



TUGAS AKHIR - SB 141510

**ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN KEDELAI
(*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA
PERLAKUAN CEKAMAN GENANGAN.**

**EKA AFIYANTI ROHMAH
NRP 1512 100 001**

**Dosen Pembimbing
Triono Bagus Saputro, M.Biotech**

**PROGRAM STUDI S1 BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SB 141510

GROWTH ANALYSIS OF SOYBEAN PLANT (*Glycine max L.*) GROBOGAN VARIETY IN WATERLOGGING STRESS

EKA AFIYANTI ROHMAH
NRP 1512 100 001

Dosen Pembimbing
Triono Bagus Saputro, M.Biotech

S1 BIOLOGY STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF BIOLOGY
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA PERLAKUAN CEKAMAN GENANGAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

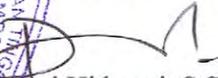
EKA AFIYANTI ROHMAH

NRP. 1512 100 001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir : 
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech..... (Pembimbing I)

Surabaya, 28 Juni 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi


Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si.
NIP. 19691121 19982 2 001



--Halaman ini sengaja dikosongkan--

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Eka Afiyanti Rohmah
Nrp. : 1512100001
Jurusan / Fak. : Biologi / FMIPA
Alamat kontak : 085 655 090 958
a. Email : ekaafiyantirohmah@gmail.com
b. Telp/HP : 085 655 090 958

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max. L.*) Varietas Grobogan Pada.....
Perlakuan Cekaman Genangan.....
.....

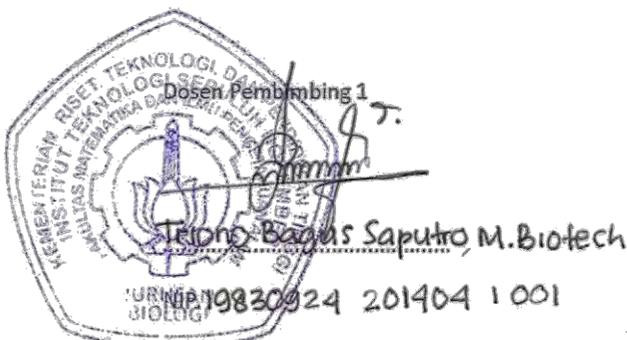
Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal : 22 Juli 2016
Yang menyatakan,


Eka Afiyanti R.

Nrp. 1512100001



KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN KEDELAI
(*Glycine max L.*) VARIETAS GROBOGAN PADA
PERLAKUAN CEKAMAN GENANGAN

Nama Mahasiswa : Eka Afiyanti Rohmah
NRP : 1512100001
Jurusan : Biologi FMIPA ITS
Dosen Pembimbing : Triono Bagus S, S.Si., M. Biotech

Abstrak

*Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan tanaman pangan yang penting terkait kandungan nutrisinya, terutama kandungan protein yang tinggi. Kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan produksinya. Salah satunya disebabkan oleh cekaman genangan.*

Penelitian ini dilakukan dengan pemaparan kedelai selama 14 hari dalam media kontrol (100%), dan media yang di beri perlakuan genangan dengan konsentrasi genangan 125%, 150%, 175% dan 200%. Parameter yang diukur meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang, luas daun, berat basah dan berat kering, panjang akar tanaman, jumlah akar adventif, serta profil protein. Analisa profil protein dilakukan dengan metode elektroforesis SDS-PAGE.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa terjadi penurunan pada beberapa parameter pertumbuhan. Penurunan paling signifikan terjadi pada perlakuan cekaman genangan dengan konsentrasi 200%. Secara berturut-turut, untuk parameter luas daun, berat basah dan berat kering serta panjang akar tanaman sebesar 15.99 cm², 3.16 g, 0.59 g, 15.38 cm. Parameter akar adventif mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi cekaman. Peningkatan jumlah akar adventif tertinggi terjadi pada genangan 200% dengan nilai tertinggi 18,00. Hasil analisis profil protein menunjukkan terdapat pita protein baru dengan berat molekul 39,94 kDa; 44,63; 59,38; 66,04 kDa. Keempat protein tersebut diduga merupakan protein yang terekspresi akibat adanya induksi cekaman genangan.

Kata Kunci : Cekaman Genangan, *Glycine max L.*, SDS-PAGE

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

GROWTH ANALYSIS OF SOYBEAN PLANT (*Glycine max* L.) GROBOGAN VARIETY IN WATERLOGGING STRESS

Nama Mahasiswa : Eka Afiyanti Rohmah
NRP : 1512100001
Jurusan : Biologi FMIPA ITS
Dosen Pembimbing : Triono Bagus S, S.Si., M. Biotech

Abstract

Soybean Plants (*Glycine max* L.) is an important food crop related to its nutritional content, especially high protein content. Although increment of need is not matched by an increase in production. One of them caused by waterlogging stress.

This research was conducted with soy exposure for 14 days in the media controls (100%), and the media were given treatment waterlogging stress with a concentration of 125%, 150%, 175% and 200%. Parameters measured were plant height, number of branches, leaf area, fresh weight and dry weight, root length, number of adventitious roots, and protein profiles. Analysis of protein profiles by SDS-PAGE electrophoresis method.

The results showed that a decline in all parameters of growth. The most significant decrease occurred in the treatment of waterlogging stress with a concentration of 200%. Respectively, for the parameters leaf area, fresh weight and dry weight and length of plant roots by 15.997 cm², 3.168 g, 0.595 g, 15.383 cm. Parameter adventitious roots increased in line with increased concentrations of stress. Increasing the number of adventitious roots was highest of 200% with the highest value of 18. The results of analysis of protein profiles showed that new protein band with a molecular weight of 39.94 kDa; 44.63 kDa; 59,38 kDa; 66.04 kDa. All those fourth expressed protein is thought to be due to stress induced waterlogging.

Kata Kunci : Glycine max L, SDS-PAGE, Waterlogging Stress.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanaman Kedelai.....	5
2.1.1 Klasifikasi	6
2.1.2 Morfologi Tanaman Kedelai	7
2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai.....	11
2.2 Cekaman	12
2.3 Genangan.....	13
2.3.1 Faktor-faktor Pengaruh Toleran Genangan	14
2.3.2 Mekanisme Toleransi Terhadap Genangan	15
2.3.3 Respon Metabolisme Tanaman Terhadap Cekaman Genangan	16
2.3.4 Mekanisme Respon Morfologis dan Fisiologis Tanaman Dalam Kondisi Tergenang.....	16
2.3.5 Prospek Pengembangan Kedelai Toleran.....	17
2.4 Protein	18
2.4.1 Struktur Protein	19
2.4.2 Fungsi Protein	19

2.4.3 Analisis Profil Protein dengan Elektroforesis Gel Poliakrilamid SDS (<i>Sodium Dodesil Sulfat</i>).....	20
2.4.4 SDS-PAGE (<i>Sodium Dodesil Sulfat</i>).....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Alat	23
3.3 Bahan	23
3.4 Pelaksanaan Penelitian	23
3.4.1 Persiapan Benih.....	23
3.4.2 Persiapan Media Tanam	24
3.4.3 Pengukuran Kapasitas Lapang	24
3.4.4 Persiapan Penanaman Bibit Tanaman Kedelai	24
3.4.5 Perlakuan Cekaman Genangan.....	25
3.4.6 Pemeliharaan	25
3.4.7 Pemanenan	25
3.4.8 Pengamatan Morfologi	26
3.5 Analisis Profil Protein.....	27
3.6 Rancangan Penelitian.....	29
3.6.1 Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (<i>Glycine Max L</i>)	33
4.1.1 Tinggi Tanaman	34
4.1.2 Jumlah Cabang	38
4.1.3 Luas Daun	39
4.1.4 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman	41
4.1.5 Panjang Akar	44
4.1.6 Pembentukan Akar Adventif	46
4.2 Profil Protein.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	67

BIODATA PENULIS.....87

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Tabel Rancangan Penelitian.....	29
Tabel 3.2	Keberadaan Pita Protein Pada Berbagai Perlakuan Cekaman Genangan.....	30
Tabel 4.1	Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tinggi Tanaman Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	34
Tabel 4.2	Hasil Pengamatan Jumlah Cabang Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	37
Tabel 4.3	Hasil Pengamatan Luas Daun Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	39
Tabel 4.4	Hasil Pengamatan Berat Basah dan Kering Tanaman Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	41
Tabel 4.5	Hasil Pengamatan Panjang Akar Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	44
Tabel 4.6	Hasil Pengamatan Pembentukan Akar Adventif Setelah Perlakuan Cekaman Genangan.....	47
Tabel 4.7	Keberadaan Pita Protein Pada Berbagai Perlakuan Cekaman Genangan.....	50

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Morfologi Tanaman Kedelai.....	6
Gambar 2.2	Morfologi Daun, Batang, cabang dan Bunga Kedelai.....	10
Gambar 2.3	Cekaman Genangan.....	13
Gambar 2.4	Skema SDS-PAGE.....	20
Gambar 4.1	Panjang Akar Tanaman Kedelai.....	45
Gambar 4.2	Akar Adventif Tanaman Kedelai.....	48
Gambar 4.3	Profil Protein Organ Daun.....	51

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan.....	67
Lampiran 2. Skema Kerja Pembuatan Media Tanam.....	69
Lampiran 3. Skema Kerja Perhitungan Kebutuhan Air berdasarkan Kapasitas Lapang dan Kapasitas Kering Angin.....	69
Lampiran 4. Skema Kerja Persiapan Penanaman Bibit Tanaman Kedelai.....	70
Lampiran 5. Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan.....	71
Lampiran 6. Skema Kerja Pengamatan Morfologi.....	72
Lampiran 7. Prosedur SDS-PAGE.....	74
Lampiran 8. Pehitungan Kapasitas Lapang.....	76
Lampiran 9. Gambar Pengamatan Cekaman Genangan.....	78
Lampiran 10. Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Tinggi Tanaman.....	80

Lampiran 11.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Tinggi Tanaman.....	80
Lampiran 12.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Varietas dan Perlakuan Terhadap Jumlah Cabang.....	81
Lampiran 13.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Jumlah Cabang.....	81
Lampiran 14.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Luas Daun.....	82
Lampiran 15.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Luas Daun.....	82
Lampiran 16.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Penambahan Tinggi Tanaman.....	83
Lampiran 17.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Berat Basah Tanaman.....	83
Lampiran 18.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Penambahan Berat Kering.....	84
Lampiran 19.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Genangan Terhadap Berat kering Tanaman.....	84

Lampiran 20.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Penambahan Panjang Akar.....	85
Lampiran 21.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Genangan Terhadap Panjang Akar.....	85
Lampiran 22.	Hasil ANOVA One Way Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Penambahan Akar Adventif.....	86
Lampiran 23.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Genangan Terhadap Akar Adventif.....	86

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan tanaman penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dalam rangka perbaikan gizi masyarakat, karena merupakan sumber protein nabati yang relatif murah bila dibandingkan sumber protein lainnya seperti daging, susu, dan ikan. Menurut Suprpto (1999) kadar protein biji kedelai lebih kurang 35%, karbohidrat 35%, dan lemak 15%. Di samping itu kedelai juga mengandung mineral seperti kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan B.

Kebutuhan akan kedelai terus meningkat dari tahun ke tahun linear dengan peningkatan jumlah penduduk, sementara produksi yang dicapai belum mampu mengimbangi kebutuhan tersebut. Pada tahun 2004 misalnya, kebutuhan kedelai di Indonesia diperkirakan mencapai 1.951.100 ton sedangkan produksi pada tahun yang sama hanya 672.439 ton (Hilman, 2004) yang menunjukkan defisit 1.278.661 ton (34,46%). Untuk memenuhi jumlah kekurangan ini dan mempertahankan tingkat konsumsi yang cukup pada masa mendatang, hasil tanaman kedelai harus terus ditingkatkan.

Adanya Inovasi pengembangan kedelai toleran sangat berpotensi dalam meningkatkan jumlah produksi kedelai. Selain itu, genangan tidak hanya bermanfaat bagi pengembangan kedelai di lahan sawah, tetapi juga prospektif bagi wilayah yang sering mengalami cekaman genangan seperti lahan pasang surut untuk menunjang hasil produksi pasokan kedelai untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Luas lahan pasang surut di Indonesia mencapai 20,10 juta ha, sekitar 20-30% di antaranya berpotensi sebagai lahan pertanian (Suriadikarta dan Sutriadi, 2007). Dari lahan basah yang tersedia, yang saat ini sudah dijadikan sawah baru sekitar 8,50 ha, sedangkan sisanya 16 juta ha belum dimanfaatkan. Pada lahan yang demikian, budidaya di lahan sawah sangat berpotensi untuk dikembangkan.

Tersedianya varietas unggul kedelai toleran genangan memiliki arti penting bagi upaya peningkatan produksi kedelai. Hingga saat ini, upaya menekan kehilangan hasil akibat genangan

melalui teknik budidaya dianggap memadai, tetapi informasi mengenai kultivar kedelai yang toleran terhadap genangan relatif terbatas. Perakitan varietas kedelai toleran genangan dapat dimulai dengan mengetahui karakter yang berhubungan dengan toleransi kedelai terhadap genangan, dilanjutkan dengan memahami pewarisan karakter tersebut dan mengidentifikasi sumber-sumber plasma nutfah atau varietas yang membawa karakter tersebut. Pemahaman tentang masalah genangan dan mekanisme toleransi tanaman terhadap genangan penting pula untuk menentukan strategi seleksi dalam program perakitan kedelai toleran genangan.

Salah satu kendala yang dapat membatasi pertumbuhan dan produksi tanaman pada lahan kering adalah ketersediaan air yang rendah, karena itu diperlukan kultivar kedelai yang berpotensi produksi dan mempunyai kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap cekaman genangan air. Tanaman kedelai varietas Grobogan merupakan salah satu varietas tanaman yang dikembangkan di BALTIKABI dan merupakan varietas yang paling cepat dalam masa panen nya serta tingginya hasil dalam satu kali pemanenan. Hingga saat ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai analisa perkembangan pada varietas Grobogan terhadap cekaman genangan. Sehingga dapat dijadikan informasi awal dalam pengembangan kedelai toleran genangan Dengan memahami karakter-karakter penting yang dapat digunakan sebagai kriteria seleksi, pola pewarisan karakter dan sumber gennya dapat menjadi peluang pengembangan kedelai toleran genangan. Sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui batas toleransi dan respon cekaman genangan pada varietas Grobogan. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memberikan informasi kondisi fisiologis dan tingkat toleransi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tercekam genangan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian analisis perkembangan tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi cekaman adalah:

1. Bagaimana pengaruh cekaman genangan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L.*)
2. Bagaimana profil protein pada tanaman kedelai (*Glycine max L.*) varietas Grobogan

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan tersebut, berikut tujuan penelitian analisis perkembangan tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi cekaman :

1. Untuk mengetahui pengaruh cekaman genangan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L.*)
2. Untuk mengetahui profil protein pada tanaman kedelai (*Glycine max L.*) varietas Grobogan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian analisis perkembangan tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi cekaman adalah:

1. Memberikan informasi terkait pengaruh cekaman genangan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L.*)
2. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh cekaman genangan terhadap profil protein tanaman kedelai (*Glycine max L.*) varietas Grobogan

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah penelitian analisis perkembangan tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi cekaman adalah

1. Varietas kedelai yang digunakan yaitu varietas Grobogan
2. Profil protein yang diamati meliputi berat molekul (BM), kehadiran pita protein, dan jumlah protein yang terbentuk pada daun.
3. Setiap perlakuan dan ulangan terdiri atas tujuh contoh tanaman
4. Terdiri atas 2 faktor pengamatan : faktor pertama adalah satu varietas tanaman kedelai (Grobogan), faktor kedua adalah lima tingkatan cekaman air yaitu kontrol, 125%, 150%, 175% dan 200%.

--Halaman sengaja dikosongkan--

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai

Kedelai (*Glycine max* L. Merr) merupakan salah satu tanaman pangan yang sudah lama dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Tanaman ini mempunyai arti penting untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam rangka perbaikan gizi masyarakat, karena merupakan sumber protein nabati yang relatif murah bila dibandingkan sumber protein lainnya seperti daging, susu dan ikan. Menurut Suprpto (1999) kadar protein biji kedelai lebih kurang 35%, karbohidrat 35% dan lemak 15%. Disamping itu kedelai juga mengandung mineral seperti kalsium, posfor, besi. Vitamin A dan B.

Kedelai (*Glycine max* L. Merr) termasuk dalam kategori tanaman C3. Tanaman C3 mempunyai efisiensi fotosintesis yang rendah karena enzim Rubisco mempunyai peran ganda, yaitu (a) untuk pengikatan CO₂, dan (b) pengaktifan oksigenase dalam Fotorespirasi. Pada tanaman C3, pemanfaatan CO₂ hanya sebesar 50% karena adanya fotorespirasi, sehingga efisiensi fotosintesis rendah. Hasil pertama dalam proses fotosintesis tanaman C3 adalah molekul yang mempunyai 3 atom karbon, yaitu 3 PGA (*Phospho gliseric acid*). Pada tanaman C3 fiksasi CO₂ terjadi melalui siklus Calvin. Contoh tanaman C3 adalah gandum, kentang, kedelai, dan lain-lain (BB Biogen, 2012).

2.1.1 Klasifikasi

Kedelai termasuk *family Leguminosae*, subfamili *Papilionoideae*. Sejarah spesifikasi kedelai cukup panjang, karena memang kedelai tergolong tanaman yang telah lama dikenal dan dibudidayakan.

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut :

Division : *Spermatophyta*

Classis : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Polypetales*

Family : *Leguminosae*

Genus : *Glycine*

Spesies : *Glycine max* (L) Merril

(Sumarno *et al*, 2007)



Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Kedelai

Kedelai yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman tegak dengan tinggi 40 – 90 cm, bercabang, memiliki daun tunggal dan daun bertiga, bulu pada daun dan polong tidak terlalu padat dan umur tanaman antara 72 – 90 hari. Kedelai umumnya tidak memiliki atau memiliki sangat sedikit percabangan dan sebagian bertrikoma padat baik pada daun maupun polong, (Sumarno *et. al.*, 2007).

