



TUGAS AKHIR - SB-141510

ANALISIS MORFOLOGI DAN STRUKTUR ANATOMI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) PADA KONDISI TERGENANG

ESTHER MEGA STEFIA
NRP. 1512 100 073

Dosen Pembimbing:
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech
NIP. 19820924 201404 1 001

DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SB-141510

ANALISIS MORFOLOGI DAN STRUKTUR ANATOMI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) PADA KONDISI TERGENANG

ESTHER MEGA STEFIA
NRP. 1512 100 073

Dosen Pembimbing:
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech
NIP. 19820924 201404 1 001

DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SB-141510

**MORPHOLOGY AND ANATOMY ANALYSIS OF
SOYBEAN PLANTS (*Glycine max* L.)IN
WATERLOGGING CONDITIONS**

**ESTHER MEGA STEFIA
NRP. 1512 100 073**

**Supervisor:
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech
NIP. 19820924 201404 1 001**

**DEPARTMENT OF BIOLOGY
Faculty of Mathematics and Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS MORFOLOGI DAN STRUKTUR
ANATOMI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.)
PADA KONDISI TERGENANG**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**ESTHER MEGA STEFIA
NRP. 1512 100 073**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech...... (Pembimbing)

Surabaya, 1 Agustus 2017



Mengetahui
Kepala Departemen Biologi


Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si.

NIP. 19691121 199802 2 001 

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang telah memberikan pertolongan sehingga penulis dapat menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **Analisis Morfologi dan Struktur Anatomi Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*) pada Kondisi Tergenang**. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari– Juni 2017. Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam melakukan penyusunan Proposal Tugas Akhir tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Triono Bagus Saputro S.Si., M. Biotech, selaku dosen pembimbing dan tim penguji, bapak Aunurohim, S.Si., DEA dan ibu Kristanti Indah Purwani, S.Si., M.Si., serta kepada BALITKABI yang telah bekerjasama untuk suplai benih varietas Grobogan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ayahanda dan Ibunda, serta Fernandus Ardian Suryaputra yang selalu meluangkan waktu dan tenaganya untuk membantu penelitian ini. Terima kasih kepada Bapak Paulus Budiono sekeluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil. Penulis juga tidak lupa berterima kasih kepada teman-teman angkatan 2012 dan angkatan 2013 atas bantuan dan semangat yang diberikan.

Penyusunan Tugas Akhir ini juga tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Walaupun penulis menyadari masih banyak kekurangan, namun besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 17 Juli 2017

Esther Mega Stefia

ANALISIS MORFOLOGI DAN STRUKTUR ANATOMI
TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) PADA KONDISI
TERGENANG

Nama Mahasiswa : Esther Mega Stefia
NRP : 1512 100 073
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Triono Bagus Saputro S.Si., M.Biotech.

Abstrak

Kedelai merupakan komoditas pangan prioritas ketiga setelah padi dan jagung dengan sumber protein nabati dan nilai gizi yang tinggi, namun dari tahun ke tahun produksinya tidak dapat mengimbangi permintaan dalam negeri, hal ini disebabkan karena berkurangnya lahan tanam serta pengaruh iklim dan cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan kedelai pada kondisi cekaman genangan, baik secara anatomi maupun morfologi.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah karakter morfologi yang meliputi tinggi tanaman, luas daun, jumlah akar adventif, panjang akar, berat basah dan berat kering tanaman, serta jumlah bunga yang terbentuk. Sedangkan karakter anatomi yang diamati adalah anatomi akar, batang, dan daun tanaman Kedelai yang tercekam genangan. Penelitian morfologi diuji dengan uji ANOVA yang berlanjut pada Uji Tukey, sedangkan anatomi tanaman dilakukan dengan metode in vivo menggunakan metode parafin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman, luas daun, jumlah akar adventif, dan jumlah bunga mengalami penurunan ketika tercekam genangan, sehingga berat basah dan berat kering tanaman menurun. Pada pengamatan anatomi, akar dan batang Kedelai terdapat aerenkim (rongga udara) sedangkan bagian daun tidak. Hal ini

disebabkan karena tidak ada bagian daun tanaman yang terendam air.

Kata Kunci: Kedelai, cekaman genangan, anatomi, dan morfologi.

