



**EFEK NATRIUM TERHADAP BEDA POTENSIAL LISTRIK PERMUKAAN
DAUN TANAMAN KORO BENGUK (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)
SAAT FOTOSINTESIS**

SKRIPSI

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

Asal:	Harapan Pembelian	Kelas
Tertma Tgl :	15 NOV 2007	S74.1
o. Induk :		KHA
Oleh / PENYALIN:	SIES	e

Nur Khalimah
NIM 031810201024

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER

2007

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada:

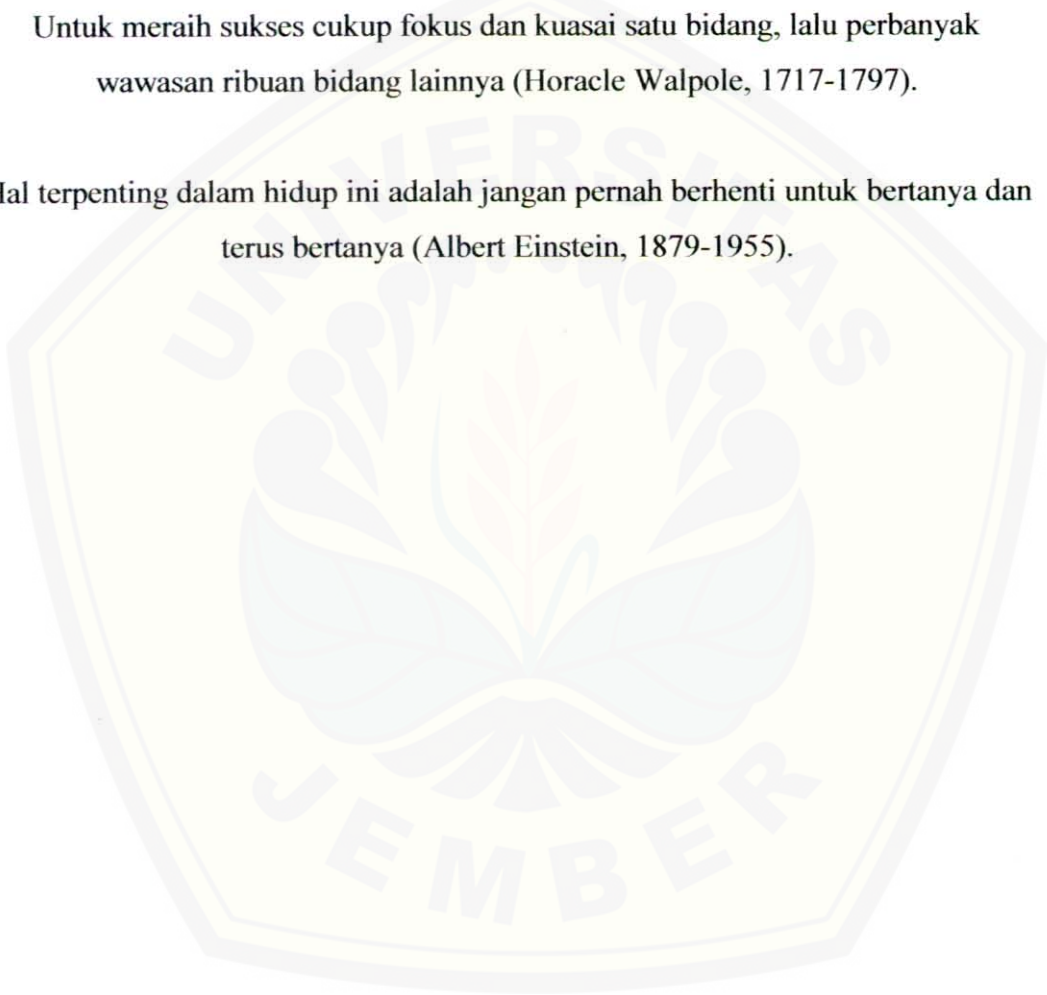
1. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Yasin Sunardi dan Ibu Kiptiyah, terimakasih atas kasih sayang, pengorbanan, perjuangan, nasihat-nasihat dan do'a yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang dan memberikan tempat terindah disamping-Nya.
2. Kakakku tercinta Suparto, Achwan, Anton, Agus, beserta kakak-kakak iparku, dan Mbak Ni. Terimakasih atas kasih sayang, perhatian, kesabaran, dukungan dan do'anya.
3. Keponakanku tersayang Pras, Ayun, Ayik, Risa, Aldy, Novi, Nova, dan Arsy terima kasih telah menjadi teman bermain, terimakasih atas senyum, canda tawa serta semangatnya.
4. Keluarga besarku di Banyuwangi.
5. Guru-guru dan dosen-dosenku yang terhormat yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kasih sayang.
6. Teman-temanku Alfi dan Sustru, terimakasih atas semuanya selama ini.
7. Almamaterku tercinta di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

MOTTO

Tak ada manusia super yang dapat menguasai banyak hal dan ahli di banyak bidang.

Untuk meraih sukses cukup fokus dan kuasai satu bidang, lalu perbanyak wawasan ribuan bidang lainnya (Horacle Walpole, 1717-1797).

Hal terpenting dalam hidup ini adalah jangan pernah berhenti untuk bertanya dan terus bertanya (Albert Einstein, 1879-1955).



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Khalimah

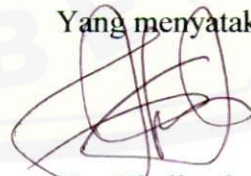
NIM : 031810201024

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: "*Efek Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (Mucuna pruriens var. utilis) Saat Fotosintesis*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Oktober 2007

Yang menyatakan,



Nur Khalimah

NIM 031810201024

SKRIPSI

**EFEK NATRIUM TERHADAP BEDA POTENSIAL LISTRIK PERMUKAAN
DAUN TANAMAN KORO BENGUK (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)
SAAT FOTOSINTESIS**

Oleh

Nur Khalimah
NIM 031810201024

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Y. Nurhayati, M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi ini telah diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari : **RABU**

tanggal : **07 NOV 2007**

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

Drs. Yuda C.H., M.Sc., Ph.D
NIP 131 660 784

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)

Dra. Arry Y. Nurhayati, M.Sc
NIP 131 577 293

Anggota I,

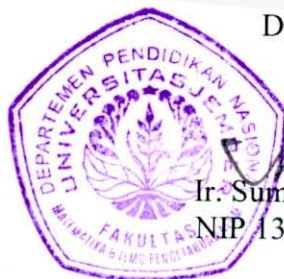
Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si
NIP 132 206 034

Anggota II,

Lutfi Rohman, S.Si., M.Si
NIP 132 206 037

Mengesahkan

Dekan,




Ir. Sumadi, M.Si.
NIP 130 368 784

RINGKASAN

EFEK NATRIUM TERHADAP BEDA POTENSIAL LISTRIK PERMUKAAN DAUN TANAMAN KORO BENGUK (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) SAAT FOTOSINTESIS; Nur Khalimah, 031810201024; 2007; 49 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Ion natrium diserap tanaman digunakan untuk proses fisiologi seperti dalam proses fotosintesis, pertukaran kation (khususnya dengan kalium), sebagai osmotikum dalam vakuola, dan pengikatan air oleh tanaman sehingga tanaman tahan terhadap kekeringan. Kandungan natrium yang berlebihan di dalam tanah akan menimbulkan bagi pertumbuhan tanaman melalui efek rendahnya potensial air, toksisitas ion, defisiensi nutrisi, atau kombinasi beberapa faktor tersebut. Gejala tanaman yang dipengaruhi oleh keberadaan natrium berlebihan dalam media tanamnya terkadang mirip dengan gejala kekurangan air, kekurangan nutrisi, atau gejala toksisitas ion lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis sebagai efek pemberian variasi konsentrasi natrium pada media tanamnya.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika dan *Green House* Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember, dari bulan Maret sampai dengan Juni 2007. Beda potensial listrik permukaan daun didapatkan dari pengukuran terhadap daun koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) yang diberi perlakuan konsentrasi natrium berbeda pada media tanamnya. Pengukuran beda potensial listrik permukaan daun tanaman dilakukan dalam sangkar faraday, yang terbuat dari bahan Aluminium dan terhubung dengan *ground*. Sangkar faraday digunakan sebagai filter gelombang pengganggu, sehingga pengukuran beda potensial listrik permukaan daun tanaman merupakan beda potensial listrik murni dari

daun tanaman. Desain penelitian yang digunakan adalah desain acak lengkap, dengan *one-away* ANOVA sebagai penganalisis data.

Hasil pengukuran beda potensial listrik yang didapatkan dari penelitian ini adalah rata-rata beda potensial listrik pada minggu kedua sampai minggu ketujuh, secara berturut-turut untuk tanaman dengan perlakuan Na0 adalah -99.2 mV, -138 mV, -170.4 mV, -121.2 mV, dan -115.2 mV; Na20 adalah -97.2 mV, -127.2 mV, -159.6 mV, -133.2 mV, -117 mV, -112.8 mV; Na50 adalah -94.2 mV, -126 mV, -159 mV, -127.8 mV, -108.6 mV, dan 106.2 mV; Na100 adalah -84.4 mV, -104.6 mV, -139.8 mV, -125.4 mV, -106.8 mV, -99.6 mV; Na200 adalah -83mV, -100 mV, -133.8 mV, -120 mV, -102.6 mV, dan -81 mV. Sedangkan dari hasil pengukuran luas daun tanaman dengan perlakuan Na0 adalah 31.969 cm², 34.241 cm², 38.586 cm², 30.696 cm², 26.634 cm², 24.877 cm²; Na20 adalah 29.228 cm², 32.763 cm², 32.625 cm², 23.089 cm², 24.733 cm², 23.595 cm²; Na50 adalah 29.576 cm², 33.089 cm², 37.859 cm², 26.964 cm², 17.874 cm², 17.728 cm²; Na100 adalah 37.419 cm², 38.275 cm², 34.657 cm², 27.119 cm², 14.436 cm², 14.327 cm²; Na200 adalah 34.409 cm², 35.009 cm², 36.038 cm², 25.096 cm², 12.551 cm², 12.183 cm².

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pemberian variasi konsentrasi natrium pada media tanam sangat berpengaruh terhadap nilai beda potensial listrik permukaan daun tanaman saat fotosintesis. Pengaruh pemberian variasi konsentrasi natrium terhadap beda potensial listrik didapatkan pada dua minggu setelah penanaman, dan lebih nyata dibandingkan pengaruh pemberian konsentrasi natrium terhadap luas daun tanaman. Sehingga untuk menentukan suatu tanaman dipengaruhi oleh efek natrium akan lebih efektif menggunakan metode pengukuran nilai beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Efek Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (Mucuna pruriens var. utilis) Saat Fotosintesis*. Skripsi ini disusun untuk 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 ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., (selaku Dosen Pembimbing Utama) beserta Ibu Dra. Arry Y. Nurhayati, M.Sc., (selaku Dosen Pembimbing Anggota), yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam membimbing dan memberi pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
2. Bapak Bowo Eko C, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Dosen Penguji, terimakasih atas segala kesabaran, kritikan dan saran yang telah diberikan bagi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Bapak Lutfi Rohman, M.Si., selaku Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberikan saran dan kritik bagi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
4. Bapak Puguh Hiskiawan, S.Si., sekeluarga. Terimakasih atas nasehatnya;
5. Teman-teman seperjuangan di *Biophysics* : Alfi, mbak Eva, mbak Norma, Wulan, Rima, Heni, Udin, dan Rio, terimakasih atas bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa tiada suatu karya yang sempurna, segala saran dan kritik atas perbaikan skripsi ini akan diterima dengan senang hati untuk kesempurnaan penulisan karya-karya selanjutnya. Semoga karya tulis ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi kita semua. *Amin ya robbal'amin.*

Jember, Oktober 2007

Penulis



•

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Fotosintesis	4
2.1.1 Bahan Baku Fotosintesis	4
2.1.2 Energi	5
2.1.3 Pigmen dan Daun Sebagai Tempat Fotosintesis	

Tumbuhan	7
2.1.4 Suhu	12
2.1.5 Faktor Tambahan	12
2.2 Hara Mineral yang Diperlukan oleh Tanaman	12
2.3 Natrium	14
2.4 Pengangkutan Pasif dan Aktif	16
2.5 Pengukuran Beda Potensial Listrik Tanaman	18
2.6 Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat.....	22
3.2.2 Bahan.....	23
3.3 Tahap-tahap Penelitian	24
3.3.1 Tahap Persiapan	24
3.3.1.1 Persiapan Media Tanam	24
3.3.1.2 Pembuatan Elektroda	24
3.3.1.3 Konstruksi Alat Pengukuran Beda Potensial Listrik	26
3.3.2 Tahap Penanaman	27
3.3.3 Tahap Pengambilan Sampel dan Data.....	27
3.3.3.1 Pengambilan Sampel.....	27
3.3.3.1 Pengambilan Data	28
3.3.4 Tahap Analisa Data dan Desain Penelitian	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 HASIL	30
4.1.1 Hasil Pengukuran Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) Saat Fotosintesis.....	30