2.1.2 Morfologi Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai umumnya tumbuh tegak, berbentuk semak, dan merupakan tanaman semusim. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal. Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat kleistogami. Periode perkembangan vegetatif bervariasi tergantung pada varietas dan keadaan lingkungan, termasuk panjang hari dan suhu. Tanaman memasuki fase reproduksi saat tunas *aksiler* berkembang menjadi kelompok bunga dengan 2 hingga 35 kuntum bunga setiap kelompok. Ada dua pertumbuhan batang dan permulaan pembungaan pada kedelai. Tipe pertama adalah indeterminat, yaitu tunas terminal melanjutkan fase vegetatif selama pertumbuhan. Tipe kedua adalah determinat, yaitu pertumbuhan vegetatif tunas terminal terhenti ketika terjadi pembungaan. Buku pada bunga pertama berhubungan dengan tahap perkembangan tanaman. Ketika buku kotiledon, daun primer, dan daun bertiga pada fase vegetatif, bunga pertama muncul pada buku kelima atau keenam dan atau buku di atasnya. Periode berbunga dipengaruhi oleh waktu tanam, berlangsung 3 – 5 minggu.

Sistem perakaran kedelai terdiri dari sebuah akar tunggang yang terbentuk dari calon akar, sejumlah akar sekunder yang tersusun dalam empat barisan sepanjang akar tunggang, cabang akar sekunder, dan cabang akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Bintil akar pertama terlihat 10 hari setelah tanam. Panjang akar tunggang ditentukan oleh berbagai faktor, seperti kekerasan tanah, populasi tanaman, varietas dan sebagainya. Akar tunggang dapat mencapai kedalaman 200 cm, namun pada pertanaman tunggal dapat mencapai 250 cm. Populasi tanaman yang rapat dapat mengganggu pertumbuhan akar. Umumnya sistem perakaran terdiri dari akar lateral yang berkembang 10-15 cm di atas akar tunggang. Dalam berbagai kondisi, sistem perakaran terletak 15 cm di atas tanah yang berfungsi mengabsorpsi dan mendukung kehidupan tanaman (Carlson, 1973).

Batang tanaman kedelai berasal dari poros embrio yang terdapat pada biji masak. Hipokotil merupakan bagian terpenting pada poros embrio, yang berbatasan dengan bagian ujung bawah permulaan akar yang menyusun bagian kecil dari poros bakal akar hipokotil. Bagian atas poros embrio berakhir pada epikotil yang terdiri dari dua daun sederhana, yaitu primordia daun ketiga pertama dan ujung batang. Sistem perakaran di atas hipokotil berasal dari epikotil dan tunas *eksiler*. Pola percabangan akar dipengaruhi oleh varietas dan lingkungan, seperti panjang hari, jarak tanam, dan kesuburan tanah.

Daun kedelai terbagi menjadi empat tipe, yaitu: (1) kotiledon atau daun biji, (2) dua helai daun primer sederhana, (3) daun bertiga, dan (4) profila. Daun primer berbentuk oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama di atas kotiledon. Setiap daun memiliki sepasang stipula yang terletak pada dasar daun yang menempel pada batang. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama, dan pada cabang lateral terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda. Anak daun bertiga mempunyai bentuk yang bermacam-macam, mulai dari bulat hingga lancip.

Biji merupakan komponen morfologi kedelai yang ekonomis. Bentuk biji kedelai beragam dari lonjong hingga bulat, dan sebagian besar kedelai yang ada di Indonesia berkriteria lonjong. Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat seragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50 hingga ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak. Pengelompokan ukuran biji kedelai berbeda antar negara, di Indonesia kedelai dikelompokkan berukuran besar (berat >14 g/100 biji), sedang (10 – 14 g/100 biji), dan kecil (<10 g/100 biji), (Sumarno *et. al.*, 2007)

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai, mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga. Sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji. Tanaman kedelai termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembentukan bunga. Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi. Pembentukan bunga juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Pada suhu tinggi dan kelembaban rendah, jumlah sinar matahari yang jatuh pada ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembentukan bunga.

Tanaman kedelai sering ditanam pada musim kemarau setelah panen padi pada saat kondisi lahan kering. Perubahan iklim yang tidak menentu dan meningkatnya suhu bumi akibat pemanasan global menjadi salah satu penyebab lahan kering dan musim kemarau yang lebih lama dari biasanya. Peningkatan suhu udara atmosfer diduga akan sangat mempengaruhi iklim global dunia, seperti kemungkinan frekuensi dan tingkat kekeringan di beberapa belahan bumi khususnya Asia dan Afrika dan tingkat curah hujan yang tinggi akibat kondisi iklim global yang kurang stabil (Pitelka dan Rojas, 2001). Keadaan ini mempengaruhi pertumbuhan dan menyebabkan penurunan produksi tumbuhan (Hilman, 2004).



Gambar 2.2 Morfologi Daun, batang, cabang dan bunga kedelai
(Sumber : Sumarno *et. al.*, 2007)

2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

1. Iklim

Di Indonesia kedelai dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di atas permukaan laut (dpl). Meskipun demikian telah banyak varietas kedelai dalam negeri ataupun kedelai produksi yang dapat beradaptasi dengan baik di dataran tinggi (pegunungan) kurang lebih 1.200 m dpl. Penanaman kedelai di Indonesia pada umumnya kondisi iklim yang paling cocok adalah daerah-daerah yang mempunyai suhu antara 25-27 °C, kelembaban udara (RH) rata-rata 65%, penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari, dan curah hujan paling optimum antara 100-200 mm/bulan (Rukmana dan yuniarsih, 1996).

Tanaman kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropik. Parameter iklim yang cocok bagi kedelai adalah bila cocok bagi tanaman jagung. Bahkan daya tahan kedelai lebih baik dari pada jagung. Iklim kering lebih disukai bagi tanaman kedelai jika dibandingkan iklim lembab. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 100-400 mm/bulan (Rans, 2006).

Untuk mendapatkan hasil optimal, tanaman kedelai membutuhkan curah hujan antara 100-200 mm/bulan. Suhu yang dikehendaki tanaman kedelai antara 21-34 °C akan tetapi suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai 23-27 °C. Pada

proses perkecambahan benih kedelai memerlukan suhu yang cocok sekitar 30⁰C. Saat panen, kedelai yang jatuh pada musim kemarau akan lebih baik pada musim hujan, karena berpengaruh terhadap waktu pemasakan biji dan pengeringan hasil (Rubatzky and Yagamuchi, 1998).

2. Tanah

Tanah yang beririgasi baik, pengairan areal tanaman kedelai dapat dilakukan 1-2 minggu sekali. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air adalah tanal areal penanaman kedelai tidak boleh terlalu becek ataupun kering. Bila tanahnya becek, maka benih kedelai akan membusuk (tidak tumbuh) dan tanaman muda pertumbuhannya kerdil. Oleh karena itu, pada tanah-tanah yang becek atau mudah tergenang tanaman kedelai mudah mati dan menyebabkan penurunan produksi kedelai (Rukmana dan yuniarsih, 1996).

Tanaman kedelai dapat tumbuh di semua jenis tanah. Untuk mencapai tingkat pertumbuhan dan produktifitas yang optimal, kedelai harus ditanam pada jenis tanah yang bertekstur lempung berpasir atau liat berpasir. Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan pertanaman kedelai yaitu kedalaman olah tanah yang merupakan media pendukung pertumbuhan akar. Artinya semakin dalam olah tanahnya maka akan tersedia ruang untuk pertumbuhan akar yang lebih bebas. Pada jenis tanah yang bertekstur remah, dengan kedalaman olah lebih dari 50 cm, akar tanaman kedelai dapat tumbuh mencapai kedalaman 5 m. sementara pada jenis tanah dengan kadar air yang tinggi, pertumbuhan akar hanya mencapai kedalaman sekitar 3 m (Adisarwanto, 2005).

2.2 Cekaman

Cekaman merupakan kondisi lingkungan yang dapat memberi pengaruh buruk pada pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup tumbuhan (Campbell, 2003). Cekaman dibagi menjadi dua, yaitu cekaman biotik dan cekaman abiotik. Cekaman biotik terdiri dari kompetisi antar tumbuhan, interaksi hewan dan tumbuhan dan pathogen pada tumbuhan (Hodson dan Bryant, 2012). Adapun cekaman abiotik terdiri dari cekaman kekeringan, cekaman logam berat cekaman salinitas, cekaman

genangan, cekaman tanah dan cekaman temperatur (suhu rendah, suhu beku, dan suhu tinggi) dan cekaman cahaya (Taiz dan Zeiger, 2010).

Cekaman (*stress*) lingkungan adalah kondisi lingkungan yang memberikan tekanan pada tanaman dan mengakibatkan respons tanaman terhadap faktor lingkungan tertentu lebih rendah daripada respons optimumnya pada kondisi normal. Kondisi lingkungan yang memungkinkan tanaman untuk memberikan respon maksimum terhadap suatu faktor lingkungan bukan merupakan cekaman bagi tanaman. Cekaman lingkungan dapat berupa faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal meliputi kondisi lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian tanaman seperti kekurangan dan kelebihan unsur hara, kekurangan dan kelebihan air, suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Sedangkan faktor internal adalah gen individu tersebut (Purwadi, 2011). Cekaman lingkungan dapat berupa faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor abiotik dapat berupa cahaya, air, suhu, dan zat hara dalam tanah, sedangkan yang termasuk faktor biotik ialah herbivora, parasit atau patogen, dan predator.

2.3 Genangan

Genangan merupakan masalah utama di banyak daerah pertanian di dunia dan kedelai merupakan tanaman yang peka terhadap genangan (Shimamura *et al.*, 2003). Di Indonesia, kedelai umumnya diusahakan di lahan sawah setelah padi. Kondisi tanah yang tergenang (jenuh air) akibat air sisa penanaman padi atau air hujan sering menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas kedelai di lahan sawah (Adie, 1997). Genangan atau kondisi jenuh air disebabkan oleh kandungan lengas tanah yang berada di atas kapasitas lapang.

Genangan dapat terjadi pada lahan basah alami maupun lahan basah buatan. Notohadiprawiro (1989) mendeskripsikan lahan basah alami sebagai lahan yang karena drainase yang buruk, bersifat basah sementara atau sepanjang waktu. Keadaan ini terjadi karena iklim basah dan berkaitan dengan kedudukan lahan yang berenergi potensial rendah (daerah berketinggian rendah) atau karena bentuk lahan yang berupa cekungan tambat (*retention*

basin). Lahan basah buatan yakni lahan yang bentuknya sengaja dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menambat banyak air untuk membuat tanah jenuh air atau mempertahankan genangan air pada permukaan tanah selama waktu tertentu. VanToai *et al.* (2001) membagi genangan berdasarkan kondisi pertanaman menjadi dua, yaitu: 1) kondisi jenuh air (*waterlogging*) dimana hanya akar tanaman yang tergenang air, dan 2) kondisi bagian tanaman sepenuhnya tergenang air (*complete submergence*).

	Waterlogging	Flooding	
		Partial submergence	Complete submergence
	Only the root system is under anaerobic conditions		
		All roots are immersed in water while just a portion of the shoot (which depends on the water depth) is covered by water	All plant is under the water level. Water depth and turbidity are important factors defining this scenario

Gambar 2.3 Cekaman Genangan.

Air pada tanaman merupakan komponen terbesar dalam seluruh sel. Sekitar 97% air yang diambil oleh tanaman dikeluarkan ke atmosfer. Sekitar 2% digunakan untuk peningkatan volume dan perluasan sel, dan 1% untuk proses metabolisme terutama fotosintesis. Pertumbuhan tanaman dapat terhambat karena kekurangan air maupun kelebihan air (Taiz dan Zeiger 2010). Jika jumlah air terlalu melimpah dapat menimbulkan genangan dan menyebabkan cekaman kekurangan oksigen. Pada cekaman genangan, pori tanah diisi oleh air, sehingga tumbuhan akan kekurangan oksigen untuk respirasi (Larcher, 2003).

2.3.1 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Toleransi Genangan Pada Tanaman Kedelai

Toleransi terhadap genangan dapat didefinisikan sebagai kemampuan tanaman untuk mempertahankan hasil optimal pada kondisi tergenang (VanToai *et al.*, 1994). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi toleransi kedelai terhadap genangan, yaitu:

1. Penipisan varietas kedelai yang dilakukan selama dua minggu pada keadaan tergenang menunjukkan penurunan hasil rata-rata 61%, yaitu 39% pada varietas toleran dan 77% pada varietas kurang toleran (Shannon *et al.* 2005)
2. Fase pertumbuhan tanaman dan lama nya tergenang. Penggenangan pada fase vegetatif kurang berpengaruh terhadap penurunan hasil dibandingkan pada fase generatif (Scott *et al.*1989; Oosterhuis *et al.* 1990; Linkemer *et al.* 1998; Cramer 2008). Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Rhine (2006), bahwa terdapat pengaruh negatif yang nyata antara perlakuan penggenangan dengan fase pertumbuhan kedelai. Pada kondisi tergenang, hasil kedelai menurun 17–43% pada fase vegetatif dan 50–56% pada fase reproduktif (Oosterhuis *et al.* 1990). Penggenangan karena irigasi selama 1–2 hari tidak menyebabkan pengurangan hasil kedelai, tetapi periode penggenangan yang lama akan mengakibatkan kehilangan hasil (Heatherly dan Pringle 1991).
3. Tekstur tanah dan Jenis tanah nyata mempengaruhi respons tanaman kedelai terhadap genangan (Rhine 2006). Pada tanah liat (*clay soil*), kehilangan hasil akibat genangan lebih besar dibandingkan pada tanah lempung berdebu (*silt loam*) (Scott *et al.* 1989; Rhine 2006).
4. Derajat kelembapan. Suhu selama penggenangan mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap genangan. Suhu tinggi dan sinar matahari menyebabkan tanaman dan mikroba berespirasi lebih cepat sehingga menghabiskan oksigen dan menambah CO₂ (Conley *et al.* 2008). Sebaliknya pada suhu rendah, cuaca berawan, dan malam hari yang cerah dapat menambah ketahanan tanaman terhadap genangan.

5. Kehadiran penyakit. Genangan juga memberikan efek tidak langsung terhadap hasil kedelai, yaitu timbulnya penyakit pada akar (Naeve, 2002). Tanah yang tergenang dapat memudahkan tanaman terserang penyakit seperti *Phytophthora* sp. dan *Phytium* sp. Penyakit ini dapat menyebabkan benih mati pada fase perkecambahan (Rhine, 2006).

2.3.2 Mekanisme Toleransi Terhadap Genangan

Mekanisme toleransi terhadap genangan berperan penting dalam mengembangkan genotipe kedelai toleran genangan. Ketahanan tanaman terhadap genangan dapat berupa penghindaran (*avoidance*) kekurangan oksigen dari daun ke akar dan kemampuan tanaman untuk melakukan metabolisme, atau dengan kata lain pada kondisi tersebut respirasi berlangsung secara anaerob (Huang dalam Basra dan Basra, 1997). Dalam kondisi tergenang, tanaman akan mengaktifkan proses fermentasi utama, yaitu etanol, asam laktat, yang akan membentuk alanin dari glutamat dan piruvat (Dennis *et al.* 2000). Menurut VanToai *et al.* (2003), kedelai merespons kondisi genangan dengan mengaktifkan metabolisme atau melakukan pemulihan secara cepat setelah terjadi cekaman genangan diikuti dengan aklimatisasi (penyesuaian diri). Waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan lebih cepat 2–4 hari pada kedelai yang toleran dibandingkan dengan yang peka. Hal ini menunjukkan bahwa proses penyesuaian diri pada genotipe yang toleran lebih cepat dibandingkan dengan yang peka.

Tanaman yang mampu beradaptasi pada kondisi tergenang dicirikan oleh kemampuan mengatasi stres dengan membentuk aerenkim, meningkatkan gula yang dapat larut, memperbanyak aktivitas glikolitik dan enzim fermentasi serta mekanisme ketahanan antioksidan untuk mengatasi kondisi setelah hipoksia dan anoksia (Sairam *et al.*, 2008). Menurut Bacanamwo dan Purcell (1999), kedelai beradaptasi terhadap genangan dengan mengalokasikan fotosintesis dengan cara mengembangkan akar adventif dan membentuk aerenkim yang bergantung pada fiksasi N₂. Mekanisme toleransi tanaman terhadap genangan sangat kompleks sehingga karakter-karakter penciri toleransi terhadap

genangan tidak dapat berdiri sendiri, tetapi bergantung karakter lainnya.

2.3.3 Respon Metabolisme Tanaman terhadap Cekaman Genangan

Pada dasarnya air merupakan kebutuhan mutlak bagi tanaman untuk berbagai aktivitas metabolisme di dalam tanaman. Namun demikian, pada saat ketersediaan air berlebihan sehingga tanaman menjadi tergenang atau terendam akan menyebabkan proses metabolisme terganggu. Beberapa kondisi yang mempengaruhi antara lain terjadi karena :

1. Laju pertukaran gas yang rendah: Hal ini terjadi karena adanya koefisien difusi gas yang rendah ke dalam air ($0,21 \text{ cm}^2 \text{ det}^{-1}$ di udara menjadi $2,38 \cdot 10^{-5} \text{ det}^{-1}$ di dalam air). Dalam kondisi air yang tidak bergerak, kondisi sekeliling jaringan tanaman menjadi kurang baik.
2. Kerusakan mekanis: Daun akan mengalami kerusakan fisik akibat laju aliran air yang deras atau akibat benturan partikel yang bergerak didalam air.
3. Kapasitas bahan terlarut: Dalam kondisi tergenang, air akan melarutkan banyak bahan partikel yang bisa bermanfaat tetapi juga dapat berbahaya bagi tanaman. CO_2 terlarut yang rendah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, khususnya akibat rendahnya produksi karbohidrat.

(Jackson and Ram, 2003).

