per satuan luas daun, peningkatan sukulensi, penebalan kutikula dan lapisan lilin pada permukaan daun, serta lignifikasi akar yang lebih awal (Harjadi dan Yahya, 1988). Penyerapan hara dan air yang berkurang akan menghambat laju fotosintesis yang pada akhirnya akan menghambat pertumbuhan tanaman baik pada luas daun maupun jumlah daun (Kusmiyati *et al.*, 2009).

Semakin tinggi konsentrasi NaCl maka serapan air dan unsur hara akan terhambat dan menyebabkan stres osmotik pada tanaman. Hal ini mengakibatkan proses biokimia sel terganggu dan terjadi kekurangan unsur hara sehingga sintesis klorofil juga terhambat (Kusmiyati *et al.*, 2009). Faktor genetik seperti cahaya, karbohidrat, air, unsur hara (besi, magnesium dan nitrogen) mempengaruhi pembentukan klorofil (Lakitan, 2000). Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> tidak akan menghentikan sintesis klorofil secara langsung tetapi dapat mempengaruhi aktivitas enzim dan struktur fungsi kloroplas mitokondria dan membran sel (Kusmiyati *et al.*, 2009). Salinitas menyebabkan stres ion. Keracunan ion akibat tingginya konsentrasi NaCl akan merusak ikatan kimia klorofil sehingga kadar klorofil berkurang (Lewit, 1980).

Pada penyelidikan sel-sel ganggang *Nitella*, terdapat timbunan garam (*salt accumulation*) dimana konsentrasi ion-ion di dalam sel lebih tinggi dari pada di luar sel. Biasanya timbunan garam terdapat dalam sel-sel muda, terlebih meristem (Dwijoseputro, 1990). Menurut Sipayung (2003), pada kondisi dimana konsentrasi garam dalam larutan tanah sangat tinggi, maka air dari dalam sel tanaman bergerak keluar, dinding protoplasma mengkerut dan sel rusak karena terjadi plasmolisis. Air diserap oleh akar tanaman melalui suatu proses yang disebut osmosis, yang melibatkan pergerakan air dari tempat dengan konsentrasi garam rendah (contohnya tanah) ke tempat yang memiliki konsentrasi garam tinggi (contohnya bagian dalam dari sel-sel akar)

## 2.2 Transport Ion

Transport ion merupakan pengangkutan ion atau unsur-unsur anorganik dari dalam tanah menuju ke seluruh tubuh tumbuhan. Proses pengambilan dan pengangkutan ion dari tanah oleh akar ke daun merupakan suatu bagian penting dalam memasok nutrisi bagi keutuhan suatu tumbuhan. Nutrien (air dan ion terlarut) masuk ke dalam sel-sel akar tumbuhan melalui proses difusi, osmosis (Lejay *et al.*, 2003). Menurut Tarigan (2005) transportasi tumbuhan adalah proses pengambilan dan pengeluaran zat-zat ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Pada tumbuhan tingkat

rendah (misal ganggang) penyerapan air dan zat hara yang terlarut di dalamnya dilakukan melalui seluruh bagian tubuh. Pada tumbuhan tingkat tinggi (misal spermatophyta) proses pengangkutan dilakukan pembuluh pengangkut yang terdiri dari xilem dan floem.

Tumbuhan memperoleh bahan dari lingkungan untuk hidup berupa  $O_2$ ,  $CO_2$ , air dan unsur hara. Kecuali gas  $O_2$  dan  $CO_2$  zat diserap dalam bentuk larutan ion. Mekanisme proses penyerapan dapat berlangsung karena adanya proses imbibisi, difusi, osmosis dan transpor aktif (Indradewa dan Putra, 2005). Imbibisi merupakan penyerapan air secara pasif oleh zat seperti glukosa, tepung pada biji sebelum berkecambah dari lingkungannya (Tarigan, 2005). Misal masuknya air pada biji saat berkecambah dan biji kacang yang direndam dalam air beberapa jam. Menurut Barry (1994), difusi adalah gerak menyebarnya molekul dari daerah konsentrasi tinggi (hipertonik) ke konsentrasi rendah (hipotonik). Contohnya pengambilan  $O_2$  dan pengeluaran  $CO_2$  saat pernafasan, penyebaran setetes tinta dalam air. Proses perpindahan air dari daerah yang berkonsentrasi rendah (hipotonik) ke daerah yang berkonsentrasi tinggi (hipertonik) melalui membran semipermeabel disebut osmosis.

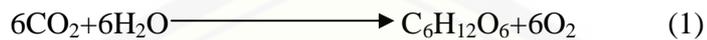
Membran semipermeabel adalah selaput pemisah yang hanya bisa ditembus oleh air dan zat tertentu yang larut di dalamnya. Turgor terjadi karena keadaan tegang yang timbul antara dinding sel dengan dinding isi sel saat menyerap air, sedang tekanan yang ditimbulkan disebut tekanan turgor (Tarigan, 2005).