MORPHOLOGY AND ANATOMY ANALYSIS OF SOYBEAN PLANTS IN WATERLOGGING CONDITIONS

Student Name : Esther Mega Stefia
NRP : 1512 100 073
Departement : Biology FMIPA ITS
Advisor Lecturer : Triono Bagus Saputro S.Si., M. Biotech.

Abstract

Soybeans are the third priority food commodity after rice and corn with vegetable protein source and high nutritional value, but from year to year its production can not keep up with domestic demand, this is caused by the decreasing of planting land and the influence of climate and weather. This study aims to determine the response of soybean growth in conditions of inundation, either anatomically or morphologically.

The parameters observed in this research are morphological character which includes plant height, leaf area, adventitious root number, root length, wet weight and dry weight of plant, and the amount of flower formed. While the anatomical character that is observed is the anatomy of roots, stems, and leaves of soybean plants that are inundated. Morphological studies were tested by ANOVA which continued on Tukey Test, while plant anatomy was done by in vivo method using paraffin method. The results showed that plant height, leaf area, adventitious root number, and the number of flowers decreased when the puddle was inundated, so that wet weight and dry weight of the plant decreased. In observation of anatomy, the roots and stems of soybean contain aerenkim (air cavity) while the leaves are not. This is because no part of the plant leaves are submerged in water.

Key Words: Soybean, stress puddle, anatomy and morphology.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ivii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Klasifikasi dan Morfologi Umum Kedelai	5
2.2 Distribusi dan Syarat Tumbuh	12
2.3 Manfaat dan Nilai Gizi Kedelai	14
2.4 Pengaruh Cekaman Genangan	16
2.5 Analisis Morfologi dan Anatomi Akibat Cekaman Genangan	22
2.6 Pengamatan Anatomi menggunakan Metode Parafin	30
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2 Alat dan Bahan	37
3.3 Metode yang Digunakan	37

3.3.1	Persiapan media semai	37
3.3.2	Persiapan benih	38
3.3.3	Persiapan media tanam	38
3.3.4	Aklimatisasi Bibit pada Media Tanam/ Media Seleksi	38
3.3.5	Pengukuran Kapasitas Lapang	39
3.3.6	Perlakuan cekaman genangan	39
3.3.7	Pengamatan morfologi kedelai	40
3.3.8	Pengamatan anatomi kedelai	41
3.4	Rancangan Penelitian dan Analisa Data	42

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Pengamatan Morfologi Kedelai	45
4.1.1	Tinggi tanaman	45
4.1.2	Luas daun	51
4.1.3	Jumlah akar adventif	53
4.1.4	Pengukuran panjang akar	56
4.1.5	Berat basah dan berat kering	59
4.1.6	Jumlah bunga yang terbentuk	62
4.2	Pengamatan Anatomi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1	Kesimpulan	71
4.2	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA.....	73
---------------------	----

LAMPIRAN	91
----------------	----

BIODATA PENULIS.....	109
----------------------	-----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan Gizi Ekstrak Kedelai Jernih.....	14
Tabel 4.1 Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Tinggi Tanaman Kedelai.....	46
Tabel 4.2 Rata-rata Luas Daun Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari	52
Tabel 4.3 Rata-rata Jumlah Akar Adventif Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari	55
Tabel 4.4 Rata-rata Panjang Akar Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari	57
Tabel 4.5 Rata-rata Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari	60

Tabel 4.6	Rata-rata Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari	62
-----------	---	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Kedelai	5
Gambar 2.2 Akar Tanaman Kedelai.....	8
Gambar 2.3 Batang Tanaman Kedelai.	9
Gambar 2.4 Daun Kedelai.....	10
Gambar 2.5 Bunga Kedelai Berwarna Ungu.....	11
Gambar 2.6 Bunga Kedelai Berwarna Putih	11
Gambar 2.7 Polong Kedelai	12
Gambar 2.8 Tanaman Kedelai Sebelum dan Setelah Penggenangan	19
Gambar 2.9 Perkembangan Akar Adventif	24
Gambar 2.10 Proses Pembentukan Aerenkim pada Hipokotil Kedelai.	25
Gambar 2.11 Struktur eksternal dan internal nodul akar tanaman kedelai.....	27