2.3.4 Mekanisme Respon Morfologis dan Fisiologis Tanaman Dalam Kondisi Tergenang

Kondisi tergenang menyebabkan terjadinya penurunan proses pertukaran gas antara jaringan tanaman dan atmosfer disekitarnya, karena gas (khususnya oksigen) berdifusi 10.000 kali lebih lambat di dalam air dibandingkan dengan di udara. Kondisi ini menyebabkan terjadinya hipoksia atau anoksia di sekitar perakaran. Oksigen sangat berperan dalam proses metabolisme yang menghasilkan energi di dalam sel, sehingga

konsentrasi oksigen yang sangat rendah di perakaran menyebabkan terganggunya aktivitas metabolik dan produksi energi. Oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron dalam jalur fosforilasi oksidatif yang menghasilkan ATP yang merupakan sumber energi utama dalam metabolisme seluler.

Proses fermentasi menyebabkan jumlah energi yang dihasilkan menjadi lebih sedikit (pada fermentasi dihasilkan hanya 2 mol ATP untuk setiap mol glukosa, sedangkan pada proses metabolisme oksidatif dihasilkan 36 mol). Dalam kondisi anoksia, jaringan padi mensintesis lebih banyak solubel protein. Sebagian besar anaerobik protein ini adalah enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat (alkohol dehidrogenase, aldolase, glukosa phosphat isomerase, sukrosa synthase, piruvat decarboksilase, gliserol phosphat dehidrogenase). Protein tersebut akan diproduksi beberapa jam setelah anoksia (Dennis *et al.*, 2000).

Seperti telah disebutkan di atas bahwa oksigen berfungsi sebagai akseptor penghasil energi dalam proses respirasi. Pada tanaman yang tidak toleran genangan atau bila tanaman terendam semua, kontak antara tanaman dengan oksigen menjadi terhambat sehingga proses respirasi tersebut tidak dapat dilangsungkan. Dalam kondisi demikian, tanaman melakukan proses metabolik fermentasi. Dennis *et al.*, (2000) menyebutkan bahwa proses ini di dalam tanaman dapat berlangsung dalam tiga cara yang menghasilkan etanol, asam laktat, dan suatu proses spesifik yang menghasilkan alanin. Dalam kondisi suplai oksigen yang normal, fermentasi ini tidak berlangsung. Proses fermentasi yang diinduksi oleh oksigen yang rendah ini menunjukkan adanya suatu mekanisme survival yang cepat dari tanaman.

2.3.5 Prospek Pengembangan Kedelai Toleran Genangan

Luas lahan pertanian di Indonesia sekitar 107 juta ha dari luas daratan yang mencapai 192 juta ha, belum termasuk Maluku dan Papua (BPS 2002). Dari luasan tersebut sekitar 24,50 juta ha berupa lahan basah untuk sawah, 25,30 juta ha berupa lahan kering yang berpotensi untuk tanaman semusim, dan 50,90 juta ha untuk padang rumput dan tanaman kayu-kayuan.

Dari lahan basah yang tersedia, yang ini sudah dijadikan sawah baru sekitar 8,50 juta ha, sedangkan sisanya 16 juta ha belum dimanfaatkan. Pada lahan yang demikian, budidaya kedelai di lahan sawah sangat berpotensi dikembangkan. Namun, budi daya kedelai di lahan sawah terkendala oleh kondisi lahan yang tergenang sehingga produktivitas rendah. Curah hujan yang tinggi pada musim hujan sering berakibat tanah jenuh air, drainase buruk atau banjir sehingga kurang sesuai bagi pertumbuhan kedelai (Sumarno dan Mashuri, 2007). Selain itu, pemanasan global yang menyebabkan peningkatan curah hujan dan kenaikan permukaan laut dapat mengakibatkan banyak lahan pertanian yang tergenang.

Tersedianya varietas kedelai yang adaptif pada kondisi tersebut akan memberikan arti penting dalam rangka percepatan peningkatan produksi kedelai di dalam negeri. Peluang perakitan varietas kedelai toleran genangan sangat terbuka dengan tersedianya sumber-sumber gen dan metode skrining yang sederhana, mudah, dan cepat. Kerja sama dengan lembaga internasional terutama dalam pertukaran sumber gen akan mempercepat program pemuliaan kedelai toleran genangan di Indonesia.

2.4 Protein

Istilah protein yang dikemukakan pertama kali oleh pakar kimia Belanda, G.J.Mulder pada tahun 1939, yang berasal dari Bahasa Yunani "*Proteios*". *Proteios* sendiri mempunyai arti yang pertama atau yang paling utama. Protein memegang peranan yang sangat penting pada organisme, yaitu dalam struktur, fungsi, dan reproduksi (Sumardjo, 2009).

Protein adalah suatu polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi, dari 5000 hingga lebih dari satu juta. Disamping berat molekul yang berbeda-beda, protein mempunyai sifat yang berbeda-beda pula. Ada protein yang mudah larut dalam air, tetapi ada juga yang sukar larut dalam air (Poedjiadi, 2010).

2.4.1 Struktur Protein

Berdasarkan strukturnya, protein dibentuk oleh :

1. Struktur primer, dibentuk oleh ikatan peptide antar asam amino. Struktur ini mengacu pada jumlah, jenis, serta urutan asam amino yang membentuk rantai polipeptida.
2. Struktur sekunder, dibentuk oleh ikatan hidrogen intramolekuler yang terjadi di antara oksigen karbonil dan nitrogen amida pada perangkat peptide.
3. Struktur tersier, merupakan rangkaian molekuler yang menggambarkan bentuk keseluruhan dari protein.
4. Struktur kuartener dibentuk oleh beberapa polipeptida yang berikatan satu sama lain tidak secara kovalen

(Bintang, 2010).

2.4.2 Fungsi Protein

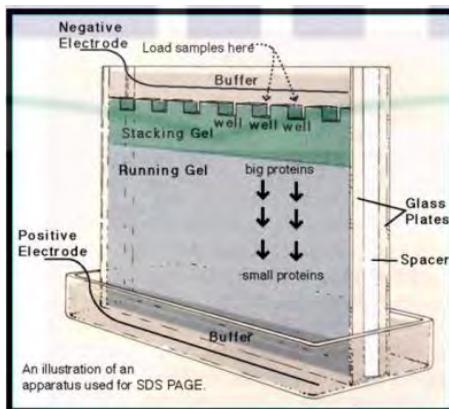
Protein memegang peranan penting dalam hampir semua proses biologi. Peran dan aktivitas protein terlihat dalam contoh sebagai berikut ini:

1. *Katalis enzimatik*
Hampir semua, reaksi kimia dalam sistem biologi dikatalisis oleh makromolekul spesifik yang disebut enzim. Enzim mempunyai daya katalitik yang besar, umumnya meningkatkan kecepatan reaksi sampai jutaan kali. Fakta menunjukkan bahwa hampir semua enzim yang dikenal adalah protein. Jadi protein merupakan pusat dalam menetapkan pola transformasi kimia dalam sistem biologi.
2. *Transport dan Penyimpanan*
Berbagai molekul kecil dan ion ditransport oleh protein spesifik
3. *Protein imun*
Antibodi merupakan protein yang sangat spesifik dan dapat mengenal serta berkombinasi dengan benda asing seperti virus, bakteri dan sel yang berasal dari organisme lain.
4. *Pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi*
Pengaturan urutan ekspresi informasi genetic sangat penting bagi pertumbuhan yang beraturan serta diferensiasi sel.

2.4.3 Analisis Profil Protein dengan Elektroforesis Gel Poliakrilamid SDS (*Sodium Dodesil Sulfat*)

Elektroforesis adalah suatu cara untuk memisahkan fraksi-fraksi suatu campuran atas pergerakan partikel koloid yang bermuatan dibawah pengaruh medan listrik. Cara elektroforesis telah digunakan untuk analisa virus, asam nukleat, enzim dan protein lain, serta molekul-molekul organik dengan berat molekul rendah seperti asam amino (Westermeier, 2004).

Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrilamide Gel Elektroforesis (SDS-PAGE) adalah teknik untuk memisahkan rantai polipeptida pada protein berdasarkan kemampuannya untuk bergerak dalam aurs listrik, yang merupakan fungsi dari panjang rantai polipetida atau berat molekulnya. Hal ini dicapai dengan menambahkan detergen SDS dan pemanasan untuk merusak struktur tiga dimensi pada protein dengan terpecahnya ikatan disulfide yang selanjutnya direduksi menjadi gugus sulfidihiril. SDS akan membentuk kompleks dengan protein dan kompleks ini bermuatan negatif karena gugus-gugus anionik dari SDS (Hemes, 1998).



Gambar 2.4 Skema SDS-PAGE

Kegunaan elektroforesis antara lain, (1) menentukan berat molekul (2) dapat mendeteksi terjadinya pemalsuan bahan, (3) dapat mendeteksi terjadinya kerusakan bahan seperti protein dalam pengolahan dan penyimpanan, (4) untuk memisahkan

spesies molekul yang berbeda secara kualitatif maupun kuantitatif yang selanjutnya masing-masing spesies dapat dianalisis, (5) menetapkan titik isoelektrik protein (Yuwono, 2005).

2.4.4 SDS-PAGE (*Dodecyl Sulphate Polyacrylamide*) Gel Elektroforesis

Salah satu jenis elektroforesis yang digunakan secara luas pada saat ini adalah elektroforesis gel poliakrilamid (SDS-PAGE). Pemisahan protein dengan metode SDS-PAGE bertujuan untuk memisahkan protein dalam sampel berdasarkan berat molekul. Prinsip dasar SDS-PAGE ini adalah denaturasi protein oleh sodium dodecyl sulfat yang dilanjutkan dengan pemisahan molekul berdasarkan berat molekulnya dengan metode elektroforesis yang menggunakan gel, dalam hal ini digunakan adalah poliakrilamid (Janson *et al.*, 1998).

SDS adalah detergen ionik yang dapat melapisi protein, sebagian besar sebanding dengan berat molekulnya dan memberikan muatan listrik negatif pada semua protein dalam sampel. Protein glikosilasi mungkin tidak bermigrasi, karena diharapkan migrasi protein lebih didasarkan pada berat molekul dan massa rantai polipeptidanya, bukan gula yang melekat. SDS berfungsi untuk mendenaturasi protein karena SDS bersifat sebagai detergen yang mengakibatkan ikatan dalam protein terputus membentuk protein yang dapat terelusi dalam gel begitu juga mercaptoetanol. SDS dapat mengganggu konformasi spesifik protein dengan cara melarutkan molekul hidrofobik yang ada di dalam struktur tersier polipeptida. SDS mengubah semua molekul protein kembali ke struktur primernya (struktur linear) dengan cara meregangkan gugus utama polipeptida. Selain itu, SDS juga menyelubungi setiap molekul protein dengan muatan negatif.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan Urban Farming, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan Laboratorium Biokimia Jurusan Biologi Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2016.

3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah: sekop, timbangan, ember, penggaris, kamera HP dan digital, timbangan analitik, oven, sentrifugasi, elektroforesis, SDS-PAGE, mikropipet, inkubator, dan alat tulis menulis.

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kacang kedelai varietas Grobogan, arang kompos dan pupuk organik, alumunium foil, *tissue*, kertas koran. Sedangkan untuk uji profil protein terdiri dari : *reducing sampel buffer* (RSB), tabung reaksi, 3.125 ml stok poliakrilamid 30%, 1.505 ml Tris pH 8.8:1 M, 2.75 ml aquades, 75 µl SDS 10%, 75 µl APS 10%, 5 µl TEMED, 0.45 stok poliakrilamid 30%, 0.38 ml Tris PH 6.8:1 M, 2.11, ml aquabidest, 30 µl 10% SDS, 30 µl 10% APS, 5 µl TEMED, 20 ml staining *solution* yang terdiri atas (10% asam asetat glasial, 50% methanol, 0.05% *Coomasie Brilliant Blue* R250 dan 40% aquades), 50% *destaining solution* dengan komposisi (10% asam asetat glasial, 50% methanol dan 40% aquades).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Benih

Biji kedelai vaarietas Grobogan diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (BALITKABI), Kendal Payak-Malang. Biji kedelai direndam terlebih dahulu untuk mempercepat proses tumbuhnya tunas biji kedelai. Perendaman dilakukan selama 6 jam menggunakan

aquades. Kemudian ditiriskan selama 2 jam selanjutnya ditanam pada *potray* hingga berumur 7 hari (tumbuh dua daun)

3.4.2 Persiapan Media Tanam

Pembuatan media tanam dilakukan dengan menyiapkan tanah taman, pupuk organik dan arang sekam dengan komposisi 2 kg tanah taman, 0,5 kg arang sekam dan 0,5 kg pupuk organik sehingga didapatkan berat total sebanyak 3 kg.

3.4.3 Pengukuran Kapasitas Lapang

Pengukuran kapasitas lapang bertujuan untuk menentukan volume penyiraman sebagai patokan pemberian taraf penggenangan yaitu dilakukan dengan cara media tanam dalam *polybag* disiram dengan air sampai menetes kemudian didiamkan selama kurang lebih 3 hari sampai tidak ada air yang menetes lagi. Kemudian media tanam ditimbang berat basah dan berat keringnya. Berat basah ditimbang setelah tidak ada air yang menetes lagi dari dalam *polybag*. Berat kering ditimbang setelah media tanam dioven pada suhu 105°C selama 24 jam sampai didapatkan berat konstan. Kebutuhan Air berdasarkan Kapasitas Lapang dihitung dengan rumus:

$$KL (\%) = \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\% \quad (1)$$

(Hendriyani & Setiari, 2009)

Keterangan :

KL = Kapasitas Lapang

Tb = Berat Basah

Tk = Berat Kering

3.4.4 Persiapan Penanaman Bibit Tanaman Kedelai

Benih tanaman kedelai disemai pada *pottray* yang terdiri dari media tanam (tanah taman, dan kompos dengan perbandingan 2:1) yang dilakukan selama 7 hari penyemaian, dan disiram setiap pagi dan sore. Pada usia 8 hari, bibit dipindahkan

ke dalam *polybag* tanpa lubang berisi media tanam yang terdiri dari (tanah taman, arang sekam, dan kompos dengan perbandingan 2:1) berat media total sebesar 3 kg. Selanjutnya, bibit diaklimatisasi selama 14 hari.

3.4.5 Perlakuan Cekaman genangan

Dalam penelitian ini digunakan metode cekaman genangan statis dan dilakukan di dalam *Green House*. Tanaman yang telah diaklimatisasi selama 14 hari, kemudian dilakukan pemberian cekaman genangan selama 10 hari. Perlakuan cekaman dilakukan saat tanaman berumur 21 HST (Welsh, 1991). Setiap tanaman diberi cekaman genangan dengan lima perbedaan konsentrasi genangan yaitu 100% digunakan sebagai kontrol, 125% di atas kebutuhan air maksimum, 150% di atas kebutuhan air maksimum, 175% di atas kapasitas kebutuhan air maksimum, dan 200% di atas kapasitas kebutuhan air maksimum. Volume air genangan pada setiap konsentrasi genangan dijaga dan dipertahankan selama 10 hari perlakuan cekaman. Diberi penanda untuk memudahkan mengetahui tinggi genangan air dalam proses pengecekan volume air yang berkurang. Proses pengecekan volume air pada *polybag* dilakukan setiap hari. Tinggi genangan air dipertahankan selama 10 hari masa cekaman. Masing-masing perlakuan cekaman genangan dilakukan sebanyak 7 kali pengulangan.

3.4.6 Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi : mempertahankan konsentrasi genangan air, penyiangan dan pembubuhan. Penyiangan dilakukan terhadap gulma yang tumbuh didalam petak percobaan dengan cara mencabut. Pada saat bersamaan juga dilakukan pembubuhan agar tanaman tetap kokoh ketika kondisi tanaman dalam keadaan tergenang.

3.4.7 Pemanenan

Pemanenan tanaman kedelai dilakukan setelah lebih kurang 2 minggu (10 hari) perlakuan (Herdiawan, 2012). Masing-masing tanaman pada tiap-tiap perlakuan diambil kemudian ditiriskan untuk menghindari kebusukan. Tanaman

dimasukkan ke dalam wadah *ice box* untuk selanjutnya disimpan dalam suhu 4°C dan diberi label.

3.4.8 Pengamatan Morfologi

Pengamatan morfologi dilakukan dengan mengambil satu tanaman dari tiap satuan percobaan termasuk kontrol. Variabel yang diamati meliputi :

a) Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman setelah panen (cm). Pengukuran terhadap tinggi tanaman dilakukan setelah panen, dengan mengukur bagian pangkal batang sampai ujung batang atau titik tumbuh menggunakan penggaris berukuran 30 cm (Herdiawan *et al*, 2012).

b) Jumlah cabang

Perhitungan terhadap jumlah cabang dilakukan setelah panen dengan menghitung jumlah cabang pada batang utama (Herdiawan *et al*, 2012).

c) Luas daun per tanaman (cm²)

Pengukuran terhadap luas daun dilakukan pada umur 10 hari setelah proses cekaman genangan selesai, yang dihitung menggunakan kertas milimeter blok. Daun digunakan sebagai template, kemudian digambar pada kertas millimeter. Data luas daun diambil dari ukuran yang paling besar ± 3 sampel daun kemudian dirata-rata (Nugroho & Yuliasmara, 2012).

d) Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Tanaman pada tiap-tiap perlakuan cekaman diambil kemudian ditiriskan dan dibersihkan dengan menggunakan aquades untuk memisahkan dari tanah yang masih melekat pada tanaman dan untuk menghindari kebusukan. Tanaman yang telah dicuci ditimbang bobot basahanya menggunakan neraca analitik. Setelah didapatkan berat basahanya, tanaman di bungkus dengan kertas aluminum kemudian dioven selama kurang lebih 2 hari pada suhu 100°C (Herdiawan *et al*, 2012).

- e) Pengukuran Panjang Akar
Akar dibersihkan dari media tanam dengan dengan cara merendam bagian akar tanah ke dalam bak yang telah diisi oleh air. Setelah akar terpisah dari tanah kemudian diangkat dan ditiriskan dan diukur panjang akar mulai dari ujung akar sampai pangkal akar dengan menggunakan penggaris berukuran 30 cm (Herdiawan *et al*, 2012).
- f) Jumlah Akar Adventif
Akar adventif biasanya terbentuk di dekat pangkal batang dan pada pertumbuhan lateral yang sejajar dengan permukaan tanah dan air. Akar adventif dihitung dengan cara menjumlahkan akar adventif yang muncul dari akar utama yang berdekatan dengan pangkal batang yang lokasinya berada di atas permukaan tanah yang tergenang air (Chen *et al*, 2002).