## **2.3 Fotosintesis dan Faktor yang Mempengaruhinya**

### **2.3.1 Fotosintesis**

Fotosintesis adalah proses dimana zat-zat anorganik  $H_2O$  dan  $CO_2$  oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan cahaya (Dwidjoseputro, 1986). Fotosintesis dapat terus berlangsung jika ada pigmen hijau yaitu klorofil yang memberikan warna hijau pada daun (Kimball, 1983). Klorofil terdapat di dalam kloroplas dan semua bagian tanaman yang berwarna hijau, termasuk batang hijau dan buah yang belum matang, memiliki kloroplas yang

melaksanakan fotosintesis pada sebagian besar tanaman. Energi cahaya yang diserap oleh klorofil menggerakkan sintesis molekul makanan dalam kloroplas (Campbell *et al.*, 2002). Peristiwa fotosintesis dinyatakan dengan persamaan berikut :



(Salisbury, 1992).

Fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain cahaya, klorofil, suhu, kadar  $\text{CO}_2$ , kadar air dan ukuran serta distribusi daun. Menurut Heddy (1987), pengaruh cahaya terhadap fotosintesis meliputi 3 hal yakni intensitas cahaya, lamanya penyinaran dan kualitas cahaya. Semakin tinggi intensitas cahaya, maka pengaruh dari lamanya waktu penyinaran akan semakin besar. Pada tumbuhan tingkat tinggi, kecepatan fotosintesis yang maksimum terdapat pada daerah sinar biru dan daerah sinar merah, sedangkan pada banyak alga kecepatan fotosintesis yang maksimum terdapat pada daerah sinar hijau.

Fotosintesis dapat berlangsung jika ada pigmen hijau yang disebut klorofil (Dwijoseputro, 1986). Klorofil disebut pigmen karena menyerap cahaya (Kimball, 1983). Fungsi klorofil pada tanaman adalah menyerap energi dari sinar matahari untuk digunakan dalam proses fotosintesis yaitu suatu proses biokimia dimana tanaman mensintesis karbohidrat (gula menjadi pati), dari gas karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari (Subandi, 2008). Unsur-unsur pembentuk klorofil adalah Nitrogen (N), Magnesium (Mg) dan Besi (Fe). Kekurangan salah satu zat – zat diantaranya akan mengakibatkan klorosis pada tanaman, sehingga mengakibatkan terhambatnya fotosintesis (Dwijoseputro, 1986).

Pengaruh suhu terhadap fotosintesis bergantung pada spesies dan kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Spesies yang tumbuh di gurun mempunyai suhu optimum untuk fotosintesis lebih tinggi dari pada spesies tumbuhan yang tumbuh di tempat lain (Salisbury dan 1995). Fotosintesis juga dipengaruhi oleh tingkat  $\text{CO}_2$  di udara.  $\text{CO}_2$  tersebut digunakan sebagai bahan baku sintesa karbohidrat dan tersedia dalam jumlah yang cukup besar di udara yaitu sekitar 335 ppm. Jumlah tersebut secara konsisten akan terus bertambah (Heddy, 1987). Kekurangan  $\text{CO}_2$  akan

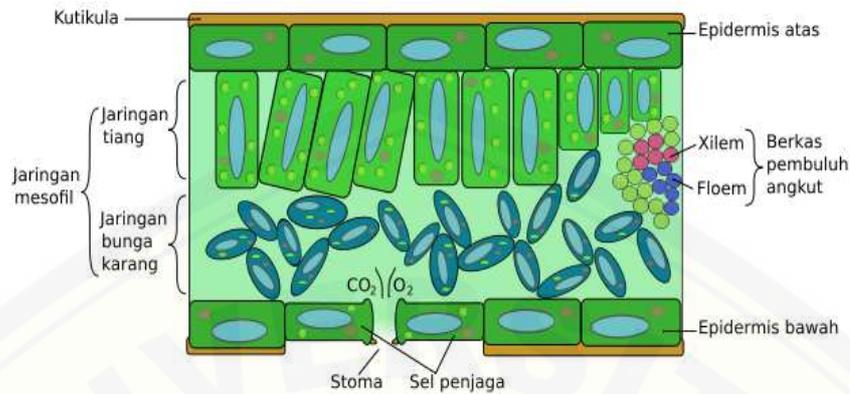
menyebabkan penurunan laju fotosintesis, sedangkan peningkatan  $\text{CO}_2$  akan menghambat fotorespirasi dan fotorespirasi menurun dengan meningkatnya nisbah  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  (Lakitan, 1995).

Kekurangan air dapat menghambat laju fotosintesis, terutama karena pengaruhnya terhadap turgiditas sel penjaga stomata. Jika kekurangan air, maka turgiditas sel akan menurun dan menyebabkan stomata menutup. Penutupan stomata ini akan menghambat serapan  $\text{CO}_2$ . Air juga merupakan bahan baku fotosintesis, tetapi jumlahnya sangat sedikit yakni kurang dari 5% dari air yang diserap tanaman. Oleh karena kecilnya kadar air yang digunakan untuk fotosintesis, maka hambatan fotosintesis karena kekurangan air tidak terletak pada ketersediaannya sebagai bahan baku, tetapi karena pengaruhnya terhadap sel penjaga stomata (Lakitan, 1995).