4.1.2 Hasil Pengukuran Luas Daun Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	31
4.2 ANALISA DATA	34
4.2.1 Efek Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) Saat Fotosintesis.....	34
4.2.2 Efek Natrium Terhadap Luas Daun Koro Benguk (<i>Mucuna</i> <i>pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	37
BAB 5. PEMBAHASAN	40
5.1 Efek Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) Saat Fotosintesis	41
5.2 Efek Natrium Terhadap Luas Daun Koro Benguk (<i>Mucuna</i> <i>pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	45
BAB 6. PENUTUP	48
6.1 KESIMPULAN	48
6.2 SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Nilai rata-rata data hasil pengukuran beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis pada tanaman koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) yang diberi perlakuan variasi konsentrasi natrium 0 ppm (Na0), 20 ppm (Na20), 50 ppm (Na50), 100 ppm (Na100) dan 200 ppm (Na200)	30
4.2 Data hasil pengukuran luas daun dari daun kelima tanaman koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) yang diberi perlakuan variasi konsentrasi natrium	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram Elektroda Wick	26
3.2 Diagram Alat Pengukuran Beda Potensial Listrik tanaman	27
4.1 Grafik beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis pada daun koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) yang diberi perlakuan variasi pemberian konsentrasi natrium 0 ppm (Na0), 20 ppm (Na20), 50 ppm (Na50), 100 ppm (Na100) dan 200 ppm (Na200); dengan <i>standard error</i> bar masing-masing perlakuan replika n = 5	31
4.2 Grafik luas daun dari tanaman koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) yang diberi perlakuan variasi pemberian konsentrasi natrium 0 ppm (Na0), 20 ppm (Na20), 50 ppm (Na50), 100 ppm (Na100) dan 200 ppm (Na200); dengan <i>standard error</i> bar masing-masing perlakuan replika n = 5	32
4.3 Visualisasi daun tanaman koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>Utilis</i>) yang sudah diukur nilai beda potensial listrik permukaan daunnya pada setiap minggu usia tanaman. Tanaman koro benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>Utilis</i>) diberi perlakuan variasi pemberian konsentrasi natrium 0 ppm (Na0), 20 ppm (Na20), 50 ppm (Na50), 100 ppm (Na100) dan 200 ppm (Na200)	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Gambar Alat dan Bahan	53
Hasil Pengukuran Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) Saat Fotosintesis	54
Tabel Hasil Pengukuran Luas Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	55
Sidik Ragam Pengaruh Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>) Saat Fotosintesis	57
Sidik Ragam Pengaruh Natrium Luas Daun Tanaman Koro Benguk (<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	58
Hasil Analisis <i>One-way</i> ANOVA (Program Minitab) Nilai Beda Potensial Listrik Permukaan daun Tanaman Koro Benguk.....	59
Visualisasi Tanaman (semakin kekanan konsentrasi natrium yang diberikan semakin tinggi).....	66
Surat Keterangan Selesai Perbaikan Skripsi	67



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semua makhluk hidup memerlukan makanan untuk membangun tubuhnya, memperoleh energi dan memperoleh panas. Suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki oleh tumbuhan (autotrof) ialah kemampuannya dalam menggunakan zat karbon di udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini berlangsung jika ada cukup cahaya, sehingga asimilasi zat karbon ini disebut fotosintesis. Lengkapnya fotosintesis merupakan suatu proses perubahan zat-zat anorganik H_2O dan CO_2 oleh klorofil menjadi zat organik (karbohidrat) dengan pertolongan cahaya. Perubahan energi cahaya menjadi energi kimia (karbohidrat), kemudian perubahan energi kimia menjadi energi kerja pada peristiwa pernafasan dalam tumbuhan, hewan atau manusia itu merupakan rangkaian proses kehidupan di dunia ini (Dwijoseputro, 1990:6).

Semua tanaman hijau memerlukan unsur hara mineral yang sama untuk menghasilkan suatu hasil yang sama. Semua tanaman memiliki kemampuan mekanisme penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel antara lain nitrat dan ammonium, fosfat, kalsium, sulfat, magnesium, besi, mangan, tembaga, boron, khlor, seng dan molybdenum. Ditambah unsur alumunium, natrium, sampai yang tersembunyi yaitu zirconium, titanium dan lain-lain (Fitter dan Hay, 1991:84). Kebutuhan tanaman akan unsur hara sama dengan kebutuhan akan cahaya. Unsur hara tersebut sangat penting untuk pembentukan bermacam-macam protein, zat lemak dan zat organik lainnya. Unsur hara ini sering disebut sebagai nutrisi tanaman. Unsur-unsur C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg berada dalam jumlah agak besar sehingga disebut sebagai makro-elemen sedangkan sisanya disebut mikro-elemen (Dwijoseputro, 1990:24-25).

Suatu unsur dikatakan esensial bagi tanaman apabila tanaman tersebut tidak dapat melengkapi daur hidupnya jika unsur tersebut tidak tersedia. Akar-akar tanaman di dalam tanah mengabsorpsi ion dari media yang kompleks, yang mengandung tidak hanya selusin atau lebih unsur hara esensial, tetapi sejumlah ion non-esensial dan senyawa organik. Apabila terjadi ketidak seimbangan yang berat dalam suplai ini, tanaman mungkin tidak mampu mengambil hara secara efisien, baik karena pengaruh langsung ion-ion toksik pada metabolisme atau fungsi akar, atau semata-mata oleh kompetisi/ interaksi dengan ion-ion hara lainnya. Hasilnya, ion-ion esensial bahkan dapat menjadi toksik sehingga spesies tanaman memperlihatkan perbedaan yang besar toleransinya terhadap variasi rasio ion (Fitter dan Hay, 1991:248).

Natrium (Na) diserap dalam bentuk ion Na^+ . Unsur ini tidak termasuk hara tanaman yang penting. Jika tanaman tidak mengandung natrium, tanaman tidak menunjukkan gangguan metabolismenya. Walaupun demikian tanaman selalu mengandung Na dalam konsentrasi yang berbeda-beda. Disamping itu Na sering berpengaruh terhadap kualitas produksi baik yang bersifat positif maupun negatif. Na dianggap penting untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pada tanaman yang mempunyai daya serap Na tinggi. Ion Na^+ merupakan ion yang paling mudah digeser kedudukannya di dalam tanah. Dalam hal pemasukan ion-ion dari tanah ke dalam akar dipengaruhi oleh suatu hal yang disebut antagonisme ion. Antagonisme ion diartikan sebagai pemasukan ion yang mempengaruhi bahkan menentang pemasukan-pemasukan ion jenis lain. Konsentrasi ion-ion Na^+ yang agak tinggi menghambat peresapan ion-ion K^+ atau Ca^{2+} (Dwijoseputro, 1990:82-83). Sehingga terkadang kita salah mengartikan kondisi tanaman yang kekurangan dan kelebihan Na^+ .

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan terhadap tanaman Broad bean (*Vicia faba*), dapat diketahui konsentrasi/ kandungan Magnesium melalui alat screening awal defisiensi tanaman yang didasarkan pada karakteristik fotosintesis dan perubahan induksi cahaya menjadi potensial listrik permukaan daun (Hariadi and Shabala, 2004). Kandungan Na dalam tanah dimungkinkan dapat diketahui melalui

cara yang sama pada tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*). Akhir-akhir ini koro benguk dapat dijadikan pelengkap kebutuhan pangan dan memiliki prospek bagus untuk dibudidayakan. Koro benguk yang memiliki penampang daun lebar memudahkan untuk dideteksi seberapa besar kebutuhannya akan unsur Na. Sehingga kesuburannya dapat dideteksi dengan cepat dan produktivitasnya terjaga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana efek kandungan Natrium tanaman terhadap beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis berlangsung?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*), perlakuan terhadap tanaman sama, kecuali perlakuan pemberian konsentrasi Na pada media tanamnya.
2. Obyek yang akan diteliti adalah beda potensial listrik permukaan daun. Penyinaran, suhu, media, dan kelembaban dianggap sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya beda potensial listrik permukaan daun tanaman pada konsentrasi Natrium yang berbeda pada saat fotosintesis berlangsung.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensial listrik tanaman pada saat proses fotosintesis dengan pemberian konsentrasi Natrium yang berbeda.
2. Mengetahui sedini mungkin tanaman yang kelebihan Natrium.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotosintesis

Fotosintesis pada hakikatnya merupakan satu-satunya mekanisme masuknya energi dalam dunia kehidupan. Faktor-faktor esensial fotosintesis meliputi bahan baku (CO_2 dan H_2O), energi (cahaya), pigmen, enzim molekul *carrier*, dan suhu yang tepat. Jika salah satu dari faktor tersebut tidak terpenuhi, reaksi fotosintesis tidak berjalan (Winatasmita, 1986:86).

2.1.1 Bahan Baku Fotosintesis

CO_2 terus dipergunakan untuk fotosintesis, masuk melalui stomata ke dalam jaringan spon daun. CO_2 pada ruang-ruangan interaseluler larut di dalam air, melalui dinding sel berdifusi ke dalam sitoplasma dan terus ke kloroplas tempat terjadinya fotosintesis. Air merupakan bahan baku yang diasorpsi dari lingkungan melalui akar dan diangkut ke daun melalui berbagai sel dan jaringan. Kutikula berlilin dipermukaan daun menghambat difusi, sehingga sebagian besar uap air dan gas lainnya melewati bukaan diantara sel penjaga yang disebut pori stomata. Disebelah setiap sel penjaga terdapat sel pelengkap yang jumlah dan susunannya ditentukan oleh suku tumbuhannya. Air menguap dalam daun, dari dinding sel parenkima palisade dan parenkima bunga karang (secara bersamaan disebut mesofil), ke dalam ruang antar sel yang berhubungan dengan udara diluar saat stomata membuka. Karbon dioksida mengikuti lintas difusi sebaliknya, yaitu masuk ke dalam daun sehingga banyak air yang hilang melalui transpirasi untuk membesarkan tanaman, karena rangka molekul semua bahan organik pada tumbuhan terdiri dari atom karbon yang harus diperoleh dari atmosfer.

Pengaruh pengurangan air dalam daun terhadap kecepatan fotosintesis pada umumnya adalah tidak langsung. Pengurangan kadar air dalam tanah akan menyebabkan pengurangan kecepatan fotosintesis. Pengurangan dalam kecepatan fotosintesis nampak jelas sebelum terjadi kelayuan pada daun. Penggenangan tanah pada kebanyakan tanaman menyebabkan pengurangan kecepatan fotosintesis, dan nampak 2-7 hari kemudian setelah penggenangan. Pengaruh dari pengurangan kadar air dalam daun terhadap kecepatan fotosintesis disebabkan oleh:

- berkurangnya kapasitas difusi dari stomata karena stomata menutup,
- pengurangan dalam hidrasi dari kloroplas dan bagian-bagian lain dari protoplasma sehingga akan mengurangi efektifitas mekanisme fotosintesis,
- terjadi akumulasi gula sehingga menghambat proses fotosintesis lebih lanjut (Suwasono, 1990:133-136).

2.1.2 Energi

Energi diperlukan untuk membentuk molekul yang kompleks dari molekul sederhana pada sintesis materi apapun. Energi yang dipergunakan dalam fotosintesis ialah energi cahaya. Isaac Newton (1642-1727) mengatakan bahwa cahaya terdiri dari benda-benda kecil (partikel). Sedangkan Huygens (1629-1695) mengatakan bahwa cahaya adalah gelombang dari eter dunia. Planck dan Einstein menganggap cahaya itu terdiri atas partikel-partikel kecil yang disebut foton, foton ini mempunyai sifat-sifat materi (partikel) dan sifat-sifat gelombang. Sehingga sering dikenal dengan dualisme cahaya. Cahaya datang dalam bentuk kuantum atau foton yaitu paket energi yang terpotong-potong, masing-masing mempunyai panjang gelombang tertentu. Energi dalam tiap foton berbanding terbalik dengan panjang gelombang, sehingga gelombang ungu dan biru mempunyai foton lebih berenergi dibandingkan panjang gelombang jingga dan merah.

Banyaknya energi yang kita terima pada siang hari yang cemerlang kira-kira ada 1.5 gram kalori per cm^2 per menit. Sebenarnya energi sinar matahari yang diperlukan oleh tanaman yang mengadakan fotosintesis itu hanya 0.5 sampai 2% saja dari jumlah energi sinar matahari yang tersedia, sisanya dipantulkan, ditransmisikan, dan diabsorpsi sebagai panas. Tiga puluh persen cahaya yang diabsorpsi diubah menjadi energi kimia. Pengaruh yang diberikan oleh cahaya terhadap fotosintesis bergantung pada kualitas cahaya (panjang gelombang), intensitas cahaya (banyaknya sinar per cm^2 per detik) dan waktu penyinaran (sebentar atau lamanya). Radiasi cahaya dalam fotosintesis merupakan akibat langsung penyerapan foton oleh satu molekul-molekul pigmen seperti klorofil. Tidak seluruh foton memiliki energi yang cocok untuk mengikat pigmen daun. Hanya foton yang memiliki panjang gelombang antara 390 dan 760 nm (yaitu cahaya tampak) memiliki energi yang cocok untuk fotosintesis, terutama cahaya merah dan biru (Dwijoseputro, 1990:11-13).

Prinsip dasar penyerapan cahaya tertuang dalam Hukum Stark Einstein yang berbunyi: "tiap molekul hanya dapat menyerap satu foton, dan foton ini menyebabkan eksitasi satu elektron saja". Elektron bervalensi (ikatan) tertentu pada orbit keadaan-dasar (*groundstate*) yang stabil adalah yang biasanya tereksitasi, dan tiap elektron dapat dilemparkan dari keadaan *groundstate*nya dalam inti bermuatan positif dengan jarak yang sesuai dengan energi yang diserap oleh foton. Molekul pigmen kemudian berada dalam keadaan tereksitasi, dan energi eksitasi hanya dalam waktu yang singkat, biasanya sepermilyar detik. Energi eksitasi dapat hilang semua melalui pelepasan panas, saat elektron kembali kekeadaan *groundstate*. Klorofil kehilangan energi eksitasi dengan cara gabungan antara kehilangan panas dan fluoresensi yang sangat lemah, karena energi eksitasi digunakan untuk fotosintesis.