3.5 Analisis Profil Protein

Data profil protein dianalisa secara deskriptif laboratorik, yaitu suatu penelitian yang dimaksudkan untuk menjawab pertanyaan tentang bagaimana profil protein tanaman kedelai yang didekati dengan air. Profil protein tanaman kedelai ditentukan dengan menggunakan metode SDS PAGE di Laboratorium Biologi Molekuler dan Seluler Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya dengan modifikasi sebagai berikut:

a. Preparasi Sampel (Ekstraksi Protein)

Tanaman kedelai dicuci dengan aquades. Dipisahkan bagian daun sebanyak 1 gram, kemudian diekstrak secara terpisah. Sampel dibekukan dengan 15 ml N₂ cair. Sampel beku digerus hingga menjadi bubuk halus. Sampel diekstrak dengan larutan *Reducing Sample Buffer* (RSB) dengan perbandingan 1:1 dalam tabung 1.5 ml. (Bollag, 1991) dan disentrifugasi selama 20 menit pada 4000 rpm dengan suhu 4°C. Supernatan kemudian direbus selama 5 menit dan kemudian disimpan pada suhu 100°C hingga dilakukan elektroforesis.

b. Pembuatan *Separating Gel 12.5%* dan *Stacking Gel 5%*

Plate pembentuk gel disusun sesuai dengan prosedur penyusunan palte elektroforesis. *Separating gel 12.5%* dibuat dengan komposisi : 3.125 ml stok poliakrilamid 30%, 1.505 ml Tris pH 8.8:1 M, 2.75 ml aquades, 75 μ l SDS 10%, 75 μ l APS 10%, 5 μ l TEMED, kemudian larutan dituang ke dalam plate pembentuk gel menggunakan mikropipet 1 ml sampai batas yang terdapat pada plate. Perlahan ditambahkan aquades diatas larutan gel dalam plate agar permukaan gel tidak bergelombang. Kemudian gel dibiarkan memadat selama kurang lebih 30 menit (ditandai dengan terbentuknya garis transparan di antara batas air dan gel yang terbentuk). Setelah itu, air yang menutupi *separating gel* dibuang. Selanjutnya, dibuat gel 5% dengan komposisi sebagai berikut : 0.45 stok poliakrilamid 30%, 0.38 ml Tris PH 6.8:1 M, 2.11, ml aquabidest, 30 μ l 10% SDS, 30 μ l 10% APS, 5 μ l TEMED. Setelah itu, *stacking gel* dituang kedalam *plate* dan dipasang aliran listrik.

c. Pemasangan *Plate* dan *Running*

Plate berisi gel dimasukkan dalam *chamber* elektroforesis. *Running buffer* pH 8.3 dituang sampai bagian atas dan bawah gel terendam. Sisiran diangkat pada *plate* sehingga terbentuk sumuran gel. Kemudian, sampel sebanyak 10-30 μ l dimasukkan ke dalam sumuran gel. Untuk memulai *running*, perangkat elektroforesis dihubungkan dengan *power supply*. *Running* dilakukan pada *constant current* 20 mA selama kurang lebih 3 jam atau sampel *tracking dye* mencapai jarak 0.5 cm dari dasar gel. Setelah selesai, *running buffer* dituang dan gel diambil dari *plate*.

d. Pewarnaan Gel

Gel direndam dalam 20 ml *staining solution* dengan digoyang-goyangkan selama kurang lebih 15 menit dengan komposisi 10% asam asetat glasial, 50% methanol, 0.05% CCB R250 dan 40% aquades. Setelah itu, larutan *staining* dituang kembali pada wadahnya. Setelah dicuci dengan air beberapa kali, gel direndam dalam 50 ml *destaining solution* dengan komposisi 10% asam asetat glasial, 50% methanol dan 40% aquades.

Sambal digoyang-goyang selama kurang lebih 30 menit atau sampai *band protein* terlihat jelas.

e. Identifikasi Profil Protein

Profil protein yang diamati meliputi berat molekul (BM), kehadiran pita protein, tebal tipis pita protein dan jumlah jumlah protein yang terekspresikan pada daun. Perbedaan respon tanaman terhadap cekaman genangan ditetapkan berdasarkan protein lain yang terbentuk yang tidak dimiliki oleh kontrol.

3.6 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Rancangan Acak Kelompok yang disusun dengan percobaan faktorial yang terdiri dari 1 faktor. Faktor pertama adalah pemberian konsentrasi genangan yang terdiri dari 5 tingkatan konsentrasi genangan yaitu G0 = kontrol, G1 = konsentrasi cekaman genangan sebesar 125%, G2 = konsentrasi cekaman genangan sebesar 150%, G3 = konsentrasi cekaman genangan sebesar 175%, G4 = konsentrasi cekaman genangan sebesar 200%. Setiap perlakuan dikombinasikan sehingga didapatkan 5 perlakuan. Setiap perlakuan diulang 6 kali sehingga diperoleh 30 pot percobaan.

Tabel 3.1 Tabel Rancangan Penelitian

Pengulangan (A)	Konsentrasi Genangan (G)				
	Kontrol (G0)	125% (G1)	150% (G2)	175% (G3)	200% (G4)
A1	A1G0	A1G1	A1G2	A1G3	A1G4
A2	A2G0	A2G1	A2G2	A2G3	A2G4
A3	A3G0	A3G1	A3G2	A3G3	A3G4
A4	A4G0	A4G1	A4G2	A4G3	A4G4
A5	A5G0	A5G1	A5G2	A5G3	A5G4
A6	A6G0	A6G1	A6G2	A6G3	A6G4

Keterangan :

A1 = Pengulangan Ke-1

A2 = Pengulangan Ke-2

A3 = Pengulangan Ke-3

A4 = Pengulangan Ke-4

A5 = Pengulangan Ke-5

A6 = Pengulangan Ke-6

G0 = 100% (kontrol)

G1 = 125% (kebutuhan Air diatas Kapasitas Lapang)

G2 = 150% (kebutuhan Air diatas Kapasitas Lapang)

G3 = 175% (kebutuhan Air diatas Kapasitas Lapang)

G4 = 200% (kebutuhan Air diatas Kapasitas Lapang)

A1G0 = Pengulangan Ke-1 sebagai kontrol

A2G0 = Pengulangan Ke-2 sebagai kontrol

A1G1 = Pengulangan Ke-1 dengan cekaman genangan 125%

A2G1 = Pengulangan Ke-2 dengan cekaman genangan 125%

A1G2 = Pengulangan Ke-1 dengan cekaman genangan 150%

A2G2 = Pengulangan Ke-2 dengan cekaman genangan 150%

A1G3 = Pengulangan Ke-1 dengan cekaman genangan 175%

A2G3 = Pengulangan Ke-2 dengan cekaman genangan 175%

A1G4 = Pengulangan Ke-1 dengan cekaman genangan 200%

A2G4 = Pengulangan Ke-2 dengan cekaman genangan 200%

Tabel 3.2 Kehadiran Pita Protein Pada masing-masing konsentrasi Genangan

No Pita	Berat Molekul (kDa)	Keberadaan Pita Protein Pada Setiap Konsentrasi Cekaman Genangan				
		Kontrol	125%	150%	175%	200%
1						
2						
3						
4						

Keterangan :

(-) : *Absent*

(v) : *Present*

3.6.1 Analisis Data

Data dianalisis dengan analisis keragaman (ANOVA) *One Way* untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai dengan hipotesa:

H0 : tidak ada pengaruh faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai

H1 : ada pengaruh faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai.

Jika H1 diterima, maka dilanjutkan dengan uji *Tukey* untuk mengetahui perbedaan nyata antara faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai

Profil protein dianalisis secara deskriptif, yaitu meliputi berat molekul (BM), kehadiran pita protein, tebal tipis pita protein dan jumlah jumlah protein yang terekspresikan pada daun. Perbedaan respon tanaman terhadap cekaman genangan ditetapkan berdasarkan protein lain yang terbentuk yang tidak dimiliki oleh kontrol.

--Halaman sengaja dikosongkan--

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Cekaman Genangan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*)

Pertumbuhan adalah pembelahan, pembesaran dan pemanjangan sel. Perkembangan merupakan akibat dari pertumbuhan karena adanya pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel. Pertumbuhan merupakan pertambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat kembali. Suatu tanaman akan terus tumbuh dan berkembang sampai pada batasan tertentu, dimana tingkat pertumbuhan dan perkembangannya tergantung pada jenis spesies dan perbedaan genotip (varietas) dalam spesies (Amzeri 2009).

Pertumbuhan tanaman digunakan sebagai indikator untuk mengetahui karakteristik tanaman dan hubungannya dengan faktor lingkungan. Pada kondisi lingkungan yang tidak mendukung seperti terjadinya genangan, tanaman dapat mengalami cekaman dan terhambat pertumbuhannya. Cekaman genangan merupakan penyebab hipoksia (Kekurangan oksigen) atau anoksia (Keadaan lingkungan tanpa oksigen) tanaman (Smith dkk., 2010). Genangan yang terjadi menyebabkan kondisi perakaran tanaman menjadi anaerob (Hodson & Bryant, 2012). Selain itu, juga menyebabkan kerusakan tanaman karena hilangnya oksigen dari tanah akibat terjadinya kelebihan air (Taiz & Zeiger, 2010). Kekurangan oksigen menggeser metabolisme energi dari aerob menjadi anaerob sehingga berpengaruh kurang baik terhadap serapan nutrisi dan air. Akibatnya tanaman menunjukkan gejala kelayuan walaupun tersedia banyak air (Sairam *et al.* 2008).

Terkait dengan gejala diatas, pada penelitian ini diamati beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan untuk menyatakan perbedaan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Grobogan selama proses pemberian cekaman genangan yaitu meliputi tinggi

tanaman, jumlah cabang, luas daun tanaman, berat basah dan berat kering tanaman, panjang akar, dan jumlah akar adventif tanaman dengan masing-masing perlakuan cekaman genangan dengan konsentrasi 100%, 125%, 150%, 175%, dan 200%.

4.1.1 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Tinggi Tanaman (Cm)

Tinggi tanaman merupakan suatu ukuran yang sering diamati, sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh jenis perlakuan serta sebagai ciri yang menentukan produksi tanaman yang erat kaitannya dengan proses fotosintesis (Gardnes *et al.*, 1991). Menurut (Sitompul dan Guritno, 1995) bahwa tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat. Sehingga dapat diamati dengan melakukan perbedaan pengamatan pertumbuhan terhadap tinggi tanaman pada kondisi normal ataupun ketika berada dalam kondisi tercekam.

Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 10) diketahui bahwa faktor cekaman genangan tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dengan nilai p sebesar 0.665 ($p > 0,05$). Gagal tolak H_0 , Sehingga hasil *Uji ANOVA* tidak dapat dilanjutkan ke *Uji Tukey*.

Tabel 4.1 Rata-rata tinggi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST(Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Tinggi Tanaman
100%	33,12 ± 6,93a
125%	33,56 ± 9,65a
150%	38,72 ± 11,21a
175%	36,04 ± 4,49a
200%	37,85 ± 4,83a

Keterangan : Angka dibelakang tanda \pm merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut *Uji Tukey* ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4.1, dan Lampiran (11) diketahui bahwa cekaman genangan tidak mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Tanaman menunjukkan peningkatan pertumbuhan tinggi secara signifikan, dan selanjutnya terus meningkat seiring dengan semakin tingginya cekaman genangan. Hasil pengukuran data tinggi tanaman berturut-turut kontrol = 33,12 cm 150% = 38,722 cm, 175% = 36,042 cm, dan 200% = 37,850 cm. Setelah dilakukan Uji Anova didapatkan bahwa antara perlakuan kontrol dan perlakuan cekaman genangan tidak berbeda nyata.

Menurut Gunawan (1987) dalam Montano (1990) menyatakan bahwa, pada tanaman yang tergenang seperti tanaman padi, ekspresi dan konsentrasi sitokinin lebih besar dibandingkan auksin sehingga akan mempercepat pertumbuhan tunas. Berdasarkan hasil pengamatan parameter pertumbuhan berupa tinggi tanaman, selama proses penggenangan berlangsung, terlihat pemanjangan batang yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi cekaman genangan (tabel 4.1).

Mekanisme stimulus auksin terhadap pembelahan sel dipengaruhi oleh sinyal transduksi utama berupa hormon auksin yang berikatan dengan suatu reseptor. Sinyal tersebut kemudian dilanjutkan ke *second messengers* dalam sel yang memicu berbagai tanggapan. Kemudian terjadi pengaktifan pompa proton dan pelepasan ion H⁺ yang dapat melonggarkan dinding sel sehingga sel bisa membesar/memanjang. Jalur transduksi sinyal mengaktifkan DNA untuk membentuk protein (transkripsi dan translasi). Protein yang terbentuk diperlukan untuk memelihara pertumbuhan sel (Davies, 2004).

Saat tanaman mengalami periode tergenang, serapan air menjadi terhambat walaupun air tersedia dalam jumlah berlebih. Hal ini disebabkan karena pada periode awal genangan, konsentrasi air berada pada level tinggi yang menyebabkan serapan air juga meningkat sampai batas maximum. Ketersediaan air secara kontinyu menyebabkan terhambatnya difusi oksigen pada daerah perakaran. Saat perakaran tanaman mengalami disfungsi, tanaman akan berusaha untuk mempertahankan diri melalui mekanisme

pemajangan batang sebagai tanggapan terhadap penggenangan. Elongasi batang selama penggenangan merupakan strategi penghindaran (*escape strategy*) yang memungkinkan tanaman melakukan metabolisme aerob dan fiksasi CO₂ dengan batangnya ke permukaan air (Vriezen *et al.*, 2003; Sarkar *et al.*, 2006). Proses elongasi batang ini dibantu oleh hormon sitokinin yang bekerjasama dengan auksin. Sitokinin sebagai stimulus yang dapat memicu pembelahan sel dengan regulasi *signaling* sistem dua komponen yang melibatkan *regulator respons* (ARs, dan faktor transkripsi (TFR). Selain itu, pemanjangan batang selama penggenangan diperantarai oleh interaksi etilen dan giberelin (Kawarno *et al.*, 2002). Etilen tidak memacu pertumbuhan batang secara langsung tetapi melalui aksi giberelin. Selama penggenangan kondisi lingkungan dengan konsentrasi CO₂ dan cahaya yang rendah menyebabkan reduksi kemampuan fotosintesis pada tanaman yang tergenang. Karbohidrat terutama sebagai suplai energi untuk memelihara metabolisme selama penggenangan (Jackson and Colmer, 2005).

Ketersediaan air yang berlebih ini menyebabkan laju fotosintesis tanaman rendah sehingga alokasi fotosintat ke organ tanaman juga rendah. Dengan rendahnya alokasi fotosintat ke akar, batang dan daun, maka akan menekan pertumbuhan pada bagian pertumbuhan vegetatif, akar, batang dan daun (Nurbaiti dkk., 2012). Selain itu, genangan air dapat mengurangi penyerapan nutrisi seperti N, P dan K (Kozlowski & pallardy 1997 *dalam* Aldana *et al.*, 2014) salah satu defisiensi N memiliki efek terbesar pada pertumbuhan pemanjangan batang (Martinez *et al.*, 2009 *dalam* Aldana *et al.*, 2014). Selain itu didukung oleh pendapat Savita *et al.*, (2004), yang menyatakan bahwa tanaman yang tercekam genangan air, akar dari tanaman tersebut akan berinteraksi langsung dengan air dan ketika terjadi peningkatan level air maka akan mengganggu kerja dari sistem akar yang pada akhirnya akan menghambat pertumbuhan tinggi tanaman.

Selain itu pada saat tanaman mengalami kondisi hipoksia (kekurangan O_2) dan anoksia (keadaan lingkungan tanpa O_2) dapat menghambat respirasi perakaran tanaman, sehingga mengubah lintasan respirasi menjadi lintasan anaerob/fermentasi. Pada jalur fermentasi terjadi konversi ADP menjadi ATP, sehingga lintasan fermentasi kurang efisien bila dibandingkan dengan respirasi aerob, dengan ketersediaan energi metabolik yang terbatas ini maka akan menghambat beberapa proses pada tanaman seperti pembelahan sel, serapan air dan unsur hara serta berbagai proses metabolisme lainnya sehingga dapat menekan pertumbuhan tinggi tanaman (Nurbaiti *et al.*, 2012).

4.1.2 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Jumlah Cabang Tanaman

Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 12) diketahui bahwa faktor cekaman genangan tidak berpengaruh terhadap jumlah cabang tanaman, sehingga gagal tolak H_0 dengan nilai p sebesar 0,068 ($p > 0,05$). Nilai p lebih besar dari 0,05, sehingga tidak dapat dilanjutkan ke Uji *Tukey*. Seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Rata-rata Jumlah Cabang Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST (Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Jumlah Cabang
100%	7,50 ± 1,04a
125%	7,00 ± 1,26ab
150%	6,50 ± 1,37ab
175%	6,33 ± 1,21ab
200%	5,50 ± 0,83b

Keterangan : Angka dibelakang tanda \pm merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji *Tukey* ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4.2, dan lampiran (13) diketahui bahwa jumlah cabang tanaman kedelai cenderung mengalami penurunan saat diberikan cekaman genangan. Hal ini menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi jumlah cabang tanaman pada kedelai varietas Grobogan. Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi cekaman genangan berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang dengan rata-rata total pada setiap konsentrasi genangan yang teramati adalah, 100% = 7,5, 125% = 7,0, 150% = 6,5, 175% = 6,3, dan 200% = 5,5. Pada konsentrasi cekaman genangan sebesar 200% memberikan hasil yang sangat berbeda secara signifikan dengan perlakuan kontrol (100%) dan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi genangan. Pada cekaman 100% jumlah cabang memberikan hasil yang lebih tinggi. Namun, pada konsentrasi genangan 150% dan 175% jumlah cabang yang terbentuk memberikan hasil rata-rata yang hampir sama.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kedelai Varietas Grobogan memiliki daya adaptasi pertumbuhan jumlah cabang yang tidak tahan terhadap genangan dengan konsentrasi tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hidayat dan Puspitasari (1985) dalam A. Winarto *et al.*, (2002) yang menyatakan bahwa dengan menurunnya jumlah cabang, maka transportasi fotosintat dari daun ke bagian tanaman lain menjadi lebih sedikit, karena daun-daun yang berada dicabang yang sama tidak semua memberikan hasil fotosintesisnya pada polong dalam cabang tersebut dan bahwa sanya jumlah cabang berpengaruh terhadap fotosintat yang diproduksi.