### **2.3.2 Anatomi Daun dan Pengaruhnya terhadap Fotosintesis**

Pada daun terdapat jaringan mesofil terdiri dari jaringan yang mengandung banyak kloroplas yang berfungsi dalam proses pembuatan makanan dan jaringan bunga karang disebut juga jaringan spons karena lebih berongga bila dibandingkan dengan jaringan palisade, berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Jaringan mesofil ini dilindungi oleh epidermis yang berada pada bagian atas daun. Epidermis terdiri dari epidermis atas dan epidermis bawah.

Air dan mineral diangkut ke daun dari akar melalui xilem, sedangkan floem membawa hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Stomata terletak pada epidermis bawah (Gambar 2.1), dan berfungsi sebagai organ respirasi yang mengambil  $\text{CO}_2$  dari udara sebagai bahan fotosintesis dan mengeluarkan  $\text{O}_2$  sebagai hasil fotosintesis (Kimball, 1983).



Gambar 2.1 Anatomi Daun

Sumber : <http://gurungeblog.files.wordpress.com/2008>

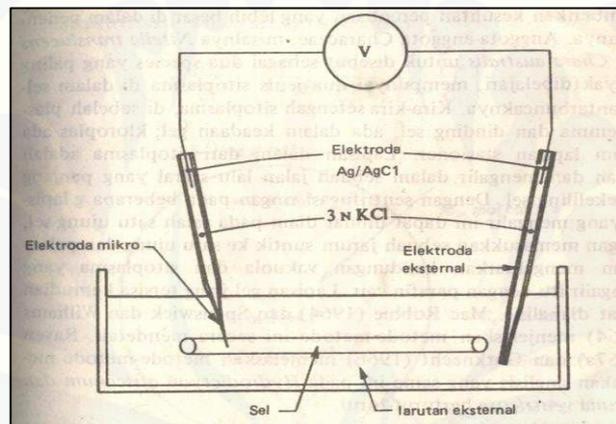
Menurut Heddy (1987) kecepatan fotosintesis dipengaruhi oleh anatomi daun. Hal ini dikarenakan oleh kecepatan masuknya CO<sub>2</sub>, penetrasi dari intensitas cahaya ke dalam sel-sel daun dan pemeliharaan turgiditas dari sel-sel daun, serta kecepatan transport karbohidrat yang dapat larut ke luar dari sel-sel yang melakukan fotosintesis. Beberapa pengaruh daun terhadap kecepatan fotosintesis antara lain:

- Ukuran dan distribusi dari ruang-ruang inter seluler dalam daun. Perbandingan dan distribusi dari jaringan tiang dan jaringan bunga karang,
- Ukuran, kedudukan serta susunan dari stomata,
- Tebalnya lapisan epidermis dan lapisan kutikula, dan
- Ukuran, distribusi serta efisiensi dari berkas-berkas pengangkutan dalam daun.

#### 2.4 Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman

Beda potensial dapat diukur dengan menggunakan beberapa teknik. Salah satunya adalah penggunaan elektroda mikro. Elektroda mikro terdiri dari sebuah tabung dalam gelas dengan memiliki diameter beberapa millimeter yang ujungnya dibuat sampai berdiameter dalam orde mikron. Tabung tersebut biasanya diisi dengan 3 M KCl yang merupakan jembatan garam mikro. Sisi ujung yang lain diberi elektroda Ag/AgCl. Perbedaan potensial diukur dengan sebuah voltmeter impedansi tinggi, paling sedikit 10<sup>10</sup> ohm, karena elektroda mikro kadang-kadang mempunyai

impedansi sampai sebesar  $10^8$  ohm. Elektroda-elektroda mikro sering mempunyai potensial ujung, yaitu kondisi di ujung untuk memodifikasi mobilitas  $K^+$  maupun  $Cl^-$  dan karenanya dihasilkan potensial difusi yang besar. Pengaturan yang tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pemasukan ujung elektroda mikro menembus sebuah dinding sel tanaman sering meningkatkan potensial ujung, karena ujung elektroda sering menjadi terhalang dengan material pertukaran ion, seperti pektin (Wilkins, 1989). Hariadi dan Shabala (2004) telah menunjukkan bahwa perubahan fotosintesis telah diinduksi dari beda potensial permukaan daun. Teknik ini akan lebih baik daripada insersi yang dilakukan.



Gambar 2.2 Penyusunan untuk mengukur perbedaan tenaga listrik di antara bagian dalam dari sebuah sel tanaman dan bagian luarnya.

Sumber : Wilkins, 1989

Komposisi ion di medium *tissue* basah mempengaruhi muatan permukaan dan potensial listrik permukaan. Sedangkan membran plasma itu sendiri merupakan perbatasan antara sitoplasma dan lingkungan dan yang bertanggung jawab mengatur aliran nutrisi dari produk metabolisme di dalam sel dan ke luar sel. Gerak yang muncul antara lain gaya yang diakibatkan oleh adanya perbedaan potensial di dalam membran. Beda potensial pada tanaman bisa juga disebut potensial membran.