Cahaya biru kurang efisien dari sudut energi dibandingkan cahaya merah. Karena setelah eksitasi dengan foton biru, elektron dalam klorofil selalu hancur dengan sangat cepat dengan cara pelepasan panas ketingkat energi yang lebih rendah tanpa kehilangan kalor ketika foton merah diserap, dari tingkat yang lebih rendah inilah, kehilangan kalor tambahan, fluoresensi, atau fotosintesis dapat terjadi

(Salisbury dan Ross 2, 1995:22-24). Sinar lampu listrik pun dapat digunakan sebagai sumber energi cahaya, meskipun cahaya matahari relatif memiliki lebih banyak sinar biru dari pada sinar lampu. Energi cahaya diubah menjadi energi kimia dan disimpan di dalam senyawa kimia produk akhir fotosintesis yaitu hidrat arang (Winatasasmita, 1986:87).

2.1.3 Pigmen dan Daun Sebagai Tempat Fotosintesis Tumbuhan

Daun merupakan organ tubuh tanaman yang menentukan kelangsungan hidup suatu tanaman, karena di dalam daun terjadi proses fotosintesis, respirasi dan transpirasi (Suwasono, 1990:114). Berfungsi sebagai organ utama untuk fotosintesis pada tanaman tingkat tinggi, daun merupakan pabrik fotosintesis yang sebenarnya pada tanaman. Permukaan luar daun yang luas dan datar memungkinkan menangkap cahaya persatuan volume semaksimal mungkin dan meminimalkan jarak yang harus ditempuh oleh CO₂ dari permukaan daun ke kloroplas.

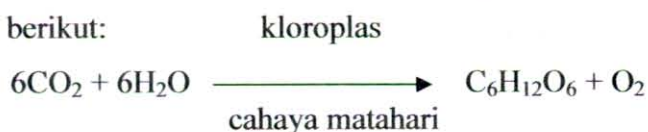
Permukaan atas daun terdiri dari selapis sel tunggal yang disebut epidermis atas. Epidermis bertindak sebagai tempat pelindung dan penghalang pertukaran gas, karena sel-sel epidermis tertutup oleh lapisan lilin yang disebut kutikula. Kutikula dan epidermis hampir transparan sehingga memungkinkan cahaya tampak dapat memasuki dan menembus daun. Di dalam daun terdapat banyak sel mesofil dan ruang-ruang antar sel. Sel-sel mesofil yang banyak jumlahnya di dalam daun meningkatkan luas total permukaan daun (6 sampai 10 kali luas permukaan luar) yang memungkinkan CO₂ mengadakan lebih banyak kontak dengan dinding sel. Ruang-ruang antar sel memungkinkan difusi yang cepat dari stomata ke permukaan sel (Gardner *et al.*, 1991).

Kebanyakan sel mesofil mengandung sejumlah besar kloroplas (20-100 per sel) sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Kloroplas ini berfungsi menangkap cahaya sebanyak-banyaknya. Didalam kloroplas terdapat sistem membran yang berasal dari penonjolan membran kloroplas sebelah dalam. Sistem membran itu berupa lapisan-lapisan (*lamelse*) dan diantaranya ada yang berbentuk tumpukan mata

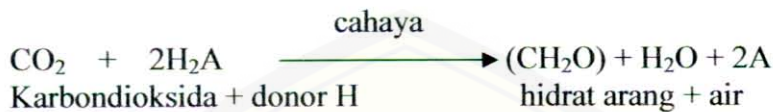
uang yang disebut granum atau grana. Satu bagian yang berbentuk mata uang dibangun oleh dua lapisan membran disebut tilakoid (menyerupai kantung). Diantara sistem membran didalam kloroplas diisi oleh matriks yang disebut stroma. Pada tilakoid terdapat unit fotosintesis yang berisi molekul pigmen seperti klorofil-a, klorofil-b, karoten dan xantofil. Lapisan membran yang bukan granum pada stroma disebut *lamellae stroma*. Berdasarkan analisis kimia dari kloroplas menunjukkan kloroplas terdiri dari protein, fosfolipida, figmen hijau dan kuning, AND dan ARN.

Klorofil terdapat sebagai butiran-butiran hijau di dalam kloroplas, dan klorofil ini merupakan figmen utama yang terlibat dalam fotosintesis. Selain klorofil terdapat juga pigmen karotenoid yaitu xantofil (kuning) dan karoten (kuning jingga). Karoten dapat mengabsorpsi cahaya dan memberikan energi ke klorofil, tetapi tidak berlaku sebagai katalisator dalam fotosintesis. Karotenoid (xantofil, karoten) tidak terlibat pada daun karena tertutup warna klorofil. Bila daun telah tua klorofil makin berkurang, akibatnya daun terlihat berwarna kuning (Winatasasmita, 1986:87-88).

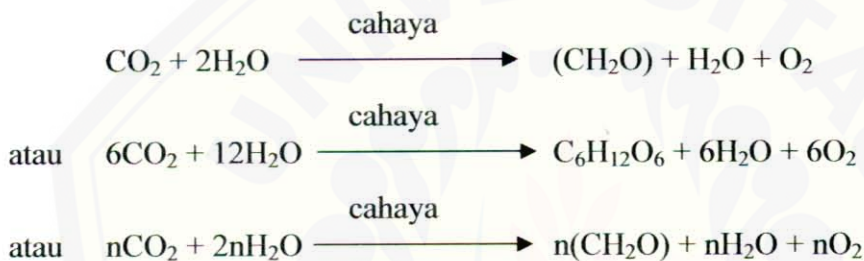
Menurut Dwidjoseputro (1990), pada tanaman tinggi terdapat dua macam klorofil, yaitu klorofil-a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) berwarna hijau tua dan klorofil-b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) berwarna hijau muda. Klorofil itu fluoresens, artinya menerima sinar dan mengembalikannya dalam gelombang yang berlainan. Klorofil-a tampak hijau-tua, tetapi jika sinar direfleksikan akan tampak merah darah. Klorofil-b berwarna hijau cerah tampak merah-coklat pada fluoresensi (Dwijoseputro, 1990:15-17). Umur daun mempengaruhi proses fotosintesis, proses penuaan menyebabkan kelambanan proses fotosintesis. Faktor utama yang mempengaruhi penuaan daun adalah kandungan nutrisi mineral daun. Masukan nutrisi yang cukup memungkinkan daun muda maupun tua memenuhi kebutuhan mereka. Nutrisi yang terbatas sering didistribusikan kedaun yang muda, dan hal ini mengurangi laju fotosintesis pada daun yang tua (Gardner *et al.*, 1991). Secara sederhana proses fotosintesis dikenal dengan reaksi sebagai berikut:



Sebuah pertanyaan terjadi yaitu dari mana asal O₂? Pada permulaan tahun 1940 Ruben dan Kanen dengan menggunakan isotop mengetahui bahwa O₂ berasal dari O₂ molekul air. Penyelidikan Van Neil membuat studi pembandingan pada fotosintesis berbagai golongan tumbuhan, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam fotosintesis terjadi reaksi umum seperti berikut:



H₂A sebagai donor hidrogen dapat berupa H₂O, H₂S atau H₂. jadi reaksi fotosintesis pada tumbuhan hijau ialah



Penemuan bahwa O₂ berasal dari air bukan dari CO₂ menunjukkan adanya reaksi yang kompleks. Pada tahun 1937 Robin Hill membagi proses fotosintesis menjadi dua periode reaksi yaitu reaksi terang (karena memerlukan cahaya) dan reaksi gelap (pada stroma).

Melalui analisis spektral dari kloroplas-a *in vivo* (dalam keadaan hidup), menunjukkan bahwa terdapat berbagai jenis klorofil-a. Jenis klorofil-a ditentukan dari keefektifannya dalam mengabsorpsi spektrum. Salah satu jenis klorofil-a yang secara maksimal mampu menyerap spektrum dengan panjang gelombang 673 disebut a673 (kl-a673), yang lainnya disebut klorofil-a683 (kl-a683). Selain itu ada pula yang dapat menyerap cahaya maksimum pada gelombang 700 nm, yang disebut P700.

Terdapat dua macam pusat proses fotosintesis yang mempunyai kelompok pigmen khusus. Energi cahaya untuk fotosistem I ditangkap oleh kl-a683 dan P700 dan karoten, sedangkan untuk fotosistem II ditangkap oleh kl-a673 dan klorofil-b.

Kedua fotosistem terdapat pada kloroplas, maka terjadilah proses fotokimia pada kedua fotosistem jika kloroplas terkena cahaya yang disebut reaksi terang.

Pada reaksi terang, cahaya diabsorpsi oleh klorofil kemudian elektron-elektron klorofil ini menangkap energi cahaya yang tinggi dan menjadi tidak stabil, sehingga elektron terlepas dari klorofil-a. Klorofil-a pada fotosistem I dan fotosistem II kehilangan elektron, dan elektron ini akan diganti dari reaksi pemecahan air. Elektron dari fotosistem II diterima oleh berbagai akseptor (sitokrom-b, sitokrom-f dan plastosianin), kemudian dilepaskan energi yang diterima oleh ADP + P menjadi ATP ($E^- + ADP + P \rightarrow ATP$). ADP dan P (phosfat) telah tersedia pada kloroplas, dan ATP sebagai energi dalam proses pembentukan hidrat arang pada reaksi gelap.

Fotosistem I juga melepaskan elektron yang berenergi dan akan diganti oleh elektron dari fotosistem II. Elektron dari fotosistem I diterima oleh akseptor, terutama feredoksin. Elektron ini kemudian ditransfer ke NADP (*Nikotinomid Adenin Dimukleotida Phosphat*). Pada waktu bersamaan NADP pun menerima ion H^+ elektron juga dipakai untuk pembentukan NADPH. Dalam hal ini elektron yang dilepas fotosistem I tidak kembali ke fotosistem I. Pembentukan ATP dari ADP + P (fosforilasi), semata-mata karena adanya donor elektron dari molekul air, proses ini disebut fotofosforilasi nonsiklik. Tipe kedua fotofosforilasi disebut fotofosforilasi siklik. Pada tipe ini elektron bukan berasal dari molekul air tapi dari fotosistem I. Setelah elektron lepas akan melalui akseptor (sitokrom) terjadi pelepasan energi berupa ATP. Prosesnya sama seperti pada fotofosforilasi nonsiklik. Fotofosforilasi siklik terjadi jika ATP yang terjadi pada fotofosforilasi non siklik tidak mencukupi. Jadi pada reaksi terang dihasilkan: ATP, NADPH dan O_2 . ATP dan NADPH diperlukan untuk proses pembentukan hidrat arang dalam reaksi gelap. O_2 dilepas sebagian ke atmosfer dan sebagian lagi untuk proses respirasi tumbuhan itu sendiri.

Reaksi gelap (terjadi pada stroma) merupakan langkah kedua setelah reaksi terang, meskipun demikian reaksi ini terjadi di siang hari karena memerlukan ATP dan NADPH dari reaksi terang. Sekelompok ilmuwan dari Universitas California di bawah pimpinan Elvin Calvin berdasarkan penelitiannya membuat suatu bagan dari

berbagai reaksi biokimia dalam proses pembentukan glukosa, yang juga disebut *daur Calvin Benson* atau daur C_3 . Dalam daur C_3 , CO_2 berkombinasi dengan RuDP dengan katalisator *karboksidismutase* membentuk dua molekul APG. RuDP secara kontinu dibuat dalam sel. Dua molekul APG direduksi menjadi dua molekul PGAL, energinya berasal dari ATP dan NADPH. Energi sekarang pindah ke PGAL. Dua molekul *triose fosfat* (PGAL) berkombinasi membentuk gula fosfat dengan 6 atom C (*fruktosa 1,6 difosfat*). Sampai proses ini tumbuhan telah menambah satu molekul CO_2 untuk membentuk molekul gula dengan 6 atom C. Selanjutnya *fruktosa fosfat* dapat diubah menjadi hidrat arang lain melalui berbagai reaksi kimia termasuk glukosa, sakarosa, dan amilum. Sebagian *fruktosa fosfat* dipergunakan untuk membentuk molekul *ribulosa fosfat* melalui berbagai reaksi. *Ribulosa 1.5 fosfat* dapat menerima CO_2 dan proses pembentukan glukosa dimulai lagi. Daur Calvin Benson atau daur C_3 umumnya terdapat dalam kelompok tumbuhan C_3 .

Beberapa kelompok tumbuhan dalam fiksasi CO_2 untuk membentuk hidrat arang tidak langsung pada daur Calvin tetapi dibentuk dulu hasil antara yang bersenyawaan dengan 4-C, tumbuhan ini disebut tumbuhan C_4 . CO_2 pertama-tama bereaksi dengan *fosfoenol piruvat* (PEP), suatu persenyawaan dengan 3-C dan menghasilkan *asam oksaloasetat* (4C). *Asam oksaloasetat* diubah menjadi *asam malat*. Karena hasil awal fotosintesis berupa persenyawaan dengan 4-C, maka diberi nama jalur 4 karbon (*four-carbon pathway*) atau jalur Hatch-Slack (*Hatch-slack pathway*).