Jumlah cabang dipengaruhi oleh konsentrasi hormon sitokinin endogen. Konsentrasi hormon sitokinin dipengaruhi oleh keberadaan auksin. Sitokinin bersama-sama dengan auksin akan memberikan pengaruh interaksi terhadap diferensiasi jaringan (Hendaryono, 1994). Keberadaan sitokinin dalam konsentrasi tertentu memberikan pengaruh terhadap penambahan tunas dikarenakan selain untuk menstimulasi pembelahan sel, sitokinin

dapat menghambat pembentukan akar dan berperan dalam proses proliferasi tunas-tunas baru (George & Sherrington, 1984).

4.1.3 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Luas Daun Tanaman (Cm)

Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 14) diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh terhadap luas daun tanaman kedelai varietas Grobogan dengan nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$). Nilai p kurang dari nilai 0,05 menunjukkan hipotesa H_0 ditolak. Hasil Uji *ANOVA* dilanjut dengan Uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada luas daun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat (tabel 4.3).

Tabel 4.3 Rata-rata Luas Daun Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST (Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Luas Daun
100%	25,31 ± 6,13a
125%	24,42 ± 6,43ab
150%	15,32 ± 4,37c
175%	15,50 ± 5,17c
200%	15,99 ± 2,50bc

Keterangan : Angka dibelakang tanda \pm merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji *Tukey* ($p < 0,05$).

Luas daun berperan penting dalam proses fotosintesis, bahwa semakin luas daun tersebut maka semakin besar cahaya yang diserap daun dalam proses fotosintesis, fotosintesis yaitu pembentukan karbohidrat. Karbohidrat merupakan energi yang dibutuhkan untuk metabolisme dalam tanaman (Salisbury dan Ross, 1992) dalam (Mustamu, 2009).

Berdasarkan Tabel 4.3, dan lampiran (15), diketahui bahwa pertumbuhan luas daun menurun seiring dengan meningkatnya cekaman genangan. Terjadi penurunan pertumbuhan luas daun secara signifikan terutama pada cekaman 100% (kontrol) ke 200% seperti yang terlihat pada tabel 4.3. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi genangan air kemampuan akar untuk menyerap air dan unsur hara menjadi semakin terhambat akibat kondisi hipoksia (kekurangan O_2) atau anoksia (kondisi lingkungan tanpa O_2), sehingga perluasan daun menjadi berkurang. Namun pada cekaman 175%, pertumbuhan luas daun mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena pada cekaman yang lebih tinggi, terbentuk akar adventif yang lebih banyak (didukung dengan hasil pengamatan jumlah akar adventif pada tabel 4.7 sehingga penyerapan air dan unsur hara berjalan dengan lebih baik dan mendukung pertumbuhan luas daun. Fungsi akar adventif itu sendiri merupakan pengganti akar asli yang telah rusak dan memiliki kemampuan dan fungsi yang sama. Selain itu, akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk tanaman terhadap genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob dan meningkatkan oksigen di daerah rhizosfer (Hapsari & Adie, 2010).

Kondisi hipoksia atau anoksia yang terjadi di daerah perakaran menyebabkan terhambatnya kemampuan akar untuk menyerap air dan unsur hara seperti N, P, dan K. Salah satu manfaat unsur N bagi tanaman itu sendiri sebagai pembentukan klorofil pada daun. Dengan adanya klorofil dapat berlangsung proses fotosintesis. Hasil dari proses fotosintesis itu sendiri bisa menyebabkan perluasan daun. Jadi apabila penyerapan unsur N tanaman terganggu karena rusaknya jaringan akar, maka proses fotosintesis juga akan terganggu. Apabila proses fotosintesis terganggu maka juga akan menyebabkan perluasan daun jadi terhambat. Hal ini juga didukung dengan pendapat Savita *et al.*, (2004), yang menyatakan bahwa dengan adanya cekaman genangan maka akan menurunkan pertumbuhan luas daun yang disebabkan karena kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara

menjadi terhambat akibat adanya kondisi hipoksia atau anoksia sehingga pertumbuhan luas daun menurun.

4.1.4 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Berat Basah Berat Kering Tanaman

Hasil analisis variasi genangan terhadap berat basah dan berat kering tanaman kedelai menunjukkan adanya beda nyata yang disebabkan oleh perlakuan. Data rata-rata berat basah dan berat kering tanaman kedelai setelah diberi perlakuan genangan air dari berbagai konsentrasi dapat dilihat pada tabel 4.4

Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 16,18) diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh secara nyata terhadap berat basah dan berat kering tanaman dengan nilai p berturut-turut yaitu 0,031 dan 0,004 ($p < 0,005$). Nilai p kurang dari nilai 0,05 menunjukkan hipotesa H_0 ditolak. Hasil Uji *ANOVA* dilanjut dengan Uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada berat basah dan berat kering tanaman.

Tabel 4.4 Rata-rata Hasil Berat Basah Dan Berat Kering Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST (Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Berat Basah Tanaman (gr)	Berat Kering Tanaman (gr)
100%	5,09 ± 1,74a	1,15 ± 0,36a
125%	5,03 ± 1,77a	1,00 ± 0,32ab
150%	3,24 ± 1,27a	0,63 ± 0,33b
175%	3,18 ± 1,24a	0,62 ± 0,18b
200%	3,16 ± 0,73a	0,59 ± 0,14b

Keterangan : Angka dibelakang tanda \pm merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji *Tukey* ($p < 0,05$).

Air merupakan komponen utama dalam kehidupan tanaman, sekitar 70-90% berat segar tanaman adalah berupa air. Air merupakan media yang baik untuk berlangsungnya reaksi biokimia. Didalam tubuh tanaman air dapat masuk ke jaringan tanaman berlangsung melalui proses difusi. Proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya adalah perbedaan konsentrasi air, dan adanya faktor lingkungan yang berperan dalam proses keseimbangan air yang ada pada sistem tanah, tanaman, dan udara. Pada berat basah perlakuan 200% memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap kontrol. Berat basah tertinggi dicapai pada perlakuan dengan konsentrasi genangan sebesar 100%, berat basah terendah pada konsentrasi genangan sebesar 200%. Hasil ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Salisbury dan Ross (1992) serta Sitompul dan Guritno (1995) menyatakan bahwa berat basah tanaman dapat menunjukkan aktivitas metabolisme tanaman dan nilai berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan air jaringan, unsur hara dan hasil metabolisme. Selain itu, juga didukung karena adanya peningkatan ukuran sel (pembesaran sel) dan peningkatan jumlah sel (pembelahan).

Peningkatan ukuran dan jumlah sel pada akhirnya akan meningkatkan berat tanaman. Pada tanaman yang tercekam genangan dengan konsentrasi tinggi proses fotosintesisnya akan mengalami penurunan (Hakim *et al*, 1986). Seperti yang terlihat pada tabel 4.4 dengan konsentrasi genangan 200% dengan berat basah sebesar 3,16. Hal ini berbeda jauh dengan perlakuan kontrol pada konsentrasi 100% yang memiliki berat basah paling tinggi dari semua perlakuan yang ada. Sejalan dengan pernyataan (Hakim *et al*, 1986) pula yang menyatakan bahwa semakin baik unsur hara yang terserap oleh tanaman, maka ketersediaan bahan dasar bagi proses fotosintesis akan semakin baik. Proses fotosintesis yang berlangsung dengan baik, akan memacu penimbunan karbohidrat dan protein sebagai akumulasi hasil proses fotosintesis yang akan berpengaruh pada berat basah tanaman.

Berat kering merupakan petunjuk yang menentukan baik tidaknya pertumbuhan suatu tanaman. Berat kering merupakan akumulasi hasil fotosintat yang berupa protein, karbohidrat dan lipid. Dimana timbunan hasil fotosintesis ini umumnya disimpan pada batang, buah, biji atau polong (Firdaus dkk, 2013). Berat kering sebagai hasil representasi dari berat basah tanaman, merupakan kondisi tanaman yang menyatakan besarnya akumulasi bahan organik yang terkandung dalam tanaman tanpa kadar air. Apabila penyerapan air dan unsur hara, serta proses fotosintesis terhambat, maka pertumbuhan akan menurun yang berakibat pada rendahnya berat kering.

Berdasarkan tabel 4.4, lampiran 19, diketahui bahwa cekaman genangan menyebabkan penurunan berat kering tanaman. Cekaman genangan maksimal adalah 150% karena pada perlakuan 150% tanaman mulai mengalami penurunan berat kering secara signifikan dibandingkan dengan tanaman kontrol. Adapun data berat kering pada cekaman dengan konsentrasi 150%, 175% dan 200% berturut-turut yaitu 0,634 g, 0,624 g, 0,595 g. Menurunnya berat kering tanaman disebabkan oleh kondisi akar yang mengalami kerusakan akibat cekaman genangan. Apabila akar mengalami kerusakan karena gangguan secara biologis, fisik, atau mekanis dan menjadi kurang berfungsi, maka pertumbuhan pucuk tanaman juga akan kurang berfungsi. Hal ini sesuai dengan Darwati dkk (2002) dalam Susilawati dkk, (2011) yang menyatakan bahwa tanaman yang terganggu transfer unsur haranya berakibat pada proses biokimia yang dicerminkan dengan menurunnya berat kering tanaman.

4.1.5 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Panjang Akar Tanaman

Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai alat penyerapan air dan mineral hara dari medium habitatnya (Haryanti, dkk, 2009). Panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung (Gardner *et al.*, 1991). Pada umumnya tanaman dengan irigasi yang baik memiliki akar yang lebih panjang dibandingkan dengan tanaman tumbuh di tempat yang kering.

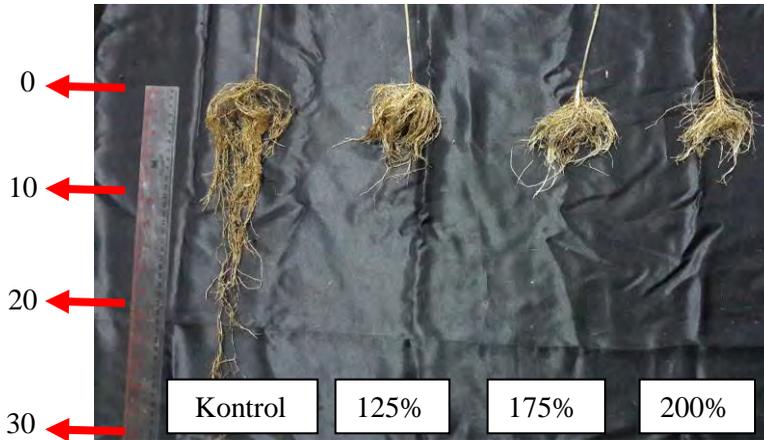
Walaupun demikian, panjang akar berkaitan dengan ketahanan tanaman pada saat terjadi kekurangan air. Rasio panjang akar juga dapat digunakan sebagai indikator adanya kelebihan air pada tanaman.

Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 20) diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh secara nyata terhadap panjang akar tanaman dengan nilai $p = 0,000$ ($p < 0,005$). Nilai p kurang dari nilai 0,05 menunjukkan hipotesa H_0 ditolak. Hasil Uji *ANOVA* dilanjut dengan Uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada panjang akar varietas Grobogan tersebut.

Tabel 4.5 Rata-rata Panjang Akar Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST (Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Panjang Akar Tanaman (cm)
100%	46,85 ± 7,70a
125%	19,60 ± 3,58b
150%	18,53 ± 3,22b
175%	18,45 ± 3,26b
200%	15,38 ± 3,79b

Keterangan : Angka dibelakang tanda \pm merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji *Tukey* ($p < 0,05$).



Gambar 4.1 Panjang Akar Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah 14 Hari Perlakuan. Berturut-turut 100%, 125%, 150% dan 200%.

Berdasarkan Tabel 4.5, dan Lampiran (21) menunjukkan bahwa cekaman genangan air mempengaruhi panjang akar pada tanaman kedelai varietas Grobogan. Panjang akar pada saat tergenang cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Panjang akar yang mengalami penurunan pada saat keadaan tercekam genangan menunjukkan bahwa pada tanaman yang tercekam genangan, pembelahan atau perpanjangan sel-sel akar terhambat sehingga terjadi penurunan panjang akar (Hossain & uddin, 2011). Terhambatnya pembelahan atau perpanjangan sel-sel akar ini diakibatkan oleh meningkatnya sintesis hormon etilen pada saat kondisi tergenang. Karena hormon etilen itu sendiri merupakan inhibitor sintesis hormon auksin dan hormon sitokinin. Panjang akar menurun seiring dengan meningkatnya cekaman genangan. Menurut Gardner dkk, (1991) panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung, sedangkan lebar yang lebih dari pada pembesaran sel-sel ujung merupakan hasil dari meristem lateral atau pembentukan kambium. Panjang

akar mulai menurun secara signifikan pada cekaman 125% sampai dengan cekaman 200% seperti yang terlihat pada tabel 4.5

4.1.6 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Jumlah Akar Adventif Tanaman

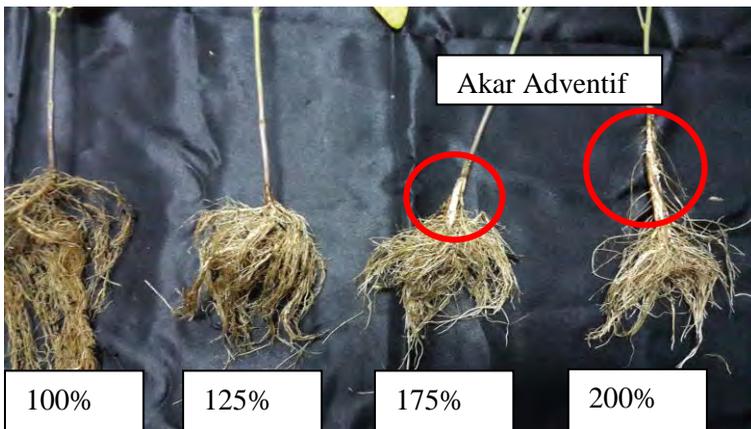
Tanaman kedelai yang tergenang mampu membentuk akar adventif (Hossain, 2011). Hal ini terjadi karena tanaman memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan perakaran yang kekurangan oksigen cara membentuk akar lateral dan akar adventif. Pada saat tanaman dalam keadaan hipoksia (kekurangan O₂), akar adventif akan terbentuk pada bagian atas akar mendekati permukaan tanah dimana tekanan oksigen tinggi. Akar adventif dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob, dan mengoksidasi rizosfer (Bacanamwo dan Purcell, 1999).

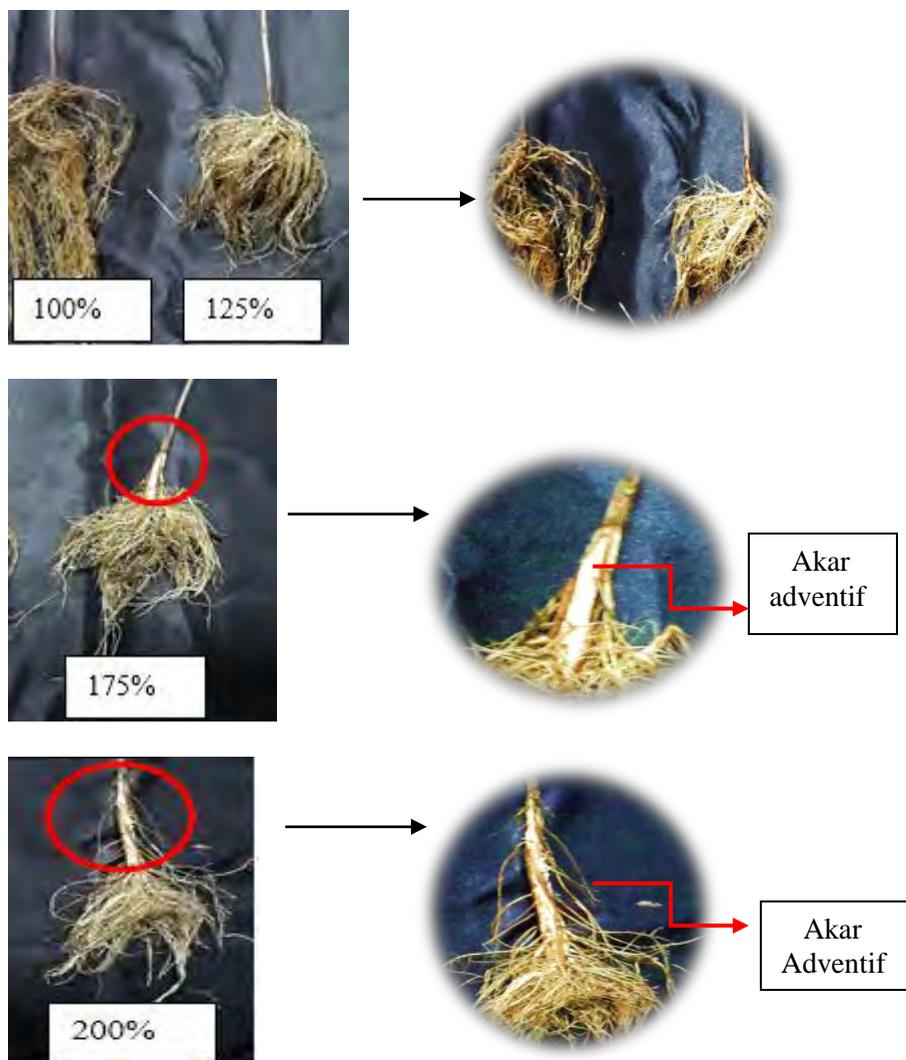
Berdasarkan hasil *ANOVA One Way* (Lampiran 22) diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh terhadap jumlah akar adventif tanaman dengan nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Nilai p kurang dari nilai 0,05 menunjukkan hipotesa H_0 ditolak. Hasil Uji *ANOVA* dilanjut dengan Uji *Tukey* yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada akar adventif tanaman selama tergenang.