Pergerakan ion merupakan gradien elektrokimia dari ion tersebut. Gradien ini menggambarkan kombinasi dua keadaan yaitu gradien potensial dan gradien konsentrasi dari ion yang melewati membran. Ketika dua keadaan tersebut seimbang,

maka gradien elektrokimianya sama dengan nol, sehingga tidak ada aliran. Dalam keadaan seperti ini terjadi keseimbangan potensial ion yang dihitung dengan menggunakan persamaan Nernst, yaitu :

$$V_m = \frac{RT}{zF} \ln \left[ \frac{C_{out}}{C_{in}} \right] \quad (2)$$

Dimana:  $V_m$  = selisih potensial kimia total (joule/mol)  
 $R$  = tetapan gas =  $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 $T$  = suhu mutlak (K)  
 $z$  = jumlah muatan ion  
 $F$  = tetapan Faraday =  $96.400 \text{ joule Volt}^{-1} \text{ mol}^{-1}$   
 $C_{out}$  = konsentrasi ion di luar sel  
 $C_{in}$  = konsentrasi ion di dalam sel

$C_{in}$  dan  $C_{out}$  menyatakan nisbah dugaan dari konsentrasi ion di dalam dan di luar membran pada kesetimbangan ketika  $V_m = 0$ . Jika  $V_m < 0$  atau  $V_m = 0$ , maka gradien energi bebas (gradien potensial elektrokimia) memungkinkan berlangsungnya penyerapan melalui pengangkutan pasif. Jika  $V_m > 0$ , maka sel harus menggunakan energi untuk mengangkut ion ke dalam sel melalui pengangkutan aktif (Salisbury dan Ross, 1995).

## 2.5. Padi dan Penanamannya di Indonesia

Indonesia sebagai salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia, keanekaragaman bahari yang kaya dengan produktifitas di sektor pertanian dan perikanan yang tinggi. Akan tetapi kekayaan alam ini sedang menghadapi resiko akibat naiknya muka air laut, banjir, kekeringan, dan tanah longsor yang merupakan dampak dari perubahan iklim global. Perubahan iklim utamanya akan berdampak pada masyarakat yang bermukim di wilayah pesisir dan mereka yang menggantungkan hidupnya pada pertanian dan perikanan yang peka iklim. Hal ini berarti, 65 persen masyarakat Indonesia yang bermukim di wilayah pesisir akan

terpengaruh, baik yang berada di kota pesisir yang padat penduduk maupun masyarakat desa nelayan (Policy Brief, tanpa tahun).

## 2.5.1 Padi

Padi merupakan tanaman pangan berupa rumput berumpun, merupakan tanaman pertanian kuno yang berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. Di Zhejiang (Cina) padi telah ditanama sejak 3.000 tahun SM. Diduga bahwa padi telah ditanam sejak sekitar 100-800 SM dengan ditemukannya fosil butir padi dan gabah ditemukan di Hastinapur Uttar Pradesh India. Selain Cina dan India, beberapa wilayah asal padi adalah Bangladesh Utara, Burma, Thailand, Laos dan Vietnam (Rahayu, tanpa tahun). Padi yang termasuk genus *Oryza* L meliputi lebih kurang 158 varietas padi in hibrida, 32 varietas padi hibrida dan 30 varietas padi Gogo (BALIPTA, 2007) di Indonesia telah menjadi makanan pokok hampir sebagian besar masyarakat di Indonesia.



Gambar 2.3. Padi (*Oryza sativa*)

Klasifikasi botani tanaman padi adalah sebagai berikut:

- Divisi : Spermatophyta
- Sub divisi : Angiospermae
- Kelas : Monotyledonae

Keluarga : Gramineae (Poaceae)

Genus : *Oryza*

Spesies : *Oryza* spp.

(Rahayu, tanpa tahun)

## 2.5.2 Penanaman Padi di Indonesia

Kebutuhan padi (beras) masih terus meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan berbagai upaya untuk menghasilkan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan berumur genjah (pendek). Menurut Vergara (1970), usaha perakitan varietas unggul perlu memperhatikan sifat komponen hasil karena sifat ini ditentukan oleh jenis varietas. Komponen hasil ini memiliki hubungan yang sangat erat satu dengan lainnya. Beberapa varietas unggul yang berusia genjah dan dapat beradaptasi pada agrosistem lahan sawah tadah hujan diantaranya varietas Ciherang, Singkil, Fatmawati, Situpatenggang, Situbagendit, Danau Gaung, dan Batutegi. Sedangkan varietas unggul yang dapat dikembangkan di lahan sawah dan lahan kering antara lain adalah Cirata, Towuti, Limboto, Danau Gaung, Batutegi, Situpatenggang, dan Situbagendit (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2006). Sedangkan menurut Siagian (2006) varietas unggul yang dapat bertahan di lahan bekas tsunami adalah padi varietas Ciherang, Banyuasin dan Kapuas.