Anatomi tumbuhan C_3 dan C_4 berbeda. Tumbuhan C_3 kloroplasnya mempunyai bentuk yang sama dan terdapat merata pada mesofil (jaringan palisade dan jaringan spon). Sedangkan pada tumbuhan C_4 anatomi daun menunjukkan bahwa disekitar ikatan pembuluh dikelilingi oleh sel-sel yang berisi kloroplas yang berbeda dengan mesofil, pada sel-sel ini berisi butir-butir amilum dan sedikit sekali berisi grana, pada mesofilnya tidak terdapat butir-butir klorofil dan banyak grana. Dalam kondisi panas dan kering tumbuhan C_4 lebih efisien mempergunakan CO_2 daripada tumbuhan C_3 . Gula yang dihasilkan dalam proses fotosintesis digunakan untuk

respirasi, diperlukan juga dalam berbagai sintesis atau disimpan. Jika kecepatan fotosintesis sama dengan kecepatan respirasi, semua gula akan terpakai dan tidak ada bahan untuk sintesis bahan-bahan yang penting seperti protein atau selulosa. Suatu keadaan cahaya atau suhu dimana produksi gula pada fotosintesis sama dengan kebutuhan respirasi disebut titik kompensasi. Jika tumbuhan dalam waktu lama berada pada titik kompensasi maka tumbuhan tidak dapat tumbuh dan akhirnya mati (Winatasasmita, 1986:90-96).

2.1.4 Suhu

Fotosintesis pada umumnya berjalan pada suhu antara 5-40°C. Kecepatan fotosintesis bertambah sampai maksimal pada suhu 35°C, setelah itu kecepatannya menurun tajam, kemungkinan penurunan ini disebabkan karena enzim kurang aktif (Winatasasmita, 1986:88).

2.1.5 Faktor Tambahan

Pada kloroplas selain pigmen fotosintesis terdapat pula berbagai molekul *carrier* yang memiliki fungsi penting dalam transport atom hidrogen, elektron dan transpor energi. Selain itu pada kloroplas terdapat bermacam-macam enzim untuk reaksi kimia fotosintesis (Winatasasmita, 1986:88).

2.2 Hara Mineral yang Diperlukan oleh Tanaman

Tubuh tanaman sebagian besar terdiri atas tiga unsur, yaitu C 43,6 %, O 44,4 %, dan H 6,2%. Unsur-unsur itu diambil dari udara berupa CO₂ dan O₂ serta dari tanah berupa H₂O. Unsur lain juga diperlukan untuk pembentukan bermacam-macam protein, zat lemak dan zat-zat organik lainnya. Tanaman mengambil unsur-unsur dari tanah melalui akarnya, telah dibuktikan oleh Saussure (1804) dan Liebig (1840). Liebig menemukan suatu fakta bahwa banyaknya unsur-unsur yang diambil oleh suatu tanaman itu ada pengaruh timbal balik. Unsur yang sedikit dapat menyebabkan

tidak meresapnya unsur-unsur lain yang berlebihan, ini terkenal sebagai *Hukum Minimum Liebig*. Suatu tanaman yang kekurangan salah satu elemen pokok yang sangat diperlukan, biasanya memperlihatkan tanda-tanda yang segera terlihat dengan mudah. Ada kalanya tanda-tanda itu tidak tampak jelas tetapi dengan menggunakan alat-alat yang lebih teliti gejala tersebut dapat diketahui. Salah satu gejala yang sangat mencolok apabila tanaman kekurangan suatu elemen ialah pertumbuhan yang terganggu (Dwijoseputro, 1990:24-29).

Nutrisi adalah unsur-unsur kimia yang dibutuhkan oleh tanaman. Nutrisi mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sebab jika unsur yang dibutuhkan tanaman pada kondisi yang berlebihan ataupun kekurangan maka pertumbuhan tanaman dapat terganggu. Nutrisi atau unsur yang penting disebut sebagai unsur esensial. Secara keseluruhan terdapat 16 elemen yang diakui sebagai elemen esensial, sedangkan yang lain termasuk elemen fungsional. Elemen fungsional adalah elemen yang tidak mempunyai lima kriteria esensial yang dikemukakan oleh Graham (1975), yaitu:

1. Apabila elemen dibuang, pertumbuhan tanaman terhambat;
2. Apabila elemen disuplai, pertumbuhan kembali proporsional dengan sejumlah elemen yang disuplai tersebut;
3. Apabila pertumbuhan sangat terhambat, karakteristik gejala defisiensi tampak;
4. Tidak adanya suplai nutrisi, mengakibatkan siklus hidupnya tidak sempurna;
5. Fungsi biokimia secara spesifik pada elemen tersebut harus ada dan fungsinya tidak dapat sepenuhnya diganti oleh elemen lain.

Epstein (1975) juga memiliki dua kriteria untuk menentukan esensial atau tidaknya suatu unsur bagi tanaman yaitu: pertama suatu unsur dikatakan esensial jika tanaman tidak mampu menyempurnakan daur hidupnya (misalnya membentuk biji yang *viable*) tanpa unsur tersebut; kedua, suatu unsur adalah esensial bila unsur tersebut merupakan bagian dari molekul atau kandungan tanaman yang esensial bagi tanaman itu. Daniel Arnon dan Perry Stout (1939) menyarankan agar kriteria ketiga dipakai, yaitu bila suatu unsur dikatakan esensial, maka unsur itu haruslah secara

langsung berperan dalam tanaman dan bukan menyebabkan suatu unsur lain menjadi mudah tersedia atau melawan efek unsur lain. Kriteria terakhir dapat diterapkan dalam kasus tertentu (Salisbury dan Ross 1, 1995:132-133)

Fungsi umum elemen esensial didalam tanaman:

1. Komponen penyusun protoplasma dan dinding sel;
2. Berpengaruh terhadap tekanan osmotik sel tanaman;
3. Berfungsi dalam proses katalitik untuk aktivitas dalam berbagai reaksi enzimatik dalam sel;
4. Memiliki fungsi antagonistik dan keseimbangan.

Berdasarkan jumlah kebutuhan tanaman, menurut Sillanpaa (1972) elemen esensial dikategorikan menjadi tiga kelas yaitu:

- Unsur hara primer/mayor nutrient (N, P, dan K), karena diperlukan relatif dalam jumlah besar.
- Unsur hara sekunder
- Trace elements atau minor elements atau *micro elements* atau *micro nutrients* (Agustina, 1990:7-10).

2.3 Natrium

Disamping unsur esensial, beberapa spesies membutuhkan unsur lain, seperti natrium. Bertahun-tahun terdapat bukti bahwa diperlukan atau paling tidak menguntungkan spesies padang pasir tertentu seperti *Atriplex vesicaria* yang lazim didapati di padang kering Australia, dan *Halogeton glomeratus*, gulma bawaan yang lazim didapati di tanah kering bergaram di Amerika Serikat bagian barat. Peter F. Brownell dan Christopher J. Crossland (Brownell dan Crossland, 1972; juga Brownell, 1979, dalam Salisbury dan Ross 1, 1995) menyelidiki dan menelaah hara natrium pada 32 spesies, serta menyimpulkan bahwa tumbuhan yang mempunyai fotosintesis C_4 kemungkinan membutuhkan Na^+ sebagai mikrohara. Banyak spesies C_4 yang lain menunjukkan klorosis (kurang klorofil) hebat pada daun, dan terkadang nekrosis (jaringan mati) terlihat di tepi dan ujung daun. Diperkirakan jika taraf Na^+ jaringan

berkurang lagi dengan dihilangkannya natrium pencemar, tumbuhan ini menunjukkan gejala defisiensi lebih jelas, dan kematiannya akan menyusul. Dengan dasar ini dikatakan bahwa natrium hampir dipastikan esensial bagi spesies C_4 , terutama bila tumbuhan itu berada dilingkungan udara normal yang berkonsentrasi CO_2 rendah. Pada spesies tertentu yang menambat CO_2 dalam fotosintesis melalui lintasan *Metabolisme Asam Crassulaceae* (CAM) yang lazim pada tumbuhan sekulen juga lebih cepat dengan adanya natrium; untuk mereka Na^+ mungkin juga esensial (Salisbury dan Ross 1, 1995:133-136).

Berdasarkan kebutuhan terhadap Na, tanaman dapat dipilahkan menjadi 4 golongan yaitu: golongan A ialah tanaman yang sangat respon terhadap Na. Disamping itu Na dapat mengganti K dalam jumlah banyak dengan tidak berpengaruh pertumbuhan tanaman dan bahkan penambahan Na lebih banyak masih berpengaruh baik terhadap pertumbuhan (misalnya: bit gula, rumput C_4); golongan B ialah tanaman yang fungsi K hanya dalam jumlah sedang yang dapat diganti dengan Na (misalnya: kobis, kapas, gandum, bayam); golongan C ialah hanya sedikit sekali K yang dapat diganti oleh Na penambahan selanjutnya akan menyebabkan menurunkan produksi dan pertumbuhan tanaman (misalnya: barley, tomat, kentang, rumput rye); golongan D ialah tanaman yang unsur K tidak dapat diganti oleh Na (misalnya jagung, kedelai, kacang panjang, *Timothy*).

Golongan A dan B disebut natrophilik dan golongan C dan D disebut natrophobik. Natrophilik merupakan tanaman yang dapat menyerap Na dalam jumlah besar, sedangkan natrophobik merupakan tanaman yang menyerap Na dalam jumlah relatif sedikit. Perbedaan ini disebabkan akar tanaman natrophilik menyerap kemudian dialih tempatkan (*translocated*) ke bagian atas tanaman; sedangkan pada natrophobik Na tidak dapat dialih tempatkan. Pengaruh Na sering tidak bersifat langsung terhadap tanaman, disebabkan adanya sifat antagonistik Na terhadap unsur lain. Bila Na terdapat dalam jumlah besar, akan menyebabkan penyerapan unsur kalium (K) terhambat. Dalam keadaan tertentu pada tanaman sereal dan tanaman pertanian lainnya bila kekurangan K fungsinya dapat diganti oleh Na. Hal ini

memunculkan pertanyaan mengapa K sering dapat diganti oleh Na, padahal Na tidak dapat mengaktifkan enzim sebagaimana dilakukan K. Penggantian K oleh Na mungkin hanya dalam proses yang khusus misalnya fungsi menjaga turgor sel.

Menurut Agustina (1990) fungsi khusus natrium dalam tanaman yaitu:

1. Berperan dalam akumulasi asam oksalat;
2. Berperan dalam membukanya stomata, sebagai pengganti K;
3. Berperan dalam aktifitas *nitrat reduktase* (NR);
4. Dibutuhkan untuk tanaman yang mempunyai lintasan fotosintetik C4;
5. Menginduksi metabolisme *Crassuaceae*;
6. Mengatur keseimbangan air (osmosis).

2.4 Pengangkutan Pasif dan Aktif

Unsur yang tersedia untuk diambil oleh tanaman itu hanya yang berbentuk kation atau anion, dan absorpsi air beserta ion-ion dilakukan oleh ujung-ujung akar. Melalui kaliptra dan daerah meristem terjadi absorpsi air dan garam-garaman mineral, tetapi hanya dalam jumlah kecil. Peresapan terbanyak dilakukan oleh bulu-bulu akar. Elemen berupa kation atau anion yang diserap akar keduanya tidak bersama-sama dalam suatu ketika. Karena perbedaan muatan antara diluar dan di dalam akar, terjadilah tukar menukar ion antara akar dan tanah. Bisa saja terjadi kemungkinan suatu anion di dalam akar tertarik keluar oleh suatu kation didalam tanah atau sebaliknya. Misalkan ion Na^+ dari garam NaCl dapat masuk kedalam sel dengan tidak ditemani ion Cl^- , masuknya ion Na^+ ke dalam sel dapat disebabkan oleh tarikan OH^- , sedangkan ion H^+ yang bersisa ditarik keluar oleh Cl^- sehingga tersusun HCl yang kemudian mengakibatkan keasaman tanah. Dapat pula terjadi, ion Cl^- tertarik oleh H^+ dalam akar, dan Na^+ tertinggal kemudian berikatan dengan OH^- sehingga terbentuk NaOH yang mengakibatkan keadaan tanah menjadi basa.

Pada penyelidikan sel-sel ganggang *Nitella*, terungkap bahwa konsentrasi ion-ion didalam sel lebih tinggi daripada diluar sel, suatu keadaan yang biasa disebut sebagai timbunan garam (*salt acumulation*). Biasanya timbunan garam terdapat di

dalam sel-sel muda, terlebih meristem. Akumulasi ion-ion dalam sel akar berlipat-lipat kali dari besarnya konsentrasi di luar akar. Kemampuan mengantar arus listrik dari sel sama besarnya dengan kemampuan suatu elektrolit yang konsentrasinya sama. Maka pemasukan ion secara difusi atau osmosis dari luar ke dalam sel akar dapat diatasi dengan pertukaran ion dan akumulasi ion (Dwijoseputro, 1990:36-39).

Isi sel-sel hidup merupakan suatu larutan dan sistem koloid. Cairan sel sebagian besar menempati vakuola melalui osmosis. Dinding sel yang umumnya terdiri dari selulosa itu bersifat permeabel, sedangkan ektoplas (periplas dan plasmolema) itu sifatnya semipermeabel. Tonoplas yang menyelubungi vakuola juga bersifat semipermeabel. Air masuk vakuola dan menekan protoplasma, protoplasma sendiri juga bersifat semipermeabel meskipun semipermeabelitasnya lain daripada plasmolema. Protoplasma menekan dinding sel, tekanan pada dinding sel tersebut disebut tekanan turgor. Karena tekanan turgor dinding sel sedikit mengembang. Waktu dinding sel mengembang secara maksimum dikatakan sel mempunyai turgor atau turgid penuh. Tumbuhan yang cukup air, sel-selnya dalam keadaan turgid penuh. Jika tumbuhan kekurangan air akan terjadi plasmolisis (peristiwa terlepasnya protoplasma dari dinding sel karena air keluar dari sel) pada sel-selnya dan tumbuhan menjadi layu. Bayangkan sebuah sel yang sedang mengalami plasmolisis penuh. Potensial osmotik protoplasmanya tinggi. Jika sel itu dimasukkan dalam air, air akan masuk kedalam sel. Pada peristiwa ini dikatakan sel mempunyai daya menghisap (*suction pressure*) dan protoplasma mengembang kembali. Daya menghisap tersebut merupakan defisit tekanan difusi (*Diffusion Pressure Deficit*). Pada waktu air masuk kedalam sel dan protoplasma mengembang menekan dinding sel (tekanan turgor). Sebaliknya dinding sel juga menekan protoplasma, tekanan ini disebut tekanan dinding sel yang besarnya sama dengan tekanan turgor.