Tabel 4.6 Rata-rata Jumlah Akar Adventif Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan 14 HST (Hari Setelah Tanam)

Perlakuan cekaman	Jumlah Akar Adventif Tanaman
100%	0,00 ± 0,00c
125%	0,00 ± 0,00c
150%	7,66 ± 1,63bc
175%	12,00 ± 3,28ab
200%	18,00 ± 11,78a

Keterangan : Angka dibelakang tanda ± merupakan *Standard Error* (SE). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Tukey ($p < 0,05$).





Gambar 4.2 Akar Adventif Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Yang Tercekam Genangan.

Berdasarkan Tabel 4.6, gambar 4.3 dan lampiran 23, terlihat bahwa semakin tinggi cekaman genangan yang diberikan semakin panjang pula akar adventif yang terbentuk seperti yang terlihat pada gambar di atas (gambar 4.6). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman genangan akan menunjukkan respon secara morfologi berupa pembentukan akar adventif untuk dapat bertahan dalam kondisi tercekam genangan. Pembentukan akar adventif meningkat secara signifikan pada cekaman 150%. Terbentuknya akar adventif muncul dari bagian batang tanaman yang terendam dan tumbuh horizontal. Akar adventif ini merupakan pengganti akar asli yang telah rusak dan memiliki kemampuan dan fungsi yang sama. Dengan adanya akar adventif ini dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatnya respirasi aerob dan meningkatkan oksigen di daerah rhizosfer (Hapsari & Adie, 2010).

Pembentukan akar adventif ini terjadi karena adanya interaksi hormon tanaman, yaitu auksin dan etilen (Akhtar & Nazir 2013). Pada kondisi tidak ada oksigen, siklus Krebs tidak dapat berjalan karena kekurangan aseptor elektron terminal untuk oksidasi NADH. ATP selanjutnya hanya dapat diproduksi dengan proses fermentasi, dimana piruvat terlebih dahulu diubah menjadi laktat. Namun hal ini tidak terjadi dalam waktu yang lama, sebagaimana penurunan pH sitoplasma menyebabkan penghambatan laktat dehidrogenase dan berubah menjadi fermentasi etanol. Menurut Cronk & Fennessy (2001), hormon auksin terlibat dalam pembentukan akar adventif. Difusi auksin menuju akar yang kekurangan oksigen menjadi lambat dan auksin terakumulasi pada pertemuan tunas-akar (*shoot-root*) dimana akar adventif terbentuk. Akar adventif membantu penyerapan air dan unsur hara pada tanaman yang toleran genangan. Akar adventif juga memudahkan produk akhir fermentasi alkohol, etanol untuk berdifusi dari tanaman, sehingga tidak terakumulasi pada tanaman. Menurut Smith dkk, (2010), beberapa tanaman mampu membentuk akar adventif sebagai respon terhadap hilangnya oksigen.

4.2 Analisis Profil Protein Tanaman Kedelai (*G. max L.*)

Salah satu karakter yang dapat digunakan untuk karakterisasi sifat toleran tanaman pada cekaman adalah pola profil protein, termasuk cekaman genangan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui profil protein adalah SDS-PAGE (Ramagopal, 1987 ; Goday *et.al*). Separasi atau pemisahan protein tanaman kedelai menggunakan elektroforesis SDS-PAGE menunjukkan pita yang beragam. Variasi pita protein ditunjukkan dengan ada dan tidaknya pita protein. Protein dengan berat molekul yang lebih besar akan tertahan diatas, sedangkan protein dengan berat molekul lebih kecil akan berada dibawah. Kandungan dan jenis berat molekul protein yang dihasilkan setiap sampel berbeda-beda dengan ditandainya perbedaan warna ketebalan pita atau *band* profil protein yang terbentuk pada gambar 4.4.

Perubahan konsentrasi protein akibat cekaman genangan dapat terlihat dari perubahan tebal tipisnya pita protein yang ditunjukkan pada elektroforegam. Konsentrasi berat molekul protein yang rendah akan menyebabkan pita atau *band* protein yang terbentuk tidak terlalu tebal, sebaliknya konsentrasi berat molekul protein yang tinggi menyebabkan pita atau *band* profil protein yang terbentuk tebal.

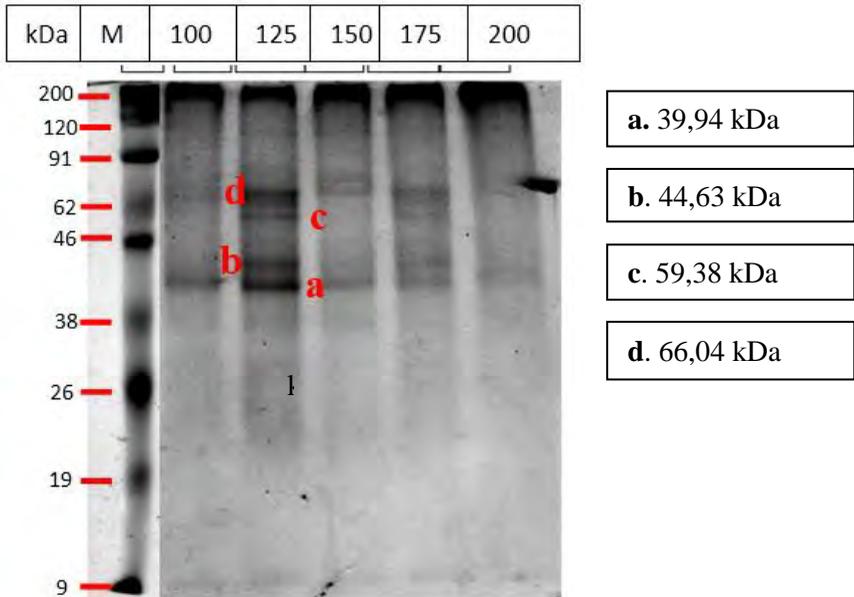
Tabel 4.7 Keberadaan Pita Protein Pada Beberapa Konsentrasi Cekaman Genangan

No Pita	Berat Molekul (kDa)	Keberadaan Pita Protein Pada Setiap Konsentrasi Cekaman Genangan				
		Kontrol	125%	150%	175%	200%
1	39,94	√	√	√	√	√
2	44,63	-	√	√	√	-
3	59,38	√	√	√	√	-
4	66,04	√	√	√	√	-

Keterangan :

(-) : *Absent*

(v) : *Present*



Gambar 4.3 Profil Protein Daun Tanaman Kedelai Pada Perlakuan Cekaman Genangan.

Berdasarkan hasil pemisahan protein yang terlihat pada (gambar 4.7) tersebut menunjukkan adanya beberapa pita protein dengan berat molekul (BM) berkisar antara 46-91 kDa. Berdasarkan penentuan BM tersebut maka dapat diketahui dan dikelompokkan berdasarkan pola pita protein dari organ daun tanaman kedelai terhadap pengaruh pemberian tingkatan konsentrasi genangan tersebut. Sedangkan berdasarkan tabel 4.7 diatas, protein dengan berat molekul 44,63 hanya terekspresi pada kondisi tercekam.

Pada profil protein organ daun terdapat 4 pita protein yang muncul pada perlakuan genangan dengan konsentrasi 125% masing-masing berat molekul yang terlihat sekitar 39,94, 44,63, 59,38, dan 66,04 kDa. Sedangkan pada cekaman genangan dengan

konsentrasi 150%, 175% muncul dengan konsentrasi rendah. Pada konsentrasi cekaman 200% hampir tidak ada protein yang terekspresikan. Secara keseluruhan, pita protein pada tanaman kedelai kurang terlihat jelas. Perbedaan pola pita protein total yang muncul pada gel SDS-PAGE dapat memberikan gambaran mengenai protein baru yang diekspresikan oleh tanaman pada saat terpapar pada cekaman genangan. Pola pita protein dari tingkatan konsentrasi genangan yang diberikan menunjukkan adanya perbedaan variasi tingkat ekspresi. Terdapat beberapa protein baru yang muncul hanya pada kondisi tercekam, pada kondisi ini dapat diasumsikan bahwa cekaman genangan dapat menginduksi *Inducible gen* untuk terekspresi menjadi protein.

Perubahan pita protein menunjukkan adanya respon tanaman terhadap perubahan lingkungan, dan pita protein yang hilang menandakan adanya degradasi protein akibat penurunan kualitas lingkungan. Sintesis dan degradasi protein merupakan dasar perkembangan, homeostasis, dan kematian sel pada tanaman (Vierstra, 1996). Selain itu, Albert *et al*, (2002) menjelaskan bahwa ketebalan pita atau *band* protein menunjukkan konsentrasi protein tersebut, dimana protein dengan intensitas yang lebih tebal memiliki konsentrasi yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Riccardi *et. al* (1998), Ti-da *et al*. (2006), Bensen *et. al* (1988), dan Nayer & Reza (2007), dilaporkan bahwa terjadinya peningkatan total kandungan beberapa protein (konsentrasi dan jumlah pita protein) dan juga penurunan beberapa protein yang lain akibat perlakuan. Reggina & George (1996) menjelaskan bahwa jaringan maupun organ pada tanaman memberikan respon berbeda pada perubahan kondisi kualitas lingkungan.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan

Dilepas tahun : 2008
Nomor galur : 238/Kpts/SR.12/03/2008
Asal : Grobogan

Sifat Kualitatif

Tipe tumbu : Determinit
Warna Hipokotil : Ungu
Warna Epikotil : Ungu
Warna Bunga : Ungu
Warna Daun : Hijau Agak Tua
Warna Bulu : Coklat
Warna Kulit Polong : Coklat
Warna Kulit Biji : Coklat
Warna Hilum : Coklat
Bentuk Daun : Lanceolate
Percabangan : -

Sifat Kuantitatif

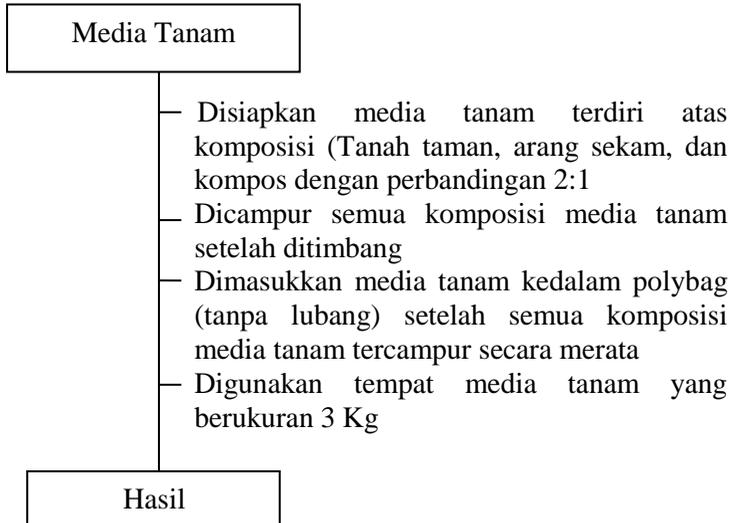
Umur berbunga (hari) : 30-32
Umur Masak (hari) : ± 76
Tinggi Tanaman (cm) : 50-60
Berat 100 Biji (g) : ± 18
Rata-rata hasil (t/ha) : 2,77
Potensi Hasil (t/ha) : 3,40

Kandungan Nutrisi

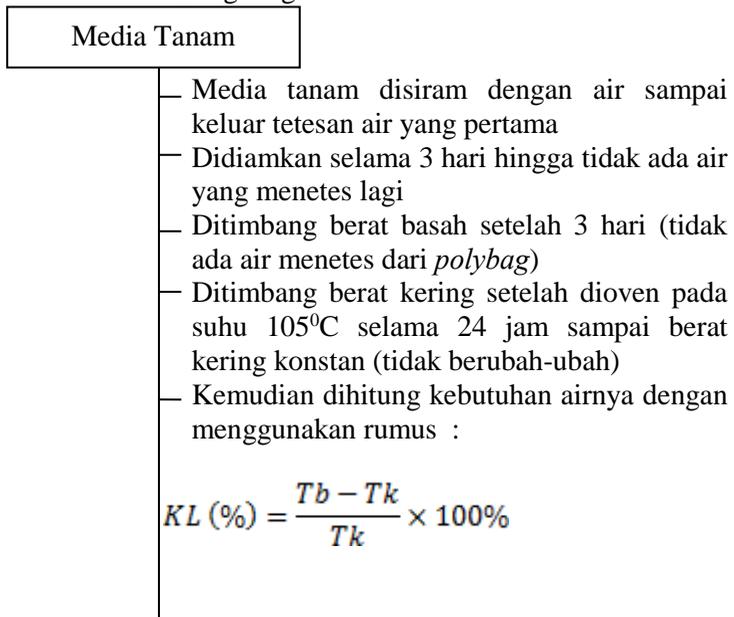
Protein (%) : 43,9
Lemak (%) : 18,4
Daerah Sebaran : Beradaptasi baik pada beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik.

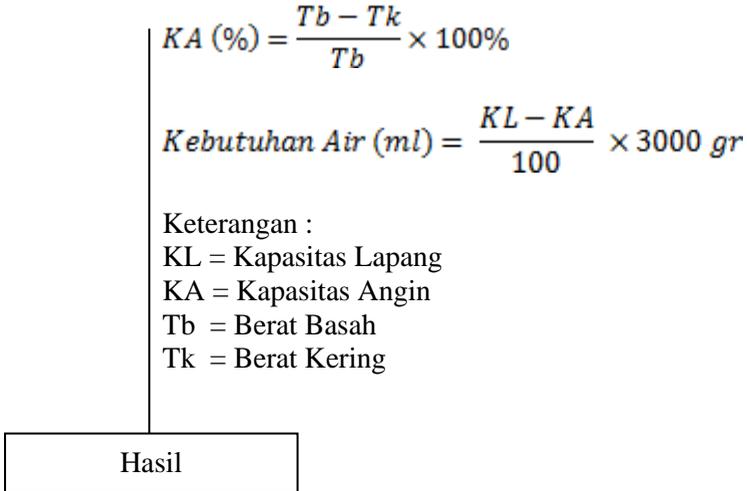
Sifat Lain	: Polong masak tidak mudah pecah. Pada saat panen daun luruh 95-100% saat panen >95% daunnya telah luruh
Pemulia Peneliti	:Suhartina, M. Muchlish Adie : T. Adisarwanto, Sumarsono, Sunardi., Tjandramukti, Ali Muchtar, Sihono, SB. Purwanto, Siti Khawariyah, Murbantoro, Alrodi, Tino Vihara, Farid Mufthi, dan Suharno
Pengusul	:Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan, BPSB Jawa Tengah, Pemerintah Daerah Prov. Jawa Tengah

Lampiran 2. Skema Kerja Pembuatan Media Tanam

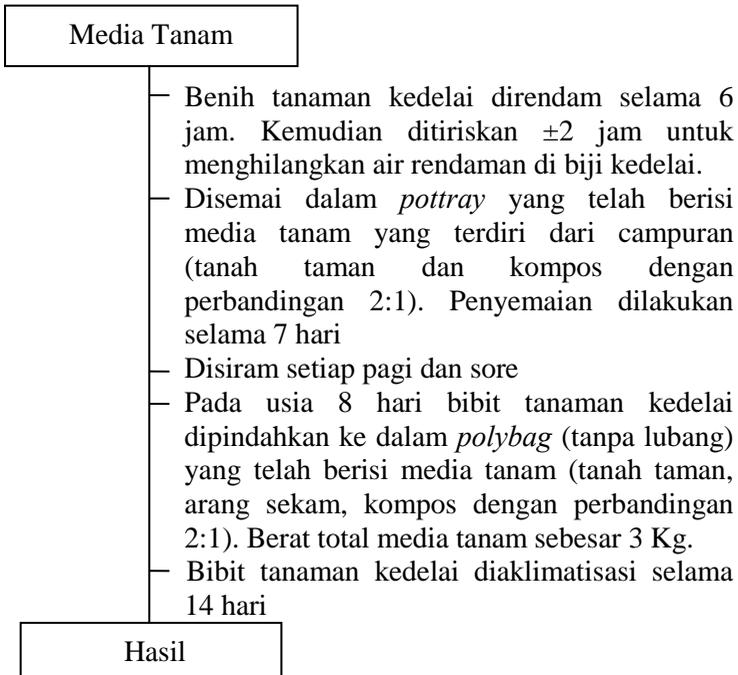


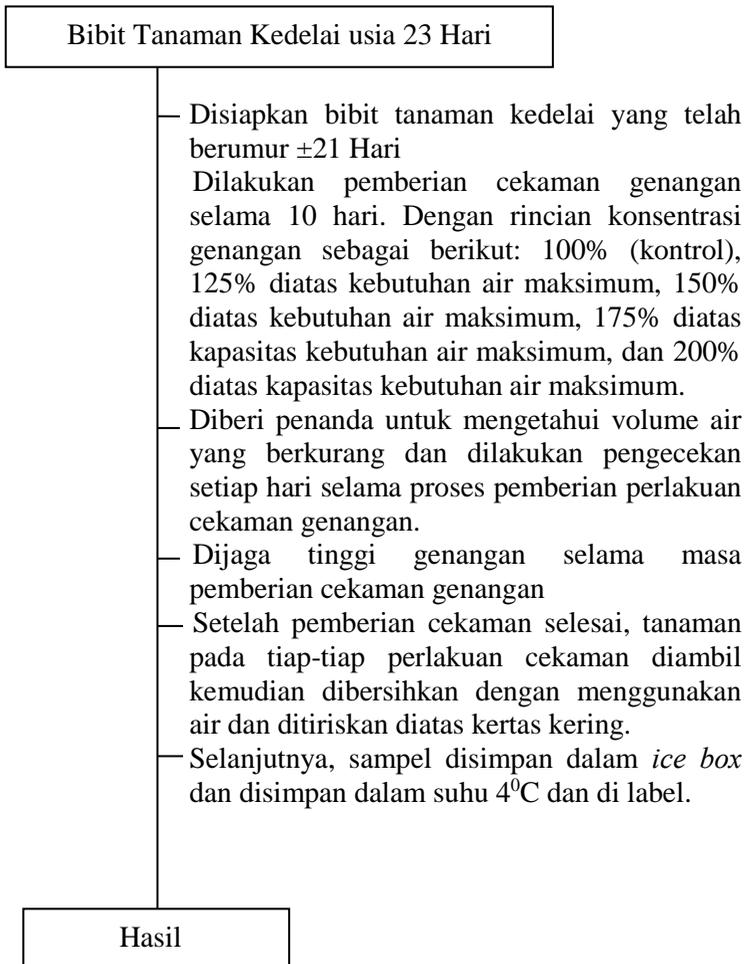
Lampiran 3. Skema Kerja Perhitungan Kebutuhan Air berdasarkan Kapasitas Lapang dan Kapasitas Kering Angin