Padi dapat tumbuh di daerah tropis/subtropis pada 45 derajat LU sampai 45 derajat LS dengan cuaca panas dan kelembaban tinggi dengan musim hujan 4 bulan. Rata-rata curah hujan yang baik adalah 200 mm/bulan atau 1500-2000 mm/tahun. Padi dapat ditanam di musim kemarau atau hujan. Pada musim kemarau produksi meningkat asalkan air irigasi selalu tersedia. Di musim hujan, walaupun air melimpah produksi dapat menurun karena penyerbukan kurang intensif. Di dataran rendah padi memerlukan ketinggian 0-650 m dpl dengan temperatur 22-27 derajat C sedangkan di dataran tinggi 650-1.500 m dpl dengan temperatur 19-23 derajat C. Tanaman padi memerlukan penyinaran matahari penuh tanpa naungan. Angin berpengaruh pada

penyerbukan dan pembuahan tetapi jika terlalu kencang akan merobohkan tanaman (AAK, 1990).

Secara umum penanaman padi di Indonesia dilakukan dengan dua proses penanaman media yaitu pada padi gogo dan padi sawah. Menurut BAPENAS (2000) pada proses penanaman media tanam yang digunakan untuk padi gogo yaitu : (a) padi gogo harus ditanam di lahan yang berhumus, struktur remah dan cukup mengandung air dan udara, (b) memerlukan ketebalan tanah 25 cm, tanah yang cocok bervariasi mulai dari yang berliat, berdebu halus, berlempung halus sampai tanah kasar dan air yang tersedia diperlukan cukup banyak. Sebaiknya tanah tidak berbatu, jika ada harus < 50%. (c) keasaman tanah bervariasi dari 4,0 sampai 8,0. Sedangkan untuk padi sawah lebih lanjut BAPENAS (2000) menyarankan antara lain (a) media tanam yang digunakan adalah tanah berlempung yang berat atau tanah yang memiliki lapisan keras 30 cm di bawah permukaan tanah. (b) menghendaki tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18-22 cm. (c) Keasaman tanah antara pH 4,0-7,0.

Pada padi sawah, penggenangan akan mengubah pH tanam menjadi netral (7,0). Pada prinsipnya tanah berkapur dengan pH 8,1-8,2 tidak merusak tanaman padi. Karena mengalami penggenangan, tanah sawah memiliki lapisan reduksi yang tidak mengandung oksigen dan pH tanah sawah biasanya mendekati netral. Untuk mendapatkan tanah sawah yang memenuhi syarat diperlukan pengolahan tanah yang khusus (BAPENAS, 2000).

### **2.5.3 Efek Kadar Garam Pada Pertumbuhan Padi**

Kenaikan kadar garam mereduksi pertumbuhan padi (Nahet *et al.*, 2007). Salinitas mempengaruhi pertumbuhan padi dari tingkatan yang berbeda mulai dari germinasi sampai pada tingkat maturasi (Alam *et al.*, 2000). Salinitas merupakan faktor penyebab utama dalam pertumbuhan dan produktifitas dari hampir disetiap tanaman palawija (Szabolcs, 1994). Salinitas pada tanah menyebabkan kerugian pada perbedaan proses fisiologi yang mengakibatkan menurunnya pertumbuhan tanaman (Ashraf, 1994; 2004; Munns, *et al.*, 2006). Kondisi di bawah salinitas, pertumbuhan

dari tanaman padi tergantung pada pertumbuhan tingkat partikel yaitu mulai dari perkecambahan sampai pada maturasi (peranakan). Salinitas sebagai penghambat juga telah dilaporkan pada tanaman lain seperti jagung (Bar-Tal *et al.*, 1991), tomat (Satti & Al-Yahyai, 1995), bayam, ketimun dan lada (Kaya *et al.*, 2001a) dan kapas (Leidi & Saiz, 1997). Salinitas tinggi pada medium juga merupakan penghambat pada pertumbuhan vegetatif (Greenway, 1973) karena pengurangan sel devisa, perluasan sel dan ekspansi dinding sel. Tetapi Orden (1960) dan Indulkhar & More (1985) dalam Naheet *et al.* (2007) telah melaporkan efek positif bahwa peningkatan pertumbuhan dapat ditingkatkan dalam kondisi salin, yaitu masing-masing pada tanaman gandum dan shorghum. Kedua tanaman tersebut seperti juga padi merupakan tanaman yang sangat dibutuhkan sebagai bahan pangan dunia.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

Proses penelitian telah dilakukan di Laboratorium Biofisika dan *green house* biofisika Jurusan FMIPA Universitas Jember pada bulan Maret-Juni 2010. Penelitian awal dan proses pembibitan untuk mendapatkan sampel penelitian telah dilakukan pada bulan Desember 2009-Februari 2010.