Semakin masuk ke akar, konsentrasi sel-selnya semakin tinggi, berarti defisit tekanan difusi makin besar dan air berdifusi dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi. Larutan disekitar akar boleh dianggap luas tak terbatas dan umumnya berkonsentrasi rendah, sehingga defisit tekanan difusi juga rendah. Semakin tinggi

dari tanah semakin tinggi nilai osmosisnya, sehingga sel daunlah yang paling tinggi osmosisnya. Secara umum tanaman hirofit, higrofit, mesofil, halofit, serofit itu nilai osmosisnya berurutan semakin tinggi. Golongan serofit atau halofit dapat memiliki nilai osmosis sampai 50 atm, sedangkan yang lain kira-kira 4-36 atm saja. Daun-daun yang terkena sinar matahari secara langsung lebih tinggi nilai osmosisnya dari pada daun-daun yang tidak mendapat sinar matahari secara langsung.

Pemasukan air dari tanah ke dalam sel-sel akar dengan jalan difusi, osmosis dan inhibisi dapat diterima berdasarkan hukum gas yang berlaku juga untuk zat cair dan zat padat. Nilai osmosis sel-sel suatu tanaman mengalami perubahan sesuai dengan keadaan air di dalam tanah. Jika tanah cukup air, maka nilai osmosis sel-sel tidak demikian tinggi. Dengan masuknya air dari tanah ke dalam akar tentulah terbawa pula ion-ion dalam tanah. Pemasukan ion-ion tanah ke dalam akar dipengaruhi oleh antagonisme ion, yang artinya pemasukan ion yang satu mempengaruhi, bahkan kadang-kadang menentang pemasukan ion-ion jenis lain. Misalnya ion-ion Ca^+ meniadakan pengaruh ion Na^+ terhadap kegiatan masuk keluarnya suatu zat tertentu. Konsentrasi ion Na^+ yang agak tinggi menghambat peresapan ion-ion K^+ atau ion-ion Ca^+ (Dwijoseputro, 1990:76-83).

2.5 Pengukuran Beda Potensial Listrik Tanaman

Terdapat dua bentuk gaya gerak yaitu satu tergantung pada gradien konsentrasi; dan dua tergantung pada gradien potensial listrik. Dalam ion pasif dan bergerak bebas satu sama lain, satu-satunya gaya yang bereaksi adalah gradien potensial kimianya. Sebuah ion yang dapat menembus sebuah membran akan berada dalam keseimbangan di antara kedua sisi membran jika potensial elektrokimianya bernilai sama. Potensial kimia adalah energi bebas per mol ion, berarti tidak ada perubahan pada energi bebas untuk memindahkan ion-ion dari sisi membran ke sisi yang lain; tidak ada kerja yang dilakukan ion-ion pada tingkat energi yang sama.

Potensial difusi merupakan perbedaan potensial listrik diantara sebuah membran yang memisahkan dua buah larutan garam encer. Potensial difusi muncul

karena ion-ion yang menembus cenderung membawa muatan listrik melintasi membran pada berbagai kecepatan yang berlainan. Dalam kenyataannya mereka tidak dapat melakukan hal ini karena larutan di kedua belah sisi membran harus tetap dalam keadaan netral listrik. Sehingga sebuah potensial muncul yang memperlambat ion-ion yang bergerak lebih cepat dan mempercepat ion-ion yang bergerak lebih lambat sampai mereka bergerak dengan kecepatan sama dan tidak ada beban listrik netto yang dibawa melintasi membran (tidak terdapat arus listrik melintasi membran). Persamaan matematis yang menambahkan gradien konsentrasi kimia melintasi membran pada gradien listrik (beda potensial listrik) untuk tanaman adalah persamaan Nernst (Flowers, 1992:33-35):

$$V_m = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[C_{out}]}{[C_{in}]} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana $V_m \equiv$ selisih potensial kimia total melintasi membran (joule/mol)

$RT \ln C \equiv$ peranan kimia pada zat terlarut

$zF \equiv$ peranan listrik

$R \equiv$ tetapan gas = 8,314 Jmol⁻¹K⁻¹

$T \equiv$ suhu mutlak (K)

$z \equiv$ jumlah muatan ion

$F \equiv$ tetapan Faraday = 96.400 Joule Volt⁻¹mol⁻¹

$C_{out} \equiv$ konsentrasi ion di luar sel

$C_{in} \equiv$ konsentrasi ion di dalam sel

Jika suhu dianggap sama dikedua sisi membran, kemudian persamaan (1) dapat diubah dalam bentuk log berdasarkan nilai 10 sehingga menjadi:

$$\log [C_{in} / C_{out}] = -zF / 2,3 RT \dots\dots\dots (2)$$

C_{in} / 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 2, 1995:169-171). Transport aktif terjadi pada makhluk hidup yang menghasilkan energi dari pernafasan sel, karena transport aktif membutuhkan energi (berasal dari ATP). Salah satu hipotesis mengatakan bahwa pada membran plasma terdapat *carrier* atau pengangkut yang dapat bergabung dengan molekul atau ion dari membran plasma sebelah dalam, kemudian molekul tersebut dilepaskan ke sitoplasma. Untuk tugas ini *carrier* memerlukan energi. Transport aktif sangat penting bagi tumbuhan misalnya adanya potensial listrik pada membran sel.

2.6 Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

Koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) adalah salah satu jenis tanaman yang dapat tumbuh dengan baik di lahan kritis. Koro benguk sebetulnya memiliki nilai ekonomis cukup tinggi, tetapi belum banyak dikembangkan. Masyarakat selama ini hanya mengenal koro benguk sebatas bahan pembuat tempe saja. Jika ditangani dengan baik maka biji koro benguk ini, seperti halnya kacang kedelai, dapat dijadikan bahan baku pembuatan beragam jenis makanan. Seperti bahan baku untuk membuat kecap, tahu, susu, dan roti kering. Di samping itu, kandungan protein biji koro benguk ini pun cukup tinggi, sekitar 20%-30%. Karenanya, sebagai sumber gizi terutama protein tidak perlu diragukan lagi (Media Indonesia, 2003).

Tanaman ini tergolong berumur panjang. Berbentuk perdu dan suka melilit. Batang pohonnya bulat kecil berwarna hijau kekuningan, panjangnya bisa mencapai 10 m. Sementara daunnya berbentuk segitiga. Buah benguk (panjangnya bisa mencapai 5-8 cm) lebih suka berkumpul atau bergerombol pada batang. Tiap buah mengandung sekitar tujuh biji.

Saat masih muda, kulit buahnya berwarna hijau dan berbulu halus menyerupai kain beludru. Namun, jika sudah tua, bulu-bulu halusnya itu berubah menjadi cokelat kehitam-hitaman. Sementara bijinya yang sebesar ujung kelingking, bentuknya mendekati persegi dengan ketebalan sekitar 5 mm. Warna kulit luar biji benguk

bermacam-macam, ada yang putih dengan bercak hitam, hitam saja, merah ungu berbintik coklat maupun putih bersih.

Tanaman benguk mudah diperbanyak menggunakan bijinya. Tanaman ini tidak memerlukan perawatan spesial, sehingga tidak jarang tumbuh liar di sembarang tempat. Tanaman ini lebih cocok berkembang biak di dataran rendah beriklim kering (Santoso, 2004).

Klasifikasi koro benguk:

Sinonim	: <i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Klas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Resales
Suku	: Leguminosae
Marga	: <i>Mucuna</i>
Jenis	: <i>Mucuna pruriens</i>
Habitat	: Semak, semusim, menjalar
Batang	: Kecil, bercabang, bulat, hijau
Daun	: Majemuk, tersebar, tangkai pendek, berambut, anak daun bulat telur, ujung runcing, tepi rata, pangkal tumpul, pertulangan menyirip, hijau
Bunga	: Majemuk, bentuk tandan, di ketiak daun, kelopak panjang \pm 6 mm. bentuk lonceng, benang sari lepas, kepala sari gundul, pulik satu, putih, mahkota bulat telur, ungu.
Buah	: Polong, panjang 5-10 cm, dengan rusuk membujur, ujung melekok, hitam.
Biji	: Pipih, putih.
Akar	: Tunggang, putih kekuningan (Anonim, 2004).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika dan *Green House* Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember, dari tanggal 1 Maret sampai dengan 18 Juni 2007.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sangkar Faraday
2. Philips Essential CoolDaylight 8 Watt (PT. Philips Indonesia)
3. Baterai Kering 1,5 Volt
4. Pipa kaca kapiler (*Borosilicate glass capillaries*, Havard Apparatus Ltd., Edenbridge, UK)
5. Tabung Plastik
6. Elektrometer
7. Timbangan Digital
8. Alat Pemanas
9. Beaker glass
10. Kertas Milimeter
11. Nampan
12. Pot Plastik
13. Bejana Elenmeyer



3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Biji koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)
2. Larutan Hoagland Termodifikasi

Larutan	Gram/ Liter
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.05
KNO_3	0.24
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.26
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.09
$\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.02
$\text{B}(\text{OH})_3$	0.001
$\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.0005
CuCl_2	0.00004
ZnCl_2	0.0002
MoO_3	0.00001
NaCl	
Na0	0
Na20	0.02
Na50	0.05
Na100	0.1
Na200	0.2

Sumber: Barak (2002).

3. Air murni (Aquadess)
4. Sumbu *cotton*
5. *Silver wire* (kawat perak)
6. Bubuk Agar-agar murni
7. Pasir
8. Kain Kasa
9. Plastik Mulsa
10. 1 M KCl

3.3 Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian dapat digambarkan dalam bagan dibawah ini:

1. Persiapan				
Persiapan media, pembuatan elektroda, konstruksi alat pengukur beda potensial				
2. Penanaman				
Penyemaian biji pada masing-masing pot dengan perlakuan yang berbeda-beda pada setiap nampan (masing-masing perlakuan terdiri dari 5 pot)				
Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3	Perlakuan 4	Perlakuan 5
Na0 (Tanaman kontrol) [Na] = 0 g/L	Na20 [Na] = 0.02 g/L	Na50 [Na] = 0.05 g/L	Na100 [Na] = 0.1 g/L	Na200 [Na] = 0.2 g/L
3. Pengambilan Sampel dan Data				
Pengambilan sampel daun, pengukuran luas daun dan beda potensial permukaan daun dari masing-masing tanaman dilakukan per minggu				
4. Analisa Data				

3.3.1. Tahap Persiapan

3.3.1.1 Persiapan Media Tanam

Pasir yang telah dicuci dan disterilkan dengan cara dipanaskan, digunakan sebagai media tumbuh tanaman. Pasir yang telah disterilkan ditempatkan ke dalam pot, kemudian disusun di atas nampan yang berisi larutan Hoagland. Ketinggian (level) larutan dalam nampan dijaga tetap konstan dengan cara menambahkan larutan setiap saat jika diperlukan.

3.3.1.2 Pembuatan Elektroda

1. Pembuatan Elektroda Wick

a. Pengisian agar-agar 1% dalam 1M KCl pada pipa kapiler.

Pipa kaca kapiler (*Borosilicate glass capillaries*, Havard Apparatus Ltd., Edenbridge, UK) dengan diameter luar 1.5 mm dan diameter dalam 0.86 mm, dipanaskan dengan alat pemanas khusus sehingga salah satu ujungnya meruncing, dipakai sebagai bahan utama pembuatan elektroda Wick. Dicampurkan agar-agar 1% dalam 1 M KCl dibuat dengan cara mencampur 100 ml 1 M KCl dengan 0.74 gram

bubuk agar-agar, kemudian dididihkan secara perlahan dan diaduk sehingga tercampur dengan merata.

Pipa kaca kapiler dengan ujung meruncing, ditempatkan pada bejana *elenmeyer*, dengan posisi ujung yang runcing dibagian bawah. Campuran agar-agar 1% dalam 1M KCl yang masih hangat dimasukkan ke dalam bejana tersebut sedikit demi sedikit, 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 agar-agar 1% dan 1M KCl tersebut kemudian didinginkan.