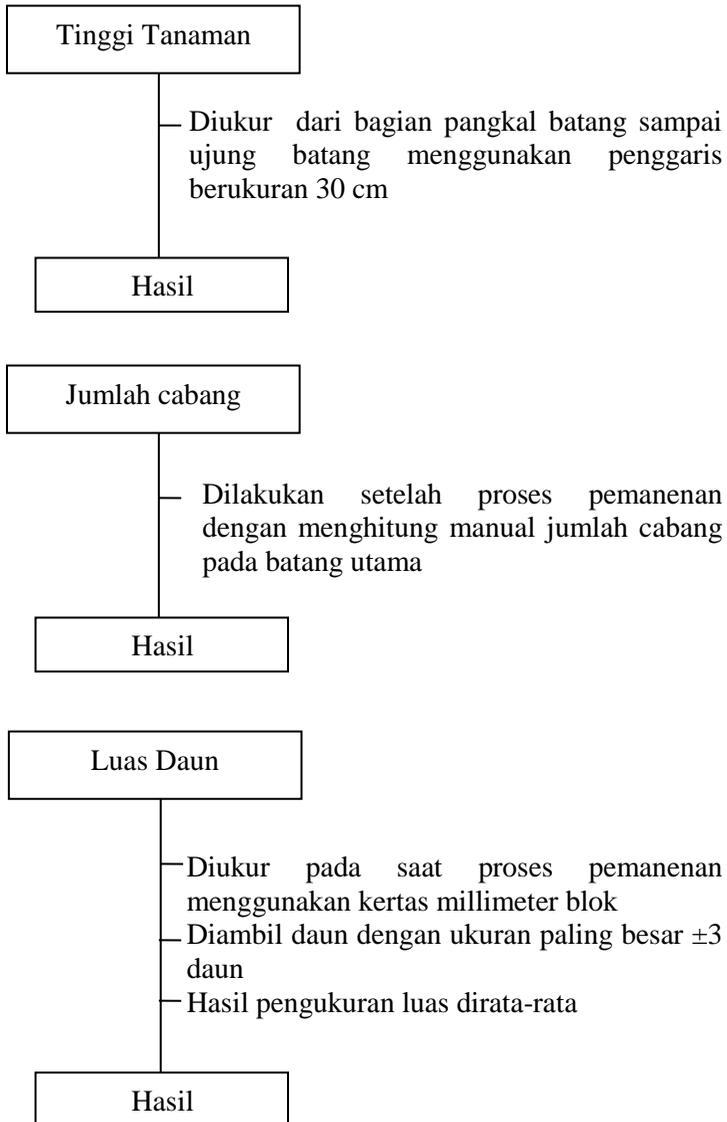


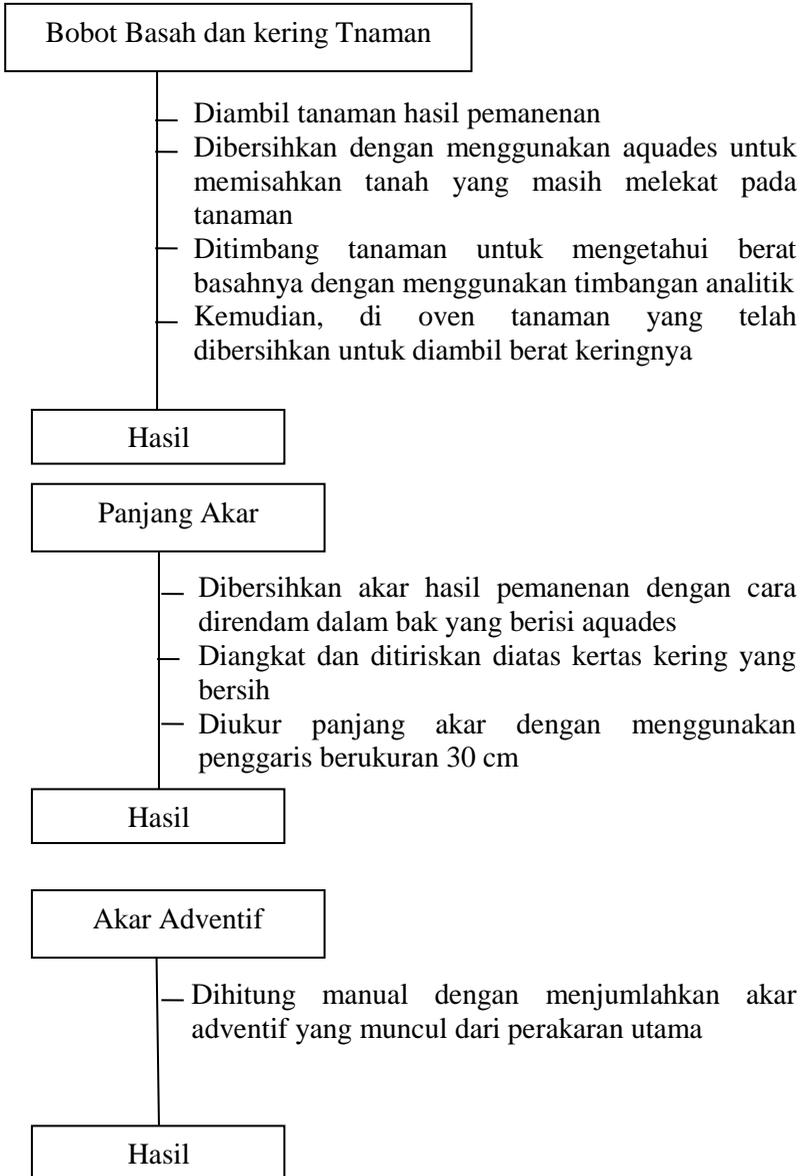


Lampiran 4. Skema Kerja Persiapan Penanaman Bibit Tanaman Kedelai



Lampiran 5. Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan

Lampiran 6. Skema Kerja Pengamatan Morfologi



Lampiran 7. Prosedur SDS-PAGE

Persiapan Sampel

1. Sampel protein ditambah dengan *reducing* sampel buffer (RSB) dengan perbandingan 1:1 dalam tabung 1,5 ml
2. Sampel dipanaskan pada 100°C selama 15 menit

Pembuatan separating gel 12,5 % dan stacking gel 5 %

1. Plate pembentuk gel disusun sesuai dengan prosedur penyusunan plate elektroforesis
2. Separating gel 12,5 % dibuat dengan komposisi :
 - 3,125 ml stok poliakrilamid 30%
 - 1,505 ml Tris pH 8,8; 1 M
 - 2,75 ml aquades
 - 75 µl SDS 10%
 - 75 µl APS 10%
 - 5 µl TEMED
3. Segera tuang larutan ke dalam palte pembentuk gel menggunakan mikropipet 1 ml sampai batas yang terdapat pada plate
4. Perlahan tambahkan aquadest di atas larutan gel dalam plate agar permukaan gel tidak bergelombang
5. Biarkan gel memadat selama kurang lebih 30 menit (ditandai dengan terbentuknya garis transparan di antara batas air dan gel yang terbentuk). Setelah itu, air yang menutup separating gel dibuang.
6. Dibuat stacking gel 5% dengan komposisi sebagai berikut :
 - 0,45 ml stok poliakrilamid 30%
 - 0,38 ml Tris pH 6,8; 1M
 - 2,11 ml Aquabidest
 - 30 µl 10% SDS
 - 30 µl 10% APS
 - 5 µl TEMED
7. Stacking gel dituang kedalam plate dan dipasang sisiran gel

Pemasangan Plate dan Running

1. Plate berisi gel dimasukkan dalam chamber elektroforesis
2. Running Buffer pH 8.3 dituang sampai bagian atas dan bawah gel terendam
3. Sisiran diangkat pada plate sehingga terbentuk sumuran gel
4. Sampel sebanyak 10-30 μ l ke dalam sumuran gel. Untuk memulai running, perangkat elektroforesis dihubungkan dengan power supply
5. Running dilakukan pada constant current 20 mA selama kurang lebih 3 jam atau sampai tracking dye mencapai jarak 0.5 cm dari dasar gel.
6. Setelah selesai, running buffer dituang dan gel diambil dari plate

Pewarnaan gel

1. Gel direndam dalam 20 ml staining solution sambil digoyang selama kurang lebih 15 menit dengan komposisi 10% asam asetat glasial, 50 % methanol, 0,05% CBB R250 dan 40% aquades. Setelah itu larutan staining dituang kembali pada wadahnya.
2. Setelah dicuci dengan air beberapa kali, gel direndam dalam 50 ml destaining solution dengan komposisi 10% asam asetat glasial, 50% methanol dan 40% aquades sambil digoyang selama kurang lebih 30 menit atau sampai band protein terlihat jelas.

Lampiran 8. Perhitungan Pengukuran Kapasitas Lapang

Berat awal media tanam : 3000 gr

Berat basah media tanam (Tb) : 40 gr

Berat kering media tanam (Tk) : 27 gr

$$\text{Kapasitas Lapang (W)} = \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\%$$

Keterangan :

W = Kapasitas Lapang

Tb = Berat Basah

Tk = Berat Kering

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Lapang (W)} &= \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\% \\ &= \frac{40 - 27}{27} \times 100\% \\ W &= 48\% = 0,48 \end{aligned}$$

Dari kapasitas lapang dengan satuan persen (%) kemudian dikonversi menjadi satuan milimeter (ml) dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Lapang (W)} &= \frac{V}{W} \\ 48\% &= \frac{V}{3000} \\ &= 1440 \text{ ml} \end{aligned}$$

Jadi, dapat diketahui bahwa media tanam sebanyak 3000 gr memiliki kapasitas lapang sebesar 1440 ml.

Kapasitas Lapang media tanam 3000 gr = 1440 ml

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| a) 100% kapasitas lapang (kontrol) | = 1440 ml |
| b) 125% diatas kapasitas lapang | = 1800 ml |
| c) 150% diatas kapasitas lapang | = 2160 ml |
| d) 175% diatas kapasitas lapang | = 2520 ml |
| e) 200% diatas kapasitas lapang | = 2880 ml |

Kemudian media tanam yang sudah memenuhi kapasitas lapang dilakukan penambahan air untuk perlakuan cekaman genangan.

Perhitungan penambahan air sebagai berikut :

- Kapasitas lapang media tanam 3000gr = 1440 ml
- 100% kapasitas lapang \longrightarrow 1440 ml
- 125% diatas kapasitas lapang
= 1800 ml – 1440 ml \longrightarrow 1,62 cm (didas permukaan media tanam)
- 150% diatas kapasitas lapang
= 2160 ml – 1440 ml \longrightarrow 1,8 cm (didas permukaan media tanam)
- 175% diatas kapasitas lapang
= 2520 ml – 1440 ml \longrightarrow 1,9 cm (didas permukaan media tanam)
- 200% diatas kapasitas lapang
= 2880 ml – 480 ml \longrightarrow 2,16 cm (didas permukaan media tanam)

Lampiran 9. Gambar Pengamatan Tanaman Kedelai terhadap Cekaman Genangan



Gambar 1. Media Tanam



Gambar 2. Perlakuan Cekaman



Gambar 3. Pengukuran Jumlah Cabang



Gambar 4. Pengukuran Luas Daun



Gambar 5. Penimbangan Berat Basah



Gambar 6. Penimbangan Berat Kering



Gambar 7. Pengukuran Panjang Akar



Gambar 8. Akar adventif

Lampiran 10. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Penambahan Tinggi Tanaman

General Linear Model: Tinggi Tanaman Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: tinggi tanaman versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	149,5	37,4	0,60	0,665
Error	25	1552,7	62,1		
Total	29	1702,2			

S = 7,881 R-Sq = 8,78% R-Sq(adj) = 0,00%

Lampiran 11. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Penambahan Tinggi Tanaman

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
3	6	38,722	A
5	6	37,850	A
4	6	36,042	A
2	6	33,563	A
1	6	33,128	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 12. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Jumlah Cabang

General Linear Model: Jumlah Cabang Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: jumlah cabang versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	13,53	3,38	2,50	0,068
Error	25	33,83	1,35		
Total	29	47,37			

S = 1,163 R-Sq = 28,57% R-Sq(adj) = 17,14%

Lampiran 13. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Penambahan Jumlah Cabang

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	6	7,500	A
2	6	7,000	A B
3	6	6,500	A B
4	6	6,333	A B
5	6	5,500	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 14. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Luas Daun

General Linear Model: Luas Daun Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: luas daun versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	621,1	155,3	5,92	0,002
Error	25	655,9	26,2		
Total	29	1277,0			

S = 5,122 R-Sq = 48,63% R-Sq(adj) = 40,42%

Lampiran 15. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Luas Daun

Grouping Information Using Tukey Method

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	6	25,313	A
2	6	24,423	A B
5	6	15,997	B C
4	6	15,503	C
3	6	15,328	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 16. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Berat Basah Tanaman

General Linear Model: Berat Basah Tanaman Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: berat basah versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	25,01	6,25	3,16	0,031
Error	25	49,49	1,98		
Total	29	74,50			

S = 1,407 R-Sq = 33,57% R-Sq(adj) = 22,94%

Lampiran 17. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Berat Basah Tanaman

Grouping Information Using Tukey Method

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	6	5,093	A
2	6	5,036	A
3	6	3,249	A
4	6	3,189	A
5	6	3,168	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 18. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Berat Kering Tanaman

General Linear Model: Berat Kering Tanaman Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: berat kering versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	1,5998	0,4000	4,95	0,004
Error	25	2,0192	0,0808		
Total	29	3,6190			

S = 0,2842 R-Sq = 44,21% R-Sq(adj) = 35,28%

Lampiran 19. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Berat Kering Tanaman

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	6	1,1533	A
2	6	1,0044	A B
3	6	0,6344	B
4	6	0,6244	B
5	6	0,5956	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 20. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Panjang Akar

General Linear Model: Panjang Akar Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: panjang akar versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	4056,8	1014,2	47,07	0,000
Error	25	538,6	21,5		
Total	29	4595,4			

S = 4,642 R-Sq = 88,28% R-Sq(adj) = 86,40%

Lampiran 21. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Panjang Akar

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
1	6	46,850	A
2	6	19,600	B
3	6	18,533	B
4	6	18,450	B
5	6	15,383	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 22. Hasil *ANOVA One Way* Pengaruh Faktor Varietas dan Perlakuan Terhadap Pembentukan Akar Adventif

General Linear Model: Pembentukan Akar Adventif Versus Varietas, Perlakuan

One-way ANOVA: jumlah akar adventif versus perlakuan

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakuan	4	1458,1	364,5	11,97	0,000
Error	25	761,3	30,5		
Total	29	2219,5			

S = 5,518 R-Sq = 65,70% R-Sq(adj) = 60,21%

Lampiran 23. Hasil Uji *Tukey* Pengaruh Faktor Varietas Terhadap Pembentukan Akar Adventif

Grouping Information Using Tukey Method

perlakuan	N	Mean	Grouping
5	6	18,000	A
4	6	12,000	A B
3	6	7,667	B C
2	6	0,000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Cekaman genangan dapat menurunkan pertumbuhan tanaman kedelai pada konsentrasi genangan 200% diantaranya menurunnya penurunan jumlah cabang dengan nilai terendah 5,500, penurunan luas daun dengan nilai terendah 15,997, penurunan berat basah dan berat kering tanaman dengan nilai terendah berturut-turut yaitu :3,168 dan 0,6175, penurunan panjang akar tanaman dengan nilai terendah 15,383, tetapi pada cekaman genangan ini dapat meningkatkan jumlah akar adventif pada konsentrasi genangan 200% dengan nilai tertinggi 18,00
2. Hasil analisis profil protein dengan metode SDS-PAGE pada daun tanaman kedelai (*G.max L.*) menunjukkan adanya pita protein dengan berat molekul 39,94 kDa; 44,63; 59,38; 66,04 kDa.

5.2 Saran

Penelitian berikutnya dilakukan dengan membandingkan dengan beberapa varietas tanaman kedelai untuk tujuan seleksi yang belum digunakan pada penelitian cekaman genangan, juga dilakukan pengamatan dengan menambahkan parameter indeks sensitivitas tanaman, serta pengamatan peran hormon spesifik pada cekaman genangan. Sedangkan untuk profil protein perlu dilakukan sekuensing pada pita baru yang muncul, sehingga dapat diketahui gen yang ikut berperan dalam pengaturan ketahanan tanaman kedelai pada cekaman genangan.

--Halaman sengaja dikosongkan--

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M. 1997. **Pembentukan varietas unggul kedelai**. hlm. 111–142. Laporan Teknis 1997. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang.
- Adisarwanto, T. 2005. **Kedelai**. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Akhtar, I, dan Nazir, N. 2013. Effect of Waterlogging and Drought Stress in Plants. **International Journal of Water Resources and Enviromental Sciences** 2 (2): 34-40.
- Albert B., Johnson A., Lewis J., Raff M.,Roberts K., and Walter P. 2002. **Molecular Biology of The Cell**. Edisi ke4. Garland Science: New York
- Amzeri, A. 2009. Penampilan Lima Kultivar Jagung Madura. **Journal Agrovivor** 2(1): 23-30
- Bacanamwo, M. and L.C. Purcell. 1999. **Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding**. Crop Sci. 39: 143–149.
- Badan Pusat Statistik. 2002. **Statistik Indonesia**. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Basra, A.S. and R.K. Basra. 1997. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. **Harwood Academic Publishers**. <http://books.google.co.id>. [8 January 2009].
- BB Biogen, 2012. **Mekanisme Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman**. Dari <http://biogen.litbang.deptan.go.id>
- Bensen, *et al.* 1988. An introduction to Peptide Chemistry. **Wiley interscience**. New York.