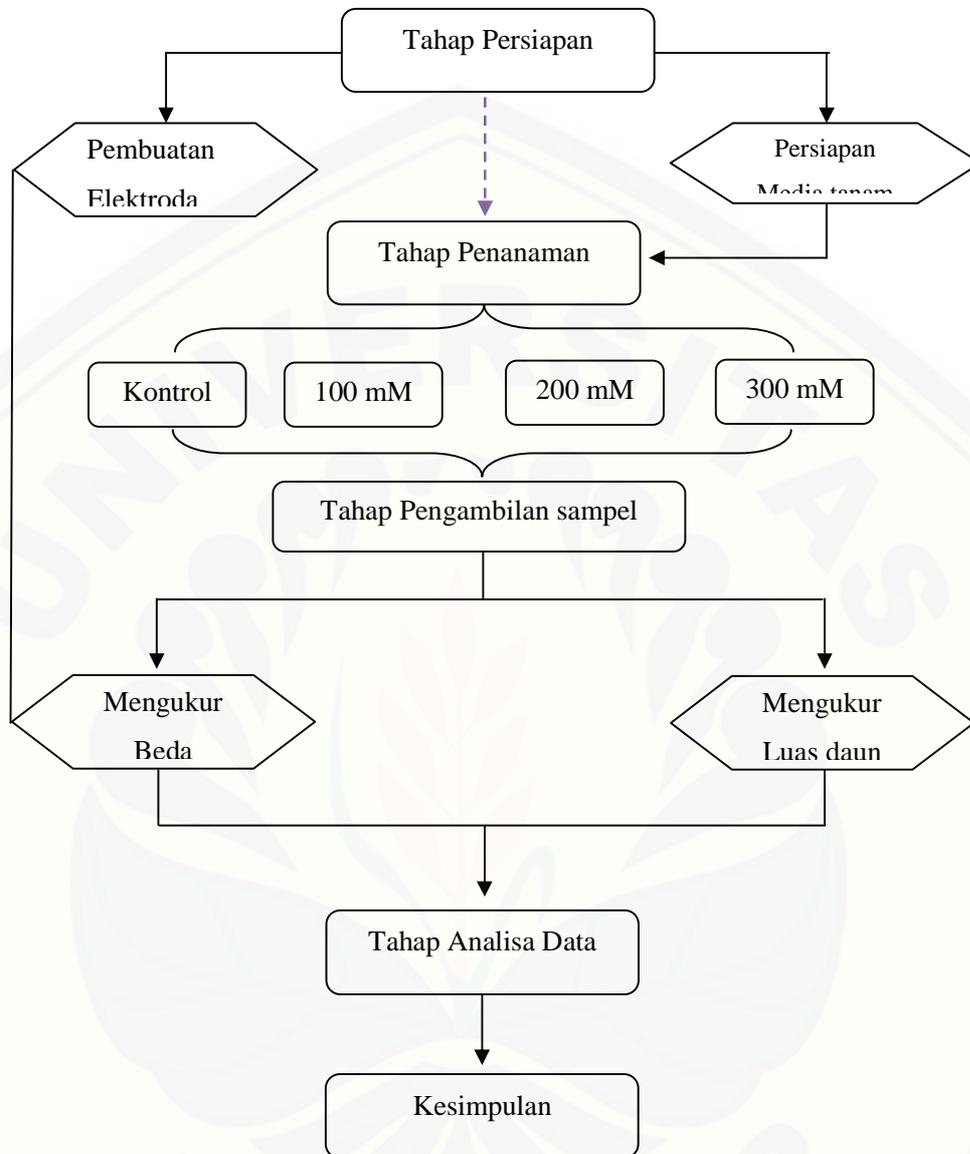
### 3.2 Alat dan Bahan

Alat penelitian dalam seluruh rangkaian kegiatan penelitian meliputi alat pemanas; *Beaker glass*; bejana *erlenmeyer*; LED; multimeter; pipa kaca kapiler (*Borosilicate Glass Capillaries, Havard Apparatus Ltd., Edenbridge, UK*); pot polibek; sangkar Faraday; tabung plastik dan timbangan digital.

Sedangkan bahan penelitian meliputi *Aquades*, baterai kering 3 volt, kertas milimeter, agar-agar murni, kawat perak murni (*silver wire*) dengan diameter  $\pm 0,8$  mm, 1 M KCl, sumbu (*cotton*), larutan NaCl, bibit padi (*Oryza sativa*) dari dua varietas yang berbeda, yaitu varietas Cihayang dan varietas Towuti yang diproduksi oleh Agro Sentosa.

### 3.3 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu persiapan penelitian, tahap penanaman, tahap pengambilan sampel, tahap pengukuran dan tahap analisa data seperti gambar berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3.1 Tahap Penanaman

Tahap penanaman dilakukan pada *glasshouse* biofisika di FMIPA Universitas Jember. Pada observasi awal dan tahapan ini dilakukan penyiapan sampel tanaman. Sampel tanaman yang digunakan padi Ciherang dan Towuti yang keduanya mewakili kondisi dari tanaman yang ditanam pada pola gogo dan sawah. Melalui seleksi dari

pertumbuhan akar telah didapatkan benih yang dinilai baik dan tidak menunjukkan adanya gejala jamur maupun kematian yang tinggi. Pilih benih ( $\pm$  160 benih padi varietas Towuti dan Ciherang) yang tenggelam dalam air dan rendam benih selama 48 jam, pada waktu tersebut akar mulai muncul keluar dari kulit gabah. Kemudian benih kecambah ditebar secara merata pada nampan yang telah disiapkan dan tebarkan pasir diatas benih yang telah ditebar. Pada saat pembibitan juga dilakukan perawatan benih dengan menyiram tiap harinya dengan air. Pembibitan ini berlangsung selama 21 hari.