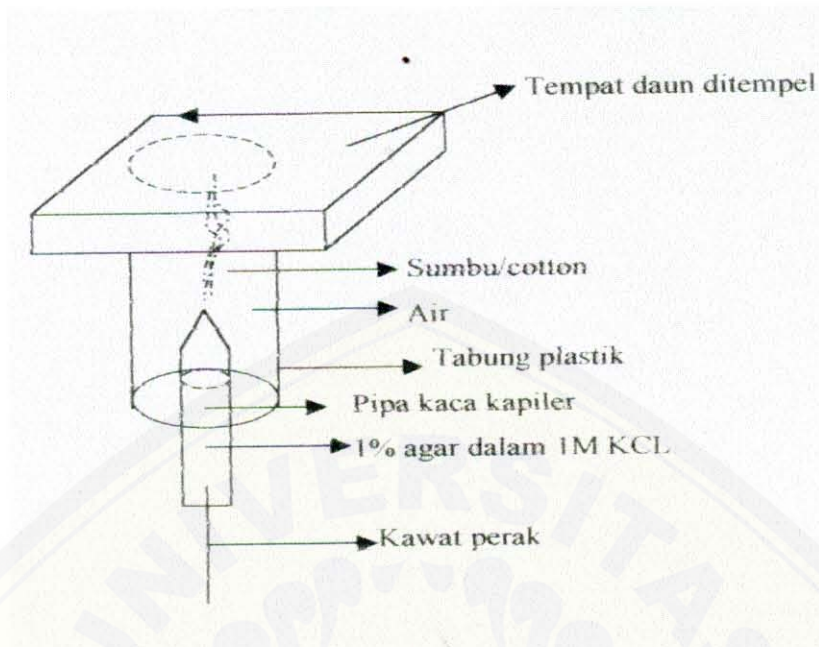
b. Penyepuhan kawat Ag/AgCl

Bahan dan alat yang digunakan untuk penyepuhan kawat perak adalah kawat perak (Ag), larutan 1 M KCl, baterai kering 1.5 Volt sebagai sumber arus, dan *beaker glass*. Tahap-tahap penyepuhan adalah sebagai berikut:

1. Kawat Ag dipotong sekitar 4 cm, dengan melepas lapisan Teflon pada kawat tersebut.
2. Kawat perak tersebut dihubungkan dengan kutub positif dan kutub negatif dari 1.5 Volt baterai kering dan dicelupkan ke dalam larutan 1 M KCl. Proses penyepuhan berlangsung selama 2 menit, yaitu sampai kawat perak yang dihubungkan dengan kutub positif terlapisi oleh senyawa Cl⁻ yang berasal dari larutan KCl.
3. Kawat perak yang sudah disepuh (yang terhubung dengan kutub positif baterai) dipakai sebagai kawat elektroda Wick.

c. Elektroda Wick

Kawat perak yang telah disepuh pada langkah b, dimasukkan ke dalam pipa kapiler yang berisi agar-agar 1% dalam 1 M KCl, kemudian dimasukkan ke dalam tabung plastik khusus untuk elektroda Wick (ditunjukkan dalam gambar 3.1).



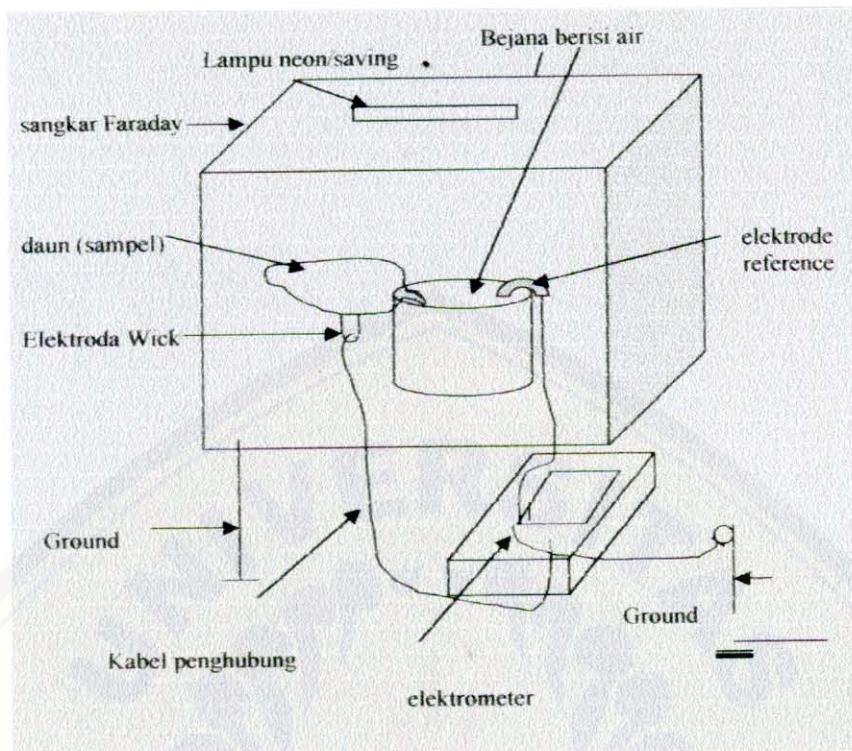
Gambar 3.1 Diagram Elektroda Wick

2. Pembuatan Elektroda Reference

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

3.3.1.3 Konstruksi Alat Pengukuran Potensial Listrik

Diagram alat pengukuran beda potensial tanaman digambarkan pada halaman selanjutnya (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Diagram Alat Pengukuran Beda Potensial Listrik tanaman.

3.3.2 Tahap Penanaman

Biji koro bengkok ditanam di dalam pot pasir yang telah diuapi sebagai media tanamnya, yang bagian bawahnya telah dialasi dengan kain kasa. Penanaman dilakukan sebanyak 5 macam perlakuan yang berbeda. Pada penanamannya menggunakan larutan Hoagland yang dimodifikasi.

3.3.3 Tahap Pengambilan Sampel dan Data

3.3.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel daun diambil dari daun pada posisi ke 5 dari pucuk batang utama tanaman. Daun diambil sampai pangkal tangkai daun, kemudian pangkal tangkai daun diletakkan pada bejana yang berisi aquades untuk menghindari terjadinya dehidrasi. Pengambilan sampel daun tersebut dilakukan untuk semua tanaman pada

setiap perlakuan. Kemudian sampel daun tersebut diletakkan dalam ruang gelap selama 15 menit.

3.3.3.2 Pengambilan Data

1. Pengukuran Luas daun

Metode yang digunakan untuk mengukur luas daun dengan menggunakan metode panjang x lebar x faktor koreksi. Total luas daun tanaman dari setiap perlakuan diukur setiap minggu.

2. Pengukuran Beda Potensial

Daun kemudian ditempatkan pada bejana yang tersedia, dengan ujung daun dimasukkan kedalam bejana yang berisi air tersebut (gambar 3.2). Pengukuran beda potensial daun tanaman dilakukan dalam sangkar Faraday, yang terbuat dari Aluminium dan dihubungkan dengan ground. Sangkar Faraday dipakai sebagai filter gelombang pengganggu, sehingga pengukuran beda potensial merupakan beda potensial murni dari daun tanaman. Pengukuran beda potensial dilakukan setiap 1 minggu sekali. Pada saat pengukuran daun dilakukan penyinaran terhadap daun tersebut menggunakan lampu Philips Essential CoolDaylight 8 Watt (PT. Philips Indonesia) dengan durasi waktu 15 menit *on-off*. Pengukuran dilakukan pada jam sama untuk setiap pengukuran daun setiap harinya.

3.3.4 Tahap Analisa Data dan Desain Penelitian

Hasil dari pengukuran beda potensial listrik permukaan daun dan luas daun tanaman di setiap minggunya ditabelkan, kemudian dengan menggunakan program Excel dibuat grafik luas permukaan daun serta grafik perbedaan potensial listrik permukaan daun terhadap konsentrasi Natrium yang diberikan pada media tanamnya. Desain penelitian yang digunakan adalah desain acak lengkap dengan ukuran sampel sama untuk data beda potensial listrik permukaan daun (Groeneveld R.A., 1988:453-461; Sugandi E., dan Sugiarto, 1994:21-35), dan desain acak lengkap dengan ukuran sampel yang tidak sama untuk data luas daun tanaman (Groeneveld R.A., 1988:462-

467; Walpole R.E., dan Myers R.H., 1995:533). Kemudian data dianalisa menggunakan *one-way ANOVA* (*one-way Analisis of Variance*, analisis varian satu arah) dalam program MINITAB untuk memperjelas beda signifikan yang terjadi antar *mean* data (Groeneveld R.A., 1988). Uji lanjut Duncan juga digunakan untuk mendeterminasikan jika beda signifikan ($p < 0,05$) terjadi antar individual perlakuan (Minitab Inc., 2004).



BAB 6. PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) yang diberi perlakuan natrium, didapatkan range nilai beda potensial listrik permukaan daun tanaman saat fotosintesis untuk tanaman kontrol (Na0) adalah -99.2 mV sampai -170.4 mV, untuk tanaman beperlakuan Na20 memiliki range antara -97.2 mV sampai -159.6 mV, untuk tanaman beperlakuan Na50 memiliki range antara -94.2 mV sampai -127.8 mV, untuk tanaman beperlakuan Na100 memiliki range antara -84.4 mV sampai -139.8 mV, dan untuk tanaman beperlakuan Na200 (salinitas tinggi) memiliki range antara -83 mV sampai -133.8 mV.

Pada minggu kedua nilai beda potensial permukaan daun saat fotosintesis sudah dapat digunakan sebagai indikator awal bahwa tanaman dipengaruhi oleh efek natrium. Pada minggu-minggu sesudahnya nilai beda potensial listrik permukaan daun pada tanaman koro benguk terus mengalami peningkatan sampai nilai puncak pada minggu ke empat. Pada minggu kelima sampai minggu terakhir, nilai beda potensial permukaan daun saat fotosintesis pada daun koro benguk mengalami penurunan. Sampai minggu terakhir pengukuran, nilai beda potensial listrik permukaan tanaman kontrol (Na0) selalu memiliki nilai tertinggi diantara tanaman yang lainnya. Tanaman Na200 memiliki nilai beda potensial lebih rendah dari tanaman yang lain sampai minggu terakhir pengukuran.

Berdasarkan hasil data didapatkan bahwa pengukuran luas daun tanaman tidak dapat dijadikan indikator untuk mengetahui efek pemberian konsentrasi natrium pada media tanam tanaman koro benguk sampai minggu-minggu terakhir usia tanaman. Pengurangan jumlah daun, ukuran daun mengecil dan gejala seperti kekeringan terjadi pada minggu-minggu terakhir pengukuran. Penilaian kesehatan

tanaman akibat efek natrium menggunakan pengukuran luas daun tanaman dan melihat gejala penampakan akan didapatkan pada minggu terakhir dari usia tanaman (minggu keenam).

Semakin bertambah usia tanaman maka beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis akan semakin menurun. Semakin bertambah kadar natrium yang diberikan dalam media tanam koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) maka ukuran daunnya semakin mengecil dan potensial listriknya semakin menurun. Melihat karakteristik nilai beda potensial listrik permukaan daun saat fotosintesis, tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) tahan terhadap pemberian natrium berkonsentrasi 20 ppm.

6.2 SARAN

Metode pengukuran beda potensial listrik permukaan daun dapat dipergunakan untuk mengetahui *strees* yang terjadi pada tanaman disaat tanaman masih berusia dini, sehingga penanganan dapat dilakukan dengan segera dan kerugian dapat ditekan seminimal mungkin. Hasil penilaian kesehatan tanaman secara konvensional seperti melihat gejala visual untuk mendiagnosa tanaman akan didapatkan pada usia akhir tanaman, karena gejala visual yang ditimbulkan mungkin saja efek perpaduan defisiensi atau toksisitas berbagai unsur, mungkin juga efek yang ditimbulkan oleh penyakit tertentu. Dan akan terlambat bila menunggu munculnya gejala visual, karena tanaman sudah menalami *stress* yang cukup parah dan kemungkinan tanaman akan sehat kembali cukup sulit.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina L. 1990. *Nutrisi Tanaman*. Jakarta: Rineka Cipta.

Anonim. 2004. *Sub Divisi Bunga Angiospermae Dicotyledonae Resales Lenguminosae* [Serial Online]. <http://www.iptek.apjii.or.id> [14 Agustus 2006].

Barak P. 2002. *Essential Elements for Plant Growth Hydroponics* [Serial Online]. Wisconsin: University of Wisconsin-Madison <http://www.soils.wisc.edu/~barak/soilscience326/hydropon.htm> [5 Mei 2007]

Clark D.R., Green C.J., Gordon J.A. 1999. *Laboratory Exercise to Demonstrate Effect of Salt on Plants an Soil* [Serial Online]. Texas: Texas Tech University. <http://www.Jnrlse.org/pdf/2000/e99-10k.pdf> [11 juni 2006]

Cramer G. R. 2002. *Sodium-Calcium Interactions Under Salinity Stress* [Serial Online]. USA: University of Nevada. <http://www.ag.unr.edu/cramer/Publications/NaCaReview2002.pdf> [22 juni 2007]

Delvian. 2005. *Respon pertumbuhan dan Perkembangan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Tanaman Terhadap Salinitas Tanah* [Serial Online]. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/fp/hutan-delvian2.pdf> [30 april 2007]

Dwidjoseputro D. 1990. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Gramedia.

Fitter A. H., dan Hay R. K. M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

- Flowers T. J., and Yeo A. R. 1992. *Solute Transport in Plants*. London: Blackie Academy & Profesional.
- Gardner F. P., Pearce R. B., dan Mitchell R. L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: Universitas Indonesia Perss.
- Groeneveld R.A. 1988. *Introductory Statistical Methods on Integrated Aproach Using Minitab*. USA: Wadsworth, Inc.
- Hariadi Y., and Shabala S. 2004. *Screening broad beans (Vicia faba) for magnesium deficiency. II Photosynthetic performance and leaf bioelectrical responses*. Functional Plant Biology.
- Khan M.A., Ungar I.A., Showalters A.M. 1999 *Effects of Salinity on Growth, Water Relations and Ion Accumulation of the Subtropical Perennial Halophyte, Atriplex griffithii var. stocksii* [Serial Online]. Ohio: Ohio University. <http://www.plantbio.ohiou.edu/epb/faculty/research/showalter%20lab/hKhan%20et%20al%202000%20Annals%20of%20Botany.pdf> [11 juni 2006]
- Media Indonesia. 2003. *UPT Kembangkan Industri Kecil Berbasis Koro Benguk* [Serial Online]. <http://www.mediaindo.co.id> [14 Agustus 2006]
- Minitab, Inc. 2004. *Meet Minitab Release 14 for Windows*. USA: Minitab, Ltd.
- Onrizal. 2005. *Adaptasi Tumbuhan Mangrove Pada Lingkungan Salin Dan Jenuh Air* [Serial Online]. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/fp/hutan-onrizal9.pdf> [11 juni 2006]
- Salisbury F. B., dan Ross C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan 1*. Bandung: ITB.
- Salisbury, F. B. dan Ross C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan 2*. Bandung: ITB.