Gambar 2.12	Perbedaan bobot kering akar kedelai.	28
Gambar 2.13	Perbedaan Distribusi Akar Tanaman Kedelai.	29
Gambar 2.14	Pembentukan Blok Parafin.....	32
Gambar 2.15	Pemotongan Parafin Menggunakan Mikrotom Putar.	34
Gambar 2.16	Proses Pewarnaan.....	35
Gambar 4.1	Tinggi Tanaman Kedelai pada Berbagai Tarf Genangan.....	47
Gambar 4.2	Morfologi Akar Adventif	56
Gambar 4.3	Morfologi Panjang Akar.....	58
Gambar 4.4	Sayatan melintang akar tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan	65
Gambar 4.5	Sayatan melintang batang tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan.....	66
Gambar 4.6	Sayatan melintang daun tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan	67

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan	91
Lampiran 2. Skema Kerja Pembuatan Media Semai..	92
Lampiran 3. Skema Kerja Persiapan Benih	93
Lampiran 4. Skema Kerja Persiapan Media Tanam...	93
Lampiran 5. Skema Aklimatisasi Bibit pada Media Tanam/ Media Seleksi	94
Lampiran 6. Skema Pengukuran Kapasitas Lapang...	94
Lampiran 7. Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan	95
Lampiran 8. Skema Kerja Pengamatan Morfologi.....	95
Lampiran 9. Pengamatan Anatomi Tanaman	97
Lampiran 10. Perhitungan Kapasitas Lapang Tanah ...	99
Lampiran 11. Gambar Pengamatan Tanaman Kedelai terhadap Cekaman Genangan	100
Lampiran 12. Hasil ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Kedelai..	103

Lampiran 13.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Kedelai	103
Lampiran 14.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Luas Daun Tanaman Kedelai.....	103
Lampiran 15.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Luas Daun Tanaman Kedelai	104
Lampiran 16.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Akar Adventif yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai	104
Lampiran 17.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Akar Adventif yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai.....	104
Lampiran 18.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Panjang Akar Tanaman Kedelai	105
Lampiran 19.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Panjang Akar Tanaman Kedelai.....	105
Lampiran 20.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Kering Tanaman Kedelai.....	105
Lampiran 21.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Kering Tanaman Kedelai.....	106

Lampiran 22.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Basah Tanaman Kedelai	106
Lampiran 23.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Basah Tanaman Kedelai	107
Lampiran 24.	Hasil Uji ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai	107
Lampiran 25.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai	107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kedelai (*Glycine max* L.) merupakan tanaman komoditas pangan nasional prioritas ketiga setelah padi dan jagung. Kedelai bebas laktosa sehingga cocok untuk konsumen yang menderita intoleransi laktosa. Kedelai mengandung asam lemak jenuh yang rendah. Kacang kedelai juga kaya akan vitamin (A, E, K, dan beberapa jenis vitamin B) dan mineral (K, Fe, Zn dan P). Beberapa produk dari kedelai utuh merupakan sumber serat yang baik untuk dikonsumsi (Slavin, 1991).

Industri berbahan dasar kedelai semakin berkembang sejalan dengan perkembangan usaha dan menyebabkan peningkatan kebutuhan dari tahun ke tahun. Permintaan kedelai yang meningkat setiap tahunnya tidak diimbangi dengan produksi kedelai dalam negeri. Departemen Pertanian (DEPTAN) dan Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa pada tahun 2013, produksi hanya mampu menghasilkan sebanyak 807.000 ton sedangkan permintaan kedelai mencapai 2.924.000 ton, sehingga selisih antara permintaan dan produksi mencapai 2.117.000 ton.

Kurangnya produktifitas kedelai tersebut sebagian besar disebabkan karena berkurangnya lahan tanam yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian dan industri. Selain itu, iklim dan cuaca juga sangat mempengaruhi pertumbuhan kedelai sehingga berdampak pada hasil produksi nasional kedelai. Cuaca merupakan keadaan atmosfer yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter, antara lain suhu, tekanan, angin, kelembaban dan berbagai fenomena hujan di suatu tempat atau wilayah selama kurun waktu yang pendek (menit, jam, hari, bulan, musim, tahun) (Gibbs, 1987). Sedangkan iklim merupakan kejadian cuaca selama kurun waktu yang panjang, yang secara statistik

cukup dapat dipakai untuk menunjukkan nilai statistik yang berbeda dengan keadaan pada setiap saatnya (World Climate Conference, 1979). Perubahan iklim merupakan berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia (Kementerian Lingkungan Hidup, 2001).