Bintang, Maria. 2010. **Biokimia Teknik Penelitian**. Erlangga, Jakarta. Hal: 99, 103-106

Bollag, D.M. dan Edelstein, S.J. 1991. **Protein Methods. Departement of Biochemistry**. University of Geneva; Geneva, Switzerland.

Budi, D.S. 2000. Toleransi Kedelai (*Glycine max L.*) Terhadap Genangan Statis Pada Berbagai Fase Pertumbuhan. Hlm. 207-212. Dalam V. W. Gunawan, N. Sunarlin, T. Handayani, B. Soegiarto, W. Adil, B. Priyanto, dan Suwarno (Ed). **Prosiding Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai di Indonesia**. Direktorat Teknologi Lingkungan, Jakarta.

Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G. 2003. **Biologi Jilid 2 Edisi Kelima**. Jakarta: Erlangga

Carlson, J. B. 1973. **Morphology**. In: **B. E. Caldwell (Eds.) Soybean: Improvement, Production and Uses. Amer. Soc. Of Agron.** Wisconsin. P. 17 – 75.

Chen, H., Qualls, R.G., dan Miller, G. C. 2002. Adaptive Responses Of *Lepidium latifolium* to Soil Flooding: Biomass Allocation, Adventitious Rooting, Aerenchyma Formation and Ethylene Production. Elsevier, **Environmental and Experimental Botany** 48: 119-128.

Conley, S., P. Esker, and G. Shannon. 2008. Assessing flood damage to soybean. University of Wisconsin Integrated Pest and Crop Management. <http://ipcm.wisc.edu/WCMNews/tabid/53/EntryId/552/Assessing-Flood-Damage-to-Soybean.aspx>. [28 January 2009].

Cramer. 2008. **Cultivating agriculture-saturated and flooded soybean fields**. Kansas State University Research and Extension. <http://www.sedgwick.ksu.edu/desktopmodules/>

Cronk, J. K. dan Fennessy, M. S. 2001. **Wetland Plants: Biology and Ecology**. USA: CRC Press.

Darwati, dkk. 2002. Pengembangan Kedelai di Lahan Masam. **Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang**. Volume 4 no 2. 153 hal.

Davies, P.J., 2004. **Plant Hormones. Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology**. Kluwer Academic Publisher.

Dennis, E.S., R. Dolferus, M. Ellis, M. Rahman, Y. Wu, F.U Hoeren, A. Grover, K.P. Ismond, A.G. Good, and W.J. Peacock. 2000. Molecular strategies for improving water-logging tolerance in plants. *J. Exp. Bot.* 51: 89–97.

Firdaus, L., N., Wulandari, S. dan Mulyeni, G. D. 2013. Pertumbuhan Akar Tanaman Karet Pada Tanah Bekas Tambang Bauksit Dengan Aplikasi Bahan Organik. **Jurnal Biogenesis** 10: 1.

Gardner, F. P., Pearce, R. B. Dan Mitchell, R. L., 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya**. Diterjemahkan oleh Susilo H, Jakarta: Universitas Indonesia

George, E. F., and P. D. Sherrington. (1984). **Plant Propagation by Tissue Culture**. England: Exegetics limited.

Hakim *et al.* 1986. Bahan Ajar Pengantar Pemuliaan Tanaman. **Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman**. Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian UNIPA Manokwari.

Hapsari, R. T. Dan Adie, M.M. 2010. Peluang Perakitan dan Pengembangan Kedelai Toleran Genangan. **Jurnal Litbang Pertanian** 29 (2): 50-57

Haryanti, Sri, Nintya Setiari, Rini Budi Hastuti, Endah Dwi Hastuti, dan Yulita Nurchayati. 2009. Respon Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solm) di

Berbagai Perairan Tercemar. **Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi**. Vol.10,No1:30-40.

Haryanti, S. 2010. **Jumlah dan Distribusi Stomata pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil dan Monokotil**. Buletin Anatomi dan Fisiologi 18 (2).

Heatherly, L.G. and H.C. Pringle III. 1991. Soybean cultivars response to flood irrigation of clay soil. **Agronomy**. 83: 231–236

Hemes, B.D. 1998. **Electrophoresis of proteins**. Oxford University press. New York.

Hendriyani, I.K dan N. Setiari. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna Sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. **Jurnal Sains & Mat**. Vol. 17 No. 3: 145-150

Hendaryono, Daisy.P.S dan Ari Wijayani. 1994. Teknik Kultur Jaringan (Pengenalan dan Petunjuk Perbanyak Tanaman Secara Vegetatif-Modern). **Penerbit Kanisius**. Yogyakarta

Herdawan, I. Abdullah, L., Sopandie, D. Karti, P.D.M.H, dan Hidayati, N. 2012. Karakteristik Morfologi Tanaman Pakan *Indigofera zollingeriana* pada Berbagai Taraf Stres Kekeringan dan Interval Pemangkasan. **JTV**. Vol. 17 No. 4: 276-283.

Hilman, Y. A. Kasno, dan N. Saleh. 2004. Kacang-kacangan dan umbi-umbian : Kontribusi terhadap ketahanan pangan dan perkembangan teknologinya. Dalam Makarim, *et al.* (penyuting). Inovasi pertanian tanaman pangan. **Puslitbangtan Bogor**: 95-132 hlm.

Hodson, M.J dan J.A. Bryant. 2012. **Functional Biology Of Plants**. USA : Willey Blackwell, A John Willey & Sons, Ltd. Publication.

Hossain, M.A. dan S.N. Uddin. 2011. Mechanism of Waterlogging Tolerance in Wheat : Morphological and Metabolic Adaptations Under Hypoxia or Anoxia. **Australian Journal of Crop Science** 5: 1094-1101.

Intan, R, D, A. 2008. **Peranan dan Fungsi fitohormon Bagi Pertumbuhan Tanaman. Makalah.** Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. 43 hal.

Jackson, M.B. & Colmer, T.D. 2005. Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. **Annals of Botany**. 96: 501–505. doi:10.1093/ aob/mci205

Jackson, M.B., and P.C. Ram, 2003. Physiological and Molecular basis Of Susceptibility and Tolerance Of Rice Plants to Complete Submergence. **Annals Of Botany**. 91:227-241.

Janson, J.C and Ryden, L. 1998. Protein Purification: Principles, High Resolution Methodes, and Applications, 2nd edition. **A john willey & Sons Inc.** Pub, Hal: 464-484

Jemal, L.Didierjean, R.Ghrir, M.H.Ghorbal, G.Burkard. 1998. Characterization Of Cadmium Binding Peptides From Pepper (*Capsicum annum*). **Plant Science**. 137 (1998)143–154.

Jordan, M. Dan J. Casaretto,. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento : Etilano, Acido Abscisico, Brasinosteroides, Poliaminas, Acido Salicilico y Acido Jasmonico, In : Squco, F. A. and L., Cardemil (eds). **Fisiologia Vegetal. Chile : Ediciones Universidad de La Serena.**

Kawano,N., Ella, E., Ito, O., Yamauchi, Y. & Tanaka,K. 2002. Metabolic changes in rice seedlingswith different submergence tolerance after desubmergence. **Environmental and Experimental Botany**. 47:195–203

Kozlowski, T.T. 1997. Responses Of Woody Plants to Flooding and Salinity. **Tree Physiology Monograph** No.1.

Labra, Gianazza, R.Waitt, I.Eberini, A.Sozzi, S.Regondi, F. Grassi, E.Agradi. 2006. "Zea mays L. Protein Changes In Response To Potassium Dichromate Treatments". **Chemosphere** 62 (2006) 1234–1244.

Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**. 227: 680-685.

Larcher, W. 2003. *Physiology Plant Ecology*. Germany: **Springer-Verlag**.

Linkemer, G., J.E. Board, and M.E. Musgrave. 1998. Waterlogging effect on growth and yield component in late-planted soybean. **Crop Sci.** (38): 1576–1584.

Mapegau. 2006. (Pengaruh Cekaman Air terhadap pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). **Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura** vol. 41 No. 1 Maret 2006

Martinez, F.F., Sarmiento, J., Fischer, G., dan Jimenez, F. 2009. Sintomas de Deficiencia de Macronutrientes y Boro en Plantas dek Unchuva (*Physalis peruviana* L.). **Journal of Agron. Colomb** 27 : 169-178.

Montano, N.E. and Tupas, L.M. 1990. **Plant Growth Hormonal Activities of Aqueous Extracts from Philipinies Seaweeds**. SICEN Leaflet 2. Marine Science Institute, University of Philipinies.

Naeve, S. 2002. **Flooded fields and soybean survival**. MCCN80. <http://www.plpa.agri.umm.edu/extension>. [28 January 2009].

Nayer, Mohammadkhani, dan Reza Heidari. 2007. "Effects of Drought Stress on Soluble Proteins in two Maize Varieties". **Turk J Biol.** 32 (2008) 23-30

Notohadiprawiro, T. 1989. Pola kebijakan pemanfaatan sumber daya lahan basah, rawa,dan pantai. **Seminar Ilmiah Dies Natalis ke-25 Universitas Jember** 14–15 Juli 1989.

<http://soil.faperta.ugm.ac.id/tj/1981/1989%20pola.pdf>. [20 January 2009].

Nugroho, K.W. dan F. Yuliasmara. 2012. **Penggunaan Metode Scanning untuk Pengukuran Luas Daun Kakao**. Jember: Warta, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Nurbaiti, yulia, A. E., dan Jujung, S. 2012. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Eloeis guineensis* Jacq.) Pada Medium Gambut Dengan Berbagai Periode Penggenangan. **Jurnal Agroteknologi Tropika** 1 (1): 14-17.

Oosterhuis, D.M., H.D. Scott, R.E. Hampton, and S.D. Wullschleger. 1990. Physiological response of two soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars to short-term flooding. **Environ. Exp. Bot.** 30: 85–92.

Poedjiadi, Padmaa M. 2010. *A Comprehensive Review Nigella sativa* Linn. Department of Pharmacognosy, **The Oxford College of Pharmacy**. Pp.409-429.

Purwadi, E. 2011. Pengujian Ketahanan Benih terhadap Cekaman Lingkungan. <http://www.masbied.com/2011/05/23/>. Diakses pada tanggal 1 Desember 2015.

Ralph, W. 1983. Soybean respond to controlled waterlogging. **Rural Res.** 120: 4-8.

Rans, 2006. **Kedelai**. www.warintek.progressio.or.id

Reggina and George, J. 1996. Proteomic analysis of the flooding tolerance mechanism in mutan soybean. **J. Proteomics** 79, 231-250.

Rhine, M.D. 2006. Reaction of soybean cultivare to waterlogged soil. University Missouri-Columbia Electronic **Thesis and Dissertation Archives**. <http://edt.missouri.edu/fall2006/>

Thesis/RhineM-030707-T5258/research.pdf.2006 [2 February 2009].

Riccardi, A. J. S. 1998. Proteomics: A biotechnology tool for crop improvement. *Front. Plant Sci.* Doi:10.3389/fpls

Roger, P.A., Zimmerman, W.J. & Lumpkin, T.A.,1992. **Microbiological Management of Wetland Rice Fields. Soil Microbial Ecology.** Edited by Meeting, F.B., Marcel Dekker, Inc. New York. p: 417-447.

Rubatzky, V.E *and* M. Yamaguchi. 1998. **Sayuran Dunia.** ITB, Bandung.

Rukmana, R dan Yuniarsih, Y. 1996. **Kedelai Budidaya dan Pasca Panen.** Konisius Yogyakarta.

Sairam, R.K., D. Kumutha, K. Ezhilmathi, P.S. Deshmukh, and G.C. Srivastava. 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biol. Plant** (52): 401-412.

Salisbury, F. B. Dan Ross, C. W. 1992. **Fisiologi Tumbuhan Jilid 3.** Diterjemahkan oleh Lukman, D. R. dan Sumaryono, Bandung: Penerbit ITB.

Savita, Reyna, N., B. Cornelious, J.G. Shannon, and C.H. Sneller. 2004. Evaluation of QTL for waterlogging tolerance in southern soybean germplasm. **Crop Sci.** 43: 2077-2082.

Sato T, Harada T, Ishizawa K. 2002. Stimulation of glycolysis in anaerobic elongation of pondweed (*Potamogeton distinctus*) turion. **J. Exp. Bot.** 53:1847-56

Scott, H.D., J. De Angulo, M.B. Daniels, and L.S. Wood. 1989. Flood duration effect on soybean growth and yield. **Agronomy.** 81: 631-636.

Shannon, J.G., W.E. Stevens, W.J. Wiebold, R.L. McGraw, D.A. Sleper, and H.T. Nguyen. 2005. **Breeding soybeans for improved tolerance to flooding. Proc. 35th Soybean Seed Res. Conf. Am. Seed.** Trade Assoc. Chichago.

Shimamura, S., T. Mochizuki, Y. Nada, and M. Fukuyama. 2003. Formation and function of secondary aerenchyma in hypocotyl, roots and nodules of soybean (*Glycine max*) under flooded condition. **Plant Soil**: 351–359.

Shiu, O.Y., Oitiker, J.H., Yip, W.K. and Yang, S.F (1998). The Promote of *LE-ACS7*, an aerly flooding-induced 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene of the tomato, is tagged by a *Sol3* transposon. **Proc. Natl Acad, Sci, USA**, 95, 10334-10339.

Sitompul, S.M dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. **Gadjah Mada University Press.** Yogyakarta.

Smith, A.M., Coupland, G., Dolan, L., Harberd, N., Jones, J., Martin, C., Sablowski, R. dan Amey, A. 2010. **Plant Biology.** New York: Garland Science.

Sumardjo Damin. 2009. Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata 1 Fakultas Bioeksakta. **Penerbit Buku Kedokteran EGC:** Jakarta. Hal. 161-172

Sumarno dan A.G. Mashuri. 2007. **Persyaratan tumbuh dan wilayah produksi kedelai di Indonesia.** hlm. 73–103. Dalam *Kedelai: Teknik produksi dan pengembangannya*, Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim (Ed.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor

Suprpto. H.S. 1999. **Bertanam Kedelai.** Cetakan Kedua puluh. Jakarta : Penerbit Penebar Swadaya.

Suriadikarta, D.A dan M.T. Sutriadi. 2007. Jenis – jenis lahan berpotensi untuk pengembangan pertanian di lahan rawa. **Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian** 26(3): 115-122.

Taiz, L. dan E. Zeiger. 2010. **Plant Physiology**: Fifth Edition. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Ti-Da, J. Smalle, J. Proteasome Regulation, Plant Growth and Stress Tolerance. **Plant signal Behav.** 2009, 4, 924-927.

VanToai, T.T., A.F. Beuerlein, S.K. Scjimit thenner, and S.K. St. Martin. 1994. Genetic variability for flooding tolerance in soybeans. **Crop Sci.** 34: 1112–1115.

VanToai, T.T., S.K. St. Martin, K. Chase, G.Boru, V. Schnipke, A.F. Schmitthenner, and K.G. Lark. 2001. Identification of a QTL associated with tolerance of soybean to soil waterlogging. **Crop Sci.** 41: 1247–1252. Viewdocument. [aspx? Document 10 = 13373](#). [20January 2009].

VanToai, T.T., Y. Yang, P. Ling, G. Boru, M. Karica, V. Roberts, D. Hua, and B. Bishop. 2003. Monitoring soybean tolerance to flooding stress by image processing technique. p. 43–51. In T.T. VanToai (Ed.). *Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to precision agriculture and crop physiology*. ASA Special Publication No. 66. **The American Society of Agronomy, Madison, WI**.

Vierstra, R.D., 1996. Proteolysis in Plants: Mechanism And Functions. **Plant mol biol.** 32, 275-302.

Vriezen, W.M., Zhou, Z. & Van Der Straeten, D. 2003. Regulation of Submergence-induced Enhanced Shoot Elongation in *Oryza sativa* L. **Annals of Botany**, 91:263-270. doi: 10.1093/aob/mcf121.

Winarto A. *et al*, 2002. **Peningkatan Produktifitas, Kualitas dan Efisiensi Sistem Produksi Tanaman Kacang – kacang dan Umbi – umbian** Menuju Ketahanan Pangan dan Agribisnis.

Westermeier, 2004. *Electrophoresis in Practice: A Guide to Theory and Practice*. New-Jersey: John Wiley & Sons inc.

Welsh, J.R., 1991. **Dasar-Dasar Genetika dan Pemuliaan Tanaman**. Terjemahan Moge, P.J. Penerbit Erlangga. Jakarta. HAL 93-102.

Yuwono, T. 2005. **Biologi Molekuler**. Erlangga. Jakarta.

--Halaman ini sengaja dikosongkan--

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Eka Afiyanti Rohmah. Lahir di Pasuruan, 10 Mei 1994. Penulis merupakan anak ke-2 dari tiga bersaudara. Lulus dari SMAN 1 Grati Pasuruan, pada tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Program Studi S1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jurusan Biologi Bidang Botani Selama kuliah penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kerohanian Islam, kegiatan kepanitiaan dan pernah menjabat sebagai Staff Ukhwah Usaha FKIQ Biologi, Ketua Keputrian FKIQ, KOM D JMMI ITS 1415, Ketua Badan Khusus Kemuslimahan JMMI ITS 1516 Kabinet AKSI. Penulis mengikuti seminar dan ujian Tugas Akhir di Bidang Botani, Jurusan Biologi, ITS Surabaya sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Biologi. Email penulis adalah ekaafiyantirohmah@gmail.com. Nomer telepon seluler 085749406709. Motto hidup adalah sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi yang lainnya.