Kedua varietas padi ditanam pada dua jenis tanah yang berbeda yaitu tanah subur dan tanah gandum. Bibit ditanam dengan menggunakan rancangan acak lengkap yang terlampir pada Gambar B1 (halaman 77) dan Gambar B2 (halaman 78) lampiran B. Tanaman diberi perlakuan yang sama yaitu dengan penyiraman dengan air murni selama 3 (tiga) hari. Efek NaCl diteliti dengan membandingkan perlakuan dan kontrol. Pada tanaman kontrol untuk kedua jenis tanah tersebut tidak diberikan tambahan NaCl, sedangkan pada perlakuan bahwa penambahan NaCl dilakukan dengan memberikan variasi NaCl yaitu pada konsentrasi 100 mM, 200 mM dan 300 mM. Namun sebelum dilakukan pemberian variasi konsentrasi NaCl ada beberapa treatment yang dilakukan melalui beberapa tahapan penambahan konsentrasi NaCl sampai pada konsentrasi yang ditentukan selama satu minggu. Hal ini dilakukan agar tanaman dapat beradaptasi terhadap perlakuan yang dilakukan. Efek NaCl pada pertumbuhan tanaman diamati setiap minggunya dengan pengukuran beda potensial listrik permukaan daun tanaman dan dengan melalui pengamatan visual daun setelah satu minggu treatment dengan variasi konsentrasi NaCl adaptasi (lihat tabel pada lampiran C halaman 79).

### 3.3.2 Persiapan Penelitian

Tahap persiapan meliputi persiapan pembuatan elektroda dan konstruksi alat untuk pengukuran beda potensial.

## a. Pembuatan Elektroda

### 1. Pembuatan Eektroda Wick

#### *Pengisian 2% Agar-agar dalam 1 M KCl pada pipa kaca kapiler*

Pipa kaca kapiler (*Borosilicate glass capillaries*), Havard Apparatus Ltd, Edenbridge, UK) dengan diameter luar 1,5 mm dan diameter dalam 0,86 mm, diletakan pada *Puller* dengan elemen pemanas di tengahnya kemudian disambungkan dengan trafo. Bagian ujung atas pipa kaca kapiler dijepit dengan penjepit dan di ujung bawahnya digantung sebuah beban. Pada saat trafo dihidupkan maka elemen pemanasnya akan memanaskan bagian tengah pipa kaca kapiler sehingga akan tertarik oleh beban dan dihasilkan pipa kaca kapiler dengan salah satu ujung yang runcing. Pipa kaca kapiler ini yang akan digunakan sebagai bahan utama pembuatan elektroda Wick. 2% agar-agar dalam 1 M KCl dibuat dengan cara mencampur 100 ml larutan 1M KCl dengan 1 gram bubuk agar-agar kemudian dididihkan secara perlahan dan diaduk sehingga tercampur dengan merata.

Pipa kaca kapiler dengan ujung yang runcing diletakan dalam bejana elenmeyer dengan posisi bagian yang runcing terletak dibagian bawah. Campuran 2% agar-agar dan 1 M KCL yang masih hangat dimasukan dalam bejana tersebut sedikit demi sedikit dan pelan-pelan, sehingga campuran bersamaan masuk ke dalam pipa kaca kapiler. Teknik ini berguna untuk menghindari gelembung udara dalam pipa kaca kapiler. Bejana berisi pipa kapiler dengan campuran 2% agar-agar dan 1 M KCL kemudian didinginkan.

#### *Penyepuhan Kawat Ag/AgCl*

Bahan dan alat yang digunakan untuk penyepuhan kawat perak adalah kawat perak (Ag), larutan 1 M KCl, baterai kering 3 volt sebagai arus dan *becker glass*. Tahap yang harus dilewati dalam penyepuhan kawat Ag/AgCl yaitu kawat Ag dipotong sekitar 3 cm, dengan melepas lapisan teflon pada kawat tersebut. Potongan kawat perak tersebut kemudian dihubungkan dengan kutub positif dan potongan kawat lain dihubungkan dengan kutub negatif dari 3 volt baterai kering dan dicelupkan ke dalam larutan 1 M KCl. Proses penyepuhan berlangsung sekitar 2

menit, yaitu sampai kawat perak yang dihubungkan dengan kutub positif terlapisi oleh senyawa Cl. Kawat perak yang sudah disepuh (yang terhubung dengan kutub positif baterai) dipakai sebagai kawat elektroda wick.

Kawat perak yang sudah disepuh pada langkah ke dua, dimasukkan dalam pipa kapiler yang berisi 2% agar-agar dalam 1 M KCl, kemudian dimasukkan ke dalam tabung plastik khusus untuk elektroda wick yang berisi sumbu *cotton*.