Interaksi berbagai kondisi atmosfer, permukaan dan perairan yang dikendalikan oleh berbagai sirkulasi tersebut mengakibatkan kondisi umum iklim Indonesia menjadi hangat, basah, banyak awan, banyak hujan, memiliki banyak pola curah hujan, dan menjadi rumit serta sulit untuk diprediksi (BMKG, 2013). Sehingga untuk tanaman yang peka terhadap genangan seperti kedelai, produktifitasnya menjadi menurun.

Penurunan hasil kedelai pada kondisi tergenang (jenuh air) berkisar antara 15-25% pada umur 15-25 hari (fase vegetatif) (Adisarwanto dan Suhartina, 2001). Tanaman kedelai yang tergenang selama 3 hari mengakibatkan daun mengalami klorosis, gugur, pertumbuhan terhenti, dan akhirnya tanaman mati (Boru *et al.*, 2003). Sehingga penting untuk mengetahui respon varietas grobogan pada kondisi tercekam genangan yang nantinya dapat digunakan sebagai informasi awal untuk program seleksi dan breeding untuk meningkatkan toleransinya pada kondisi tergenang.

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 varietas yang membawa karakter tersebut. Tersedianya varietas unggul kedelai toleran genangan memiliki arti penting bagi upaya peningkatan produksi kedelai. Pengembangan kedelai yang toleran genangan tidak hanya bermanfaat bagi pengembangan kedelai di lahan sawah, tetapi juga prospektif bagi wilayah yang sering mengalami cekaman genangan seperti lahan pasang surut. Tersedianya varietas unggul kedelai toleran genangan akan bermanfaat dalam

mempercepat peningkatan produksi kedelai di dalam negeri sehingga mengurangi impor yang makin meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah morfologi kedelai pada kondisi cekaman genangan?
2. Bagaimanakah anatomi kedelai pada kondisi cekaman genangan?
3. Bagaimanakah hubungan antara morfologi dan anatomi kedelai pada kondisi cekaman genangan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak dilakukan pengendalian hama dan gulma yang mungkin dapat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman
2. Kondisi kelembapan, suhu, dan cahaya matahari yang tidak sesuai ketika semai yang memungkinkan proses semai mengalami banyak kegagalan

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui morfologi kedelai pada kondisi cekaman genangan.
2. Untuk mengetahui anatomi kedelai pada kondisi cekaman genangan.
3. Untuk mengetahui hubungan antara morfologi dan anatomi kedelai pada kondisi cekaman genangan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai respon pertumbuhan pada aspek morfologi dan anatomi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi cekaman genangan.
2. Sebagai informasi awal dalam usaha pemuliaan tanaman dalam rangka peningkatan ketahanan kedelai pada cekaman/ kondisi tercekam genangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi Umum Kedelai

Kedelai dikenal dengan beberapa nama, yaitu *Glycine soja* atau *Soja max*. Tahun 1984 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah yaitu *Glycine max* (L.) Merril. Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub Kelas : Rosidae
Ordo : Fabales
Famili : Fabaceae
Genus : *Glycine*
Spesies : *Glycine max* (L.) Merr.
(Adisarwanto, 2005).



Gambar 2.1 Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2005).

Kedelai yang tumbuh secara liar di Asia Tenggara meliputi sekitar 40 jenis. Penyebaran geografis dari kedelai mempengaruhi jenis tipenya. Terdapat 4 tipe kedelai yakni : tipe Mansyuria, Jepang, India, dan Cina. Dasar-dasar penentuan varietas kedelai ditentukan berdasarkan umur, warna biji dan tipe batang.

Berdasarkan umur tanaman, varietas-varietas unggul kedelai diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu varietas yang berumur kurang dari 75 hari (genjah), varietas yang berumur 75-90 hari (sedang), dan varietas yang berumur lebih dari 90 hari (tinggi) (Widyawati, 2008).

Varietas unggul kedelai dikembangkan sejak tahun 1916 dengan cara memasukan varietas kedelai dari luar negeri antara lain dari Cina, Taiwan, Manzhuria, dan Amerika Serikat. Kegiatan perbaikan varietas kedelai melalui hibridisasi baru dimulai pada tahun 1930-an (Widyawati, 2008). Pada tahun 2009 sebanyak 71 varietas unggul kedelai telah dilepas oleh pemerintah dari yang berbiji kecil hingga yang berbiji besar. Karakteristik tinggi tanaman, umur tanam, ukuran biji dan potensi hasil varietas unggul kedelai memiliki keragaman yang cukup besar (Purwanti, 2004).