- Santoso B. H. 2004. *Kecap Benguk juga Nomor Satu* [Serial Online]. <http://www.intisari online.com> [14 Agustus 2006].
- Sipayung R. 2003. *Stres Garam dan Mekanisme Toleransi Tanaman* [Serial Online]. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/fp/bpd-rosita2.pdf> [7 Juni 2006]
- Suwasono H. 1990. *Biologi Pertanian. Tinjauan Singkat Tentang Anatomi, Fisiologi, Sistematika & Genetika Dasar Tumbuh-tumbuhan*. Jakarta: Rajawali Perss.
- Sugandi E., dan Sugiarto. 1994. *Rancangan Percobaan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Walpole R.E., dan Myers R. H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan Edisi ke-4*. Bandung: ITB.
- Winatasmita D. 1986. *Buku Materi Pokok Fisiologi Hewan dan Tumbuhan; 1-5*. Jakarta: Universitas Terbuka Depdikbud.

LAMPIRAN

A. Gambar Alat dan Bahan



Keterangan (dari kiri ke kanan): bubuk agar-agar murni, agar-agar 1% dalam 1M KCl, bahan larutan Hoagland, baterai, elektroda Reference, plastik mulsa, elektroda Wick, tabung gelas mikro, timbangan digital, elektrometer, pemanas, sangkar faraday, visualisasi dalam sangkar faraday.

B. Hasil Pengukuran Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Bengkuk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Saat Fotosintesis

Tanaman	Minggu Kedua	Minggu Ketiga	Minggu Keempat	Minggu Kelima	Minggu Keenam	Minggu Ketujuh
	on (mV)	on (mV)	on (mV)	on (mV)	on (mV)	on (mV)
0 ppm (Na0) (Kontrol)	102	144	171	165	114	120
	102	141	171	168	120	111
	102	144	171	156	117	108
	100	132	170	147	132	120
	90	129	169	147	123	117
Rata-rata	99,20	132,00	170,40	156,6	121,2	115,2
20 ppm (Na20)	93	135	174	126	105	105
	98	132	165	135	117	117
	98	129	156	135	120	114
	98	120	153	138	123	114
	99	120	150	132	120	114
Rata-rata	97,20	127,20	159,60	133,2	117	112,8
50 ppm (Na50)	87	132	156	132	96	111
	96	126	159	123	114	108
	99	126	162	120	114	105
	93	120	159	132	114	105
	96	126	159	132	105	102
Rata-rata	94,20	126,00	159,00	127,8	108,6	106,2
100 ppm (Na100)	88	97	129	138	108	96
	84	105	144	129	102	102
	82	105	141	126	105	102
	84	108	144	120	105	102
	84	108	141	114	114	96
Rata-rata	84,40	104,60	139,80	125,4	106,8	99,6
200 ppm (Na200)	82	97	135	108	99	75
	88	105	135	123	102	81
	88	102	129	123	105	85
	85	98	135	126	105	83
	72	98	135	120	102	81
Rata-rata	83,00	100,00	133,80	120	102,6	81

C. Tabel Hasil Pengukuran Luas Daun Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

Tanaman	Minggu Kedua (cm ²)	Minggu Ketiga (cm ²)	Minggu Keempat (cm ²)	Minggu Kelima (cm ²)	Minggu Keenam (cm ²)	Minggu Ketujuh (cm ²)
0 ppm (Na0) (Tanaman Kontrol)	21.9375	23.5235	38.4605	35.685	27.716	26.52
	42.016	44.2	50.765	38.454	0	0
	22.126	22.126	31.239	19.0125	27.5275	26.8125
	35.685	36.673	35.6655	30.16	29.2825	28.5935
	37.076	38.0835	37.83	29.848	15.21	13.4355
	26.91	28.106	38.857	24.5245	12.5125	12.5125
	37.6675	39.091	44.85	27.04	51.48	39.494
	29.835	34.4955	56.628	35.6655	28.5285	28.5285
	36.27	44.421	24.5245	56.628	41.912	40.703
	30.1665	31.694	27.04	9.945	32.175	32.175
Rata-rata	31.9689	34.2413	38.5859	30.6962	26.634	24.8775
20 ppm (Na20)	23.218	24.843	40.131	29.783	11.375	10.725
	38.064	53.144	31.668	25.35	39.195	36.855
	19.4545	21.45	27.3	18.564	24.375	20.9625
	24.5245	28.1775	34.515	14.196	22.9125	21.9375
	32.214	34.71	39.78	14.911	12.87	11.0825
	35.568	39.2535	49.2115	27.5145	23.5235	23.218
	36.049	21.229	34.684	14.235	40.755	41.184
	21.229	39.494	14.911	27.3	14.04	11.7
	30.186	32.604	26.4355	34.515	19.2855	19.2855
	31.772	32.7275	27.5145	24.5245	39	39
Rata-rata	29.2279	32.7632	32.6150	23.0893	24.7331	23.595
50 ppm (Na50)	27.378	29.133	26.52	28.5935	30.94	29.484
	36.049	46.852	55.796	23.92	31.668	31.668
	28.938	39.7215	51.012	19.2855	18.7265	18.7265
	33.488	32.9745	52.1495	19.734	21.9375	21.9375
	30.03	31.863	27.04	52.1495	0	0
	33.852	35.815	23.725	16.7895	20.475	20.475
	27.378	29.627	16.7895	28.392	24.7	24.7
	24.206	26.65	59.9625	37.1995	10.725	10.725
	28.249	30.537	28.392	26.52	19.565	19.565
	26.1885	27.716	37.1995	17.056	0	0
Rata-rata	29.5756	33.0889	37.8586	26.9639	17.8737	17.7281

Lanjutan tabel hasil pengukuran luas daun tanaman koro benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

Tanaman	Minggu Kedua (cm ²)	Minggu Ketiga (cm ²)	Minggu Keempat (cm ²)	Minggu Kelima (cm ²)	Minggu Keenam (cm ²)	Minggu Ketujuh (cm ²)
100 ppm (Na100)	36.478	37.479	25.675	17.3225	18.018	16.926
	39.936	40.352	41.3595	28.5935	18.4275	18.4275
	34.1315	35.2885	24.206	24.96	10.6795	10.6795
	52.6695	52.6695	23.725	18.018	9.2235	9.2235
	37.076	37.674	43.095	27.378	19.305	19.305
	33.124	33.7155	27.5145	37.83	19.0125	19.0125
	29.627	31.304	50.6805	42.9975	20.93	20.93
	33.852	34.4565	29.484	24.7	0	0
	35.282	36.478	37.83	26.1885	23.4	23.4
	42.016	43.329	42.9975	23.1985	5.3625	5.3625
Rata-rata	37.4192	38.2746	34.6567	27.1186	14.4358	14.3266
200 ppm (Na200)	36.894	37.453	42.042	14.6705	0	0
	45.7275	46.41	44.785	22.9125	7.735	7.735
	28.782	30.03	32.032	19.006	9.009	9.009
	32.383	29.133	40.352	11.648	11.154	11.154
	32.383	33.345	42.1785	48.776	30.42	30.42
	34.515	33.345	48.776	41.405	0	0
	33.124	36.0815	28.509	39.2535	41.3595	37.674
	29.2825	33.488	26.65	20.254	0	0
	31.694	29.627	41.405	13.65	0	0
	39.312	41.184	13.65	19.383	25.8375	25.8375
Rata-rata	34.4097	35.0096	36.0379	25.0958	12.5515	12.1829

D. Sidik Ragam Pengaruh Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Saat Fotosintesis

a. Minggu Kedua

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	1108,4	13,53	13,53	0,000
2. Galat	20	409,6	20,5		
3. Total	24	1518,0			

b. Minggu Ketiga

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	4241,0	1060,2	22,37	0,000
2. Galat	20	948,0	47,4		
3. Total	24	5189,0			

c. Minggu Keempat

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	4620,2	1155,1	39,15	0,000
2. Galat	20	590	29,5		
3. Total	24	5210,2			

d. Minggu Kelima

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	4050,0	1012,5	17,86	0,000
2. Galat	20	1134,0	56,7		
3. Total	24	5184,0			

e. Minggu Keenam

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	1168,6	292,1	7,73	0,001
2. Galat	20	756,6	37,8		
3. Total	24	1924,6			

f. Minggu Ketujuh

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	3753,4	938,3	53,99	0,000
2. Galat	20	347,6	17,4		
3. Total	24	4101,0			

E. Sidik Ragam Pengaruh Natrium Terhadap Luas Daun Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

a. Minggu Kedua

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	473,8	118,5	3,44	0,016
2. Galat	45	1551,2	34,5		
3. Total	49	2025,1			

b. Minggu Ketiga

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	194,3	48,6	0,93	0,457
2. Galat	45	2356,6	52,4		
3. Total	49	2550,9			

c. Minggu Keempat

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	234	58	0,46	0,765
2. Galat	45	5734	127		
3. Total	49	5968			

d. Minggu Kelima

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	318	79	0,71	0,591
2. Galat	45	5053	112		
3. Total	49	5371			

e. Minggu Keenam

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	886	222	2,31	0,096
2. Galat	37	3848	104		
3. Total	41	4735			

f. Minggu Ketujuh

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F	P
1. Tanaman	4	662,0	165,5	1,81	0,147
2. Galat	37	3380,3	91,4		
3. Total	41	4042,3			

F. Hasil Analisis *One-way* ANOVA (Menggunakan Program Minitab)

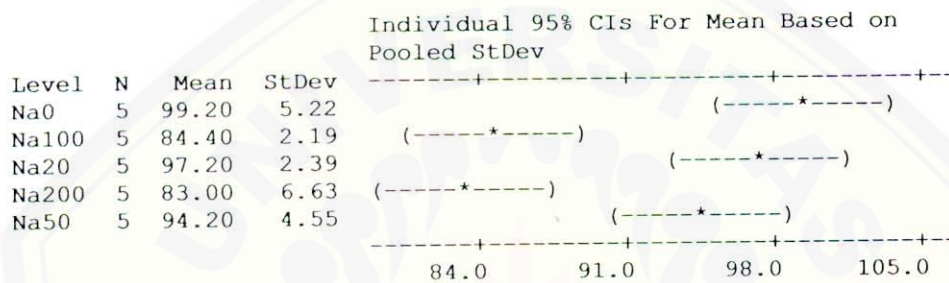
a. Pengaruh Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun

Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Saat Fotosintesis

One-way ANOVA: minggu ke2 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
tanaman	4	1108.4	277.1	13.53	0.000
Error	20	409.6	20.5		
Total	24	1518.0			

S = 4.525 R-Sq = 73.02% R-Sq(adj) = 67.62%

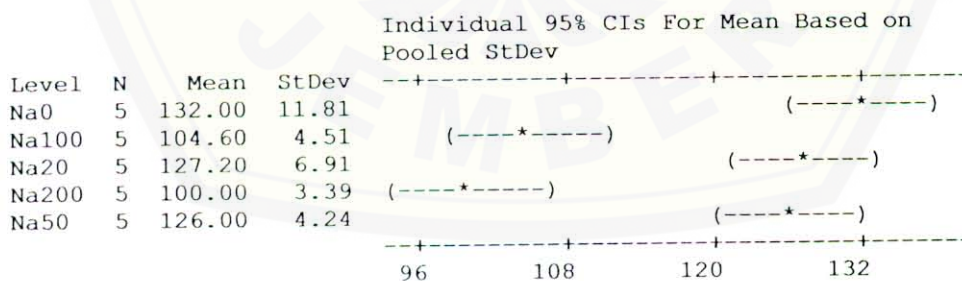


Pooled StDev = 4.53

One-way ANOVA: minggu ke3 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
tanaman	4	4241.0	1060.2	22.37	0.000
Error	20	948.0	47.4		
Total	24	5189.0			

S = 6.885 R-Sq = 81.73% R-Sq(adj) = 78.08%

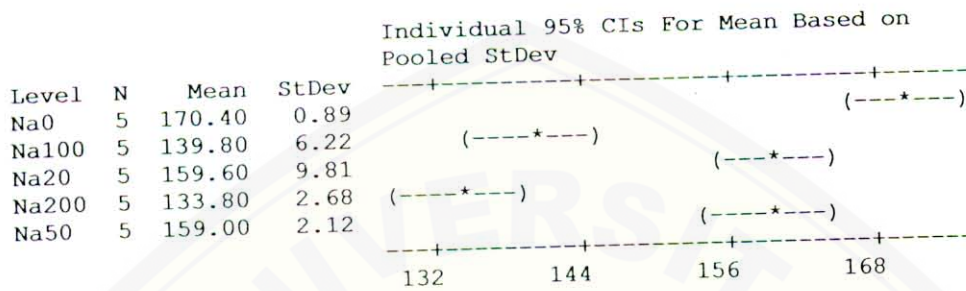


Pooled StDev = 6.88

One-way ANOVA: minggu ke4 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F*	P
tanaman	4	4620.2	1155.1	39.15	0.000
Error	20	590.0	29.5		
Total	24	5210.2			

S = 5.431 R-Sq = 88.68% R-Sq(adj) = 86.41%

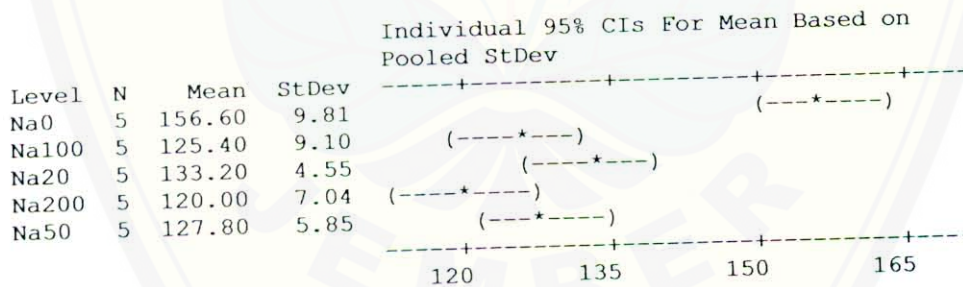


Pooled StDev = 5.43

One-way ANOVA: minggu ke5 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
tanaman	4	4050.0	1012.5	17.86	0.000
Error	20	1134.0	56.7		
Total	24	5184.0			