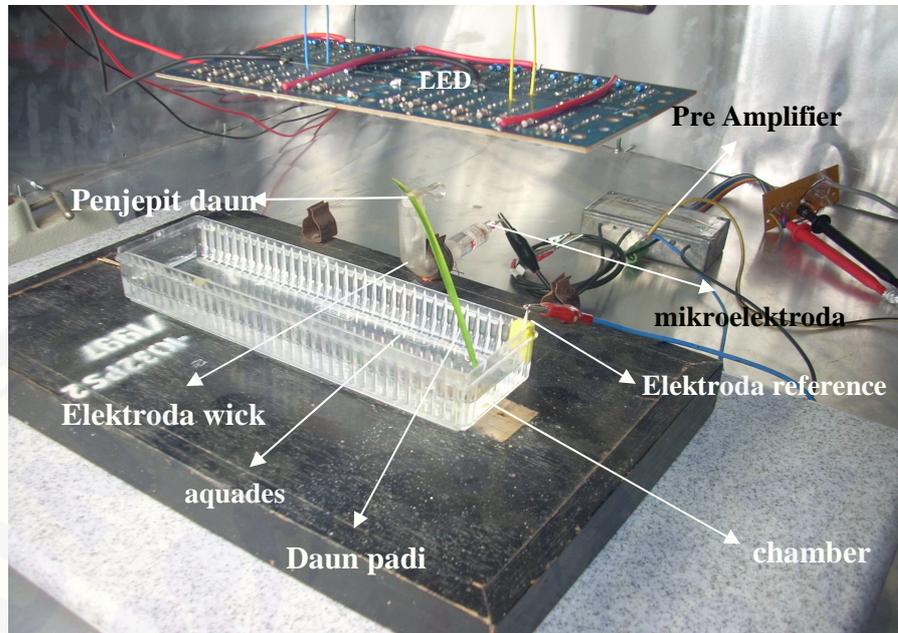
Gambar 3.2 Kontruksi Mikroelektroda dan Elektroda Wick

## 2. Pembuatan Elektroda Referensi

Elektroda referensi dibuat dengan menggunakan pipa plastik dengan diameter 2 mm yang berisi dengan 2% agar-agar dalam 1 M KCl, dan disisipi dengan kawat perak yang sudah disepuh seperti dengan cara yang sama seperti pembuatan elektroda wick.

## 3. Konstruksi Alat Pengukuran Potensial Membran

Alat untuk mengukur beda potensial tanaman dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.3 Alat Pengukuran Beda Potensial Listrik Tanaman

### 3.3.3 Pengukuran

Pengukuran meliputi pengukuran luas daun dan beda potensial. Pertumbuhan dan perubahan visual daun diamati untuk mendukung pengukuran luas daun. Data ini merupakan data pendukung pengukuran beda potensial. Ketiga data yaitu beda potensial, luas daun dan efek visual diamati dalam setiap minggunya berdasarkan perlakuan yang ada.

#### 1. Pengukuran luas daun

Pengukuran luas permukaan daun dapat menggunakan metode panjang  $\times$  lebar  $\times$  faktor koreksi. Pengukuran faktor koreksi menggunakan kertas milimeter. Total luas daun tanaman dari setiap perlakuan diukur setiap minggunya.

#### 2. Pengukuran beda potensial

Sampel daun yang sudah diambil kemudian ditempatkan pada bejana berisi air yang telah disiapkan dengan ujung daun dimasukkan ke dalam bejana. Sampel daun yang diambil ini merupakan daun pada urutan yang ketiga. Pengukuran beda

potensial listrik permukaan daun dilakukan seminggu sekali. Pengukuran beda potensial listrik permukaan daun dilakukan dalam sangkar Faraday yang terbuat dari aluminium dan dihubungkan dengan ground. Sangkar Faraday berfungsi sebagai filter gelombang pengganggu, sehingga didapatkan pengukuran beda potensial listrik dari permukaan daun. Ketika pengukuran daun, berlangsung penyinaran dengan menggunakan LED sebagai pengganti cahaya matahari dengan durasi waktu 15 menit *on off* dengan penggunaan *automatic timer*.

### 3. Pengamatan gejala visual

Pengamatan secara visual (kondisi daun) dengan membandingkan berdasarkan kadar air, penamatan ini dilakukan pada setiap minggu.

#### 3.3.4 Pengolahan Data

Hasil pengukuran beda potensial listrik permukaan daun dan luas daun tanaman yang diperoleh ditabelkan setiap minggunya, kemudian dengan metode *oneway* ANOVA diolah menggunakan program SPSS yang perumusannya terlampir pada lampiran G (halaman 112). Metode ini digunakan untuk mengetahui perbandingan antara perlakuan dengan kontrol pada setiap minggunya. Hubungan beda potensial listrik tanaman dengan perlakuan tiap minggunya dapat terlihat pada grafik beda potensial listrik, sedangkan untuk data pendukungnya yaitu grafik luas daun untuk mengetahui hubungan luas daun tanaman dengan perlakuan tiap minggunya.

Adapun hipotesa yang digunakan dalam uji statistik menggunakan metode *oneway* ANOVA adalah sebagai berikut :

#### 1. Beda Potensial Listrik Permukaan Daun

$H_0$  (Hipotesa nol) yaitu nilai beda potensial listrik permukaan daun tanaman yang diberi perlakuan NaCl dengan tanaman kontrol adalah sama;  $H_1$  (Hipotesa alternatif) yaitu nilai beda potensial listrik permukaan daun antara tanaman kontrol dengan tanaman yang diberi perlakuan adalah berbeda; bila  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P_{hitung} <$