Keunggulan suatu varietas dapat dinilai berdasarkan hasil, mutu hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit dan toleransi terhadap cekaman lingkungan abiotik. Pemilihan jenis tanaman yang tepat dan lokasi spesifik merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan produktivitas lahan, varietas berdaya hasil tinggi, berumur genjah sampai sedang, tahan terhadap serangan hama dan penyakit dan stabil terhadap keragaman lingkungan (Sirapa dan Susanto, 2008). Pengadaan benih bermutu tinggi merupakan unsur penting dalam upaya peningkatan produksi tanaman (Purwanti, 2004).

Varietas adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji, dan ekspresi karakter atau kombinasi genotip yang dapat membedakan dengan jenis atau spesies yang sama. Varietas menurut ilmu botani adalah suatu populasi tanaman

dalam satu spesies yang menunjukkan ciri berbeda yang jelas. Kedelai varietas lokal Grobogan telah sejak lama menjadi pilihan petani Jawa Tengah, khususnya petani Kabupaten Grobogan. Varietas lokal ini mempunyai keunggulan umur yang lebih pendek, polongnya besar, dan tingkat kematangan polong dan daun bersamaan, jadi pada saat dipanen daun kedelai sudah rontok (Bank Pengetahuan Tanaman Pangan Indonesia, 2010).

Varietas berperan penting dalam produksi kedelai, karena untuk mencapai hasil yang tinggi sangat ditentukan oleh potensi genetiknya. Potensi hasil di lapangan dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dengan pengelolaan kondisi lingkungan. Pengelolaan lingkungan tumbuh yang tidak dilakukan dengan baik, potensi hasil yang tinggi dari varietas unggul tersebut tidak dapat tercapai (Adisarwanto, 2006).

Kedelai varietas unggul yang beredar di masyarakat, diantaranya varietas Anjasmoro, Kipas Merah dan Grobogan. Varietas Anjasmoro memiliki potensi hasil 2,25 ton ha⁻¹, tahan rebah, polong tidak mudah pecah, agak tahan terhadap penyakit karat daun, ukuran biji besar (16 g/100 biji), umur panen 83-93 hari. Varietas Kipas Merah memiliki potensi hasil 3,5 ton ha⁻¹, polong tidak mudah pecah, agak tahan terhadap penyakit karat daun dan fusarium, bobot biji 12 g/100 biji, umur panen 85-90 hari. Varietas kedelai Grobogan memiliki potensi hasil 2,77 ton ha⁻¹, bobot biji 18 g/100 biji, umur panen 76 hari (Balitkabi, 2005). Morfologi tanaman kedelai secara lengkap dijelaskan sebagai berikut:

1. Akar Tanaman Kedelai

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji disekitar mesofil. Calon akar tersebut tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil (Rakhman dan Tambas, 1986).

Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Kedelai juga sering kali membentuk akar adventif yang

tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Akar adventif terjadi karena cekaman tertentu, misalnya kadar air tanah yang terlalu tinggi. Perkembangan akar kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai panjang sekitar 2 m atau lebih pada kondisi yang optimal (tanpa genangan) (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.2 Akar Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2005).

2. Batang Tanaman Kedelai

Hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar hingga kotiledon. Hipokotil dan dua keping kotiledon akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah yang berada di atas kotiledon dinamakan epikotil (Rakhman dan Tambas, 1986).

Kedelai berbatang semak dengan tinggi batang antara 30-100 cm. Ciri-ciri tanaman berbatang semak adalah memiliki banyak cabang dan tinggi yang lebih rendah, batang bertekstur lembut dan hijau, tumbuh cepat. Hipokotil setiap batang dapat membentuk 3-6 cabang. Pertumbuhan batang dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe *determinate* dan *indeterminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Pertumbuhan batang tipe *indeterminate* dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Selain itu, ada varietas hasil persilangan yang mempunyai tipe batang mirip keduanya

sehingga dikategorikan sebagai semi-determinate atau semi-indeterminate (Adisarwanto, 2008).

Jumlah buku pada batang tanaman dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Buku tanaman kedelai pada kondisi normal berkisar 15-30 buah. Jumlah buku batang indeterminate umumnya lebih banyak dibandingkan dengan batang determinate (Adisarwanto, 2005).