S = 7.530 R-Sq = 78.13% R-Sq(adj) = 73.75%

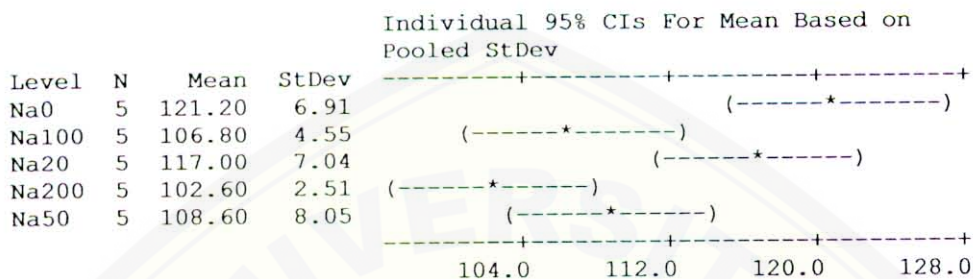


Pooled StDev = 7.53

One-way ANOVA: minggu ke6 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F*	P
tanaman	4	1168.6	292.1	7.73	0.001
Error	20	756.0	37.8		
Total	24	1924.6			

S = 6.148 R-Sq = 60.72% R-Sq(adj) = 52.86%

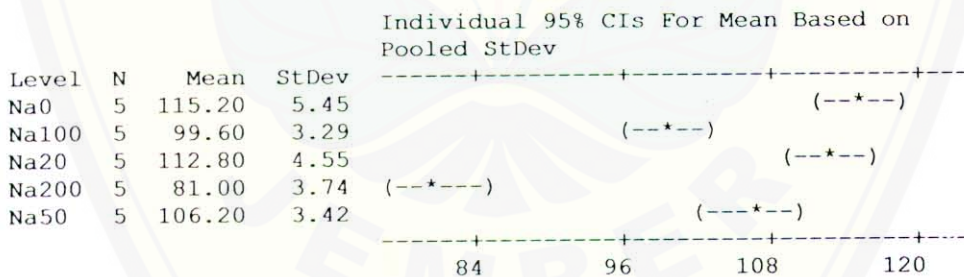


Pooled StDev = 6.15

One-way ANOVA: minggu ke7 versus tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
tanaman	4	3753.4	938.3	53.99	0.000
Error	20	347.6	17.4		
Total	24	4101.0			

S = 4.169 R-Sq = 91.52% R-Sq(adj) = 89.83%



Pooled StDev = 4.17

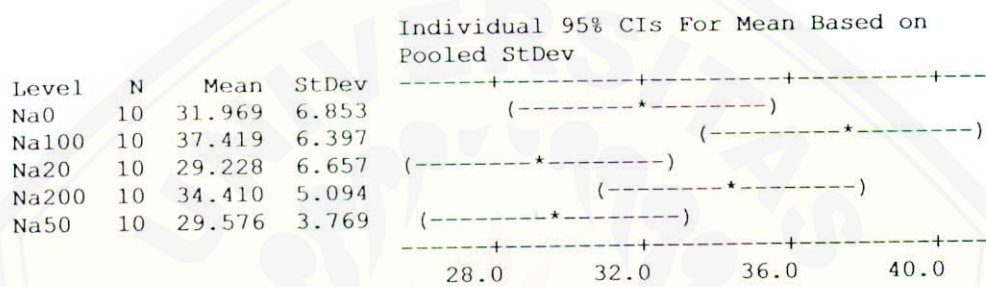
b. Pengaruh Natrium Terhadap Luas Daun Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

Results for: LUAS DAUN TANAMAN.MTW

One-way ANOVA: minggu ke2 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	P
luas daun	4	473.8	118.5	3.44	0.016
Error	45	1551.2	34.5		
Total	49	2025.1			

S = 5.871 R-Sq = 23.40% R-Sq(adj) = 16.59%

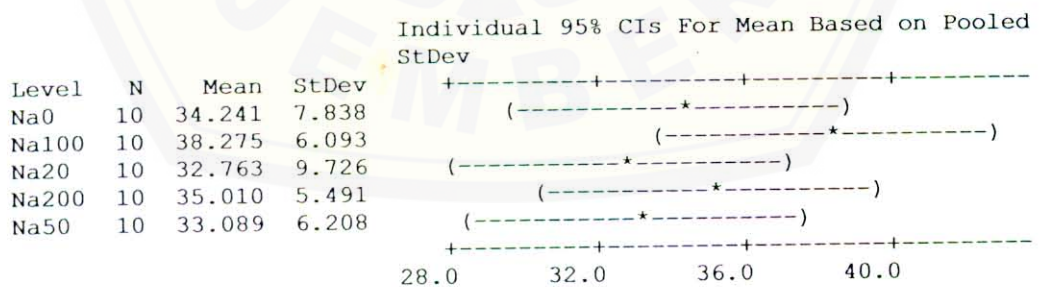


Pooled StDev = 5.871

One-way ANOVA: minggu ke3 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	P
luas daun	4	194.3	48.6	0.93	0.457
Error	45	2356.6	52.4		
Total	49	2550.9			

S = 7.237 R-Sq = 7.62% R-Sq(adj) = 0.00%

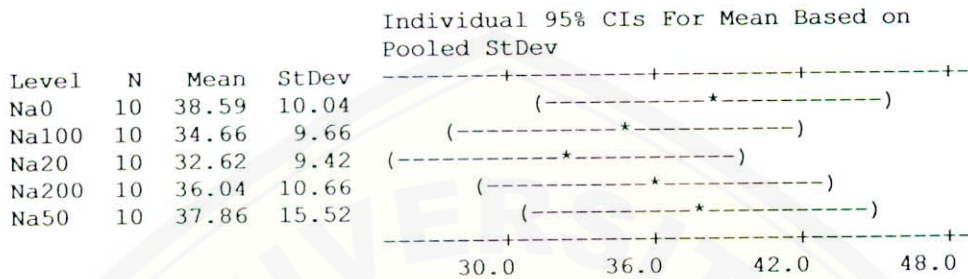


Pooled StDev = 7.237

One-way ANOVA: minggu ke4 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	P
luas daun	4	234	58	0.46	0.765
Error	45	5734	127		
Total	49	5968			

S = 11.29 R-Sq = 3.92% R-Sq(adj) = 0.00%

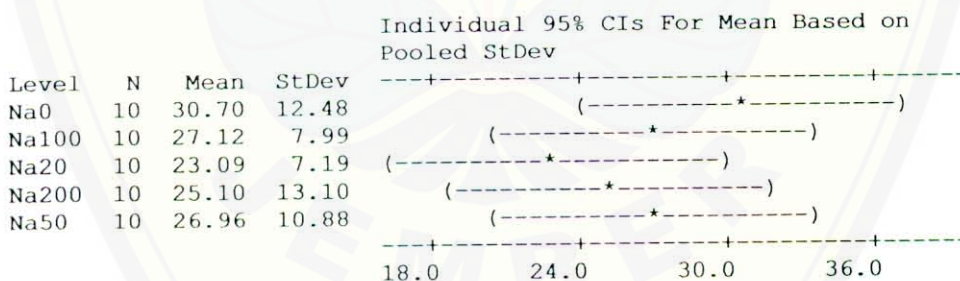


Pooled StDev = 11.29

One-way ANOVA: minggu ke5 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	P
luas daun	4	318	79	0.71	0.591
Error	45	5053	112		
Total	49	5371			

S = 10.60 R-Sq = 5.92% R-Sq(adj) = 0.00%

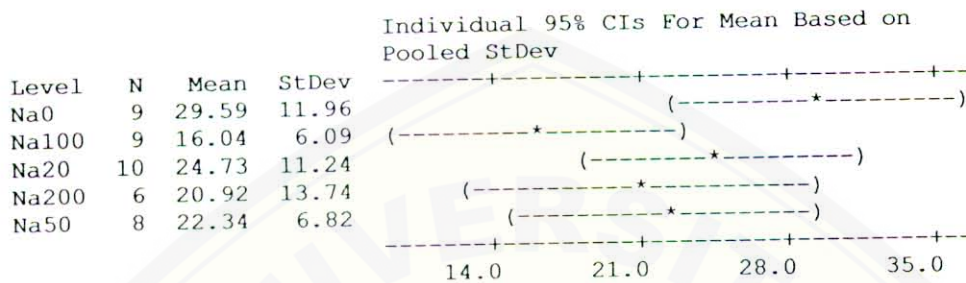


Pooled StDev = 10.60

One-way ANOVA: minggu ke6 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	* P
luas daun	4	886	222	2.13	0.096
Error	37	3848	104		
Total	41	4735			

S = 10.20 R-Sq = 18.72% R-Sq(adj) = 9.94%

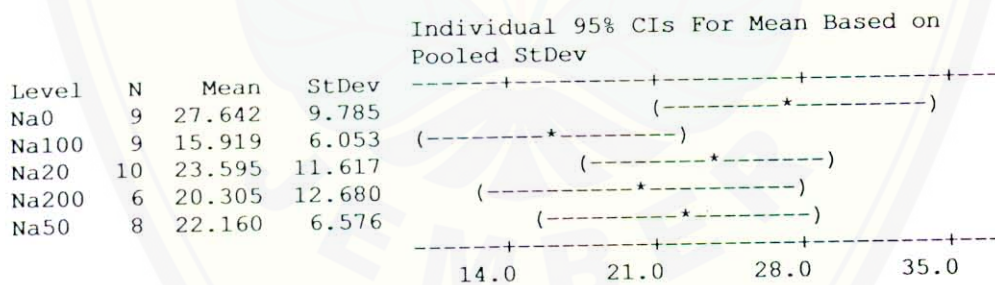


Pooled StDev = 10.20

One-way ANOVA: minggu ke7 versus luas daun

Source	DF	SS	MS	F	P
luas daun	4	662.0	165.5	1.81	0.147
Error	37	3380.3	91.4		
Total	41	4042.3			

S = 9.558 R-Sq = 16.38% R-Sq(adj) = 7.34%



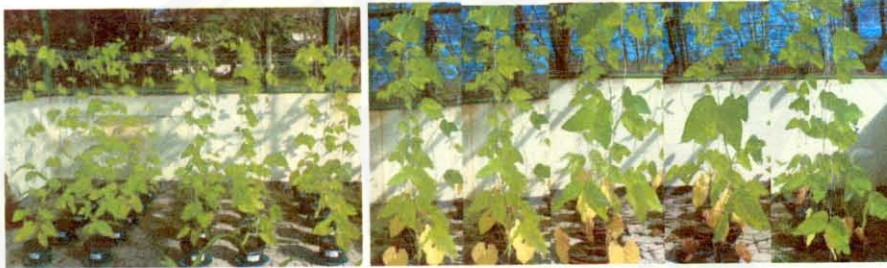
Pooled StDev = 9.558

G. Visualisasi Tanaman (semakin kekanan konsentrasi natrium yang diberikan semakin tinggi)

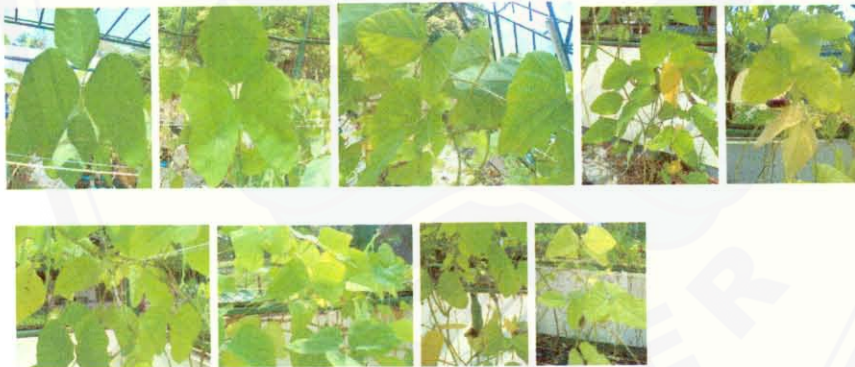
a. Minggu Kedua dan Ketiga



b. Minggu Keempat dan Kelima



c. Minggu Keenam dan Ketujuh



d. Buah koro benguk (Na0, Na20, Na100)





SURAT KETERANGAN SELESAI PERBAIKAN SKRIPSI

Kami selaku Tim Penguji Tugas Akhir/Skripsi dari mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Nur Khalimah

Nomor Induk Mahasiswa : 031810201024

Jurusan : Fisika

Semester : IX

Tanggal Ujian : 3 September 2007

Judul Tugas akhir : Efek Natrium Terhadap Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Koro Benguk (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Saat Fotosintesis

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan perbaikan Tugas Akhir/Skripsi sebelum berakhirnya batas waktu yang telah ditetapkan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Tim Penguji Skripsi



Jember, 4 September 2007
Ketua

(Drs. Yuda C. H., M.Sc., Ph.D)
NIP 131 660 784

Jember, 4 September 2007
Sekretaris

(Dra. Arry Y. Nurhayati, M.Sc)
NIP 131 577 293

Jember,
Penguji I

(Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si)
NIP 132 206 034

Jember,
Penguji II

(Lutfi Rohman, S.Si., M.Si)
NIP 132 206 037