Cabang akan muncul di batang tanaman dengan jumlah tergantung dengan varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang bisa menjadi sedikit bila penanaman dari 250.000 tanaman/ hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar. Jumlah batang tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan jumlah biji yang diproduksi (Adisarwanto, 2005).



Gambar 2.3 Batang Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2005).

3. Daun Tanaman Kedelai

Daun kedelai ada dua bentuk, yaitu bulat (oval) dan lancip (*lanceolate*). Bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Daerah yang mempunyai tingkat kesuburan tanah yang tinggi sangat cocok untuk varietas kedelai yang mempunyai bentuk daun yang lebar. Daun mempunyai stomata yang berjumlah antara 190-320 buah/m² (Adisarwanto, 2005).

Daun kedelai mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlah yang bervariasi. Tebal tipisnya bulu pada daun kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu (AAK, 1989).

Daun sebagai organ fotosintesis sangat berpengaruh pada fotosintat berupa gula reduksi. Fotosintat berupa gula diproduksi sebagai sumber energi untuk tanaman (akar, batang, daun) serta diakumulasikan dalam buah, biji atau organ penimbun lain (sink), hasil fotosintesis yang tertimbun dalam bagian vegetatif sebagian dimobilisasikan ke bagian generatif (polong). Hasil fotosintesis di bagian vegetatif tersimpan dalam berat kering biji tanaman (Budiastuti, 2000).



Gambar 2.4 Daun Kedelai (Budiastuti, 2000).

4. Bunga Tanaman Kedelai

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah hingga berbunga, sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga hingga pemasakan biji. Tanaman kedelai sebagian besar mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu. Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu (Adisarwanto, 2008).

Bunga tanaman kedelai umumnya muncul atau tumbuh di ketiak daun. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung dengan kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi. Pembentukan bunga dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan. Suhu tinggi dan kelembapan rendah, jumlah sinar matahari yang jatuh pada ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembungaan (Adisarwanto, 2008).

Ketiak tangkai daun yang mempunyai kuncup bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu (AAK, 1989)



Gambar 2.5 Bunga Kedelai Berwarna Ungu (AAK, 1989).



Gambar 2.6 Bunga Kedelai Berwarna Putih (AAK, 1989).

5. Polong dan biji Tanaman Kedelai

Biji kedelai berbentuk polong, setiap polong berisi 1–4 biji. Biji umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih sampai bulat lonjong. Ukuran biji berkisar antara 6 – 30 g/100 biji, ukuran biji diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu biji kecil (6–10 g/100 biji), biji sedang (11–12 g/100 biji) dan biji besar (Fachruddin, 2000). Biji – biji kedelai berkeping dua terbungkus kulit biji (lesta). Embrio terbentuk di antara keping biji (Lamina, 1989).

Polong kedelai pertama kali muncul sekitar 10-14 hari masa pertumbuhan yakni setelah bunga pertama muncul. Warna polong

yang baru tumbuh berwarna hijau dan selanjutnya akan berubah menjadi kuning atau cokelat pada saat dipanen. Pembentukan dan pembesaran polong akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur dan jumlah bunga yang terbentuk. Jumlah polong yang terbentuk beragam berkisar 2-10 polong pada setiap kelompok bunga di ketiak daun. Jumlah polong yang dapat dipanen berkisar 20-200 polong per tanaman, tergantung dari varietas kedelai yang ditanam dan dukungan kondisi lingkungan tumbuh. 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. Periode waktu tersebut dianggap optimal untuk proses pengisian biji dalam polong yang terletak di sekitar pucuk tanaman (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.7 Polong Kedelai (Adisarwanto, 2008).

2.2 Distribusi dan Syarat Tumbuh

Kedelai merupakan tanaman pangan berupa semak yang tumbuh tegak. Kedelai jenis liar *Glycine ururiensis*, merupakan kedelai yang menurunkan berbagai kedelai yang dikenal sekarang, seperti kedelai *Glycine max* (L.) Merrill. Kedelai berasal dari daerah Manshukuo (Cina Utara), di Indonesia dibudidayakan mulai abad ke-17 sebagai tanaman pangan dan pupuk hijau. Penyebaran tanaman kedelai di Indonesia berasal dari daerah Manshukuo menyebar ke daerah Mansyuria, Jepang (Asia Timur) dan negara-negara lain di Amerika dan Afrika (AAK,1989).

Varietas kedelai berbiji kecil, sangat cocok ditanam di lahan dengan ketinggian 0,5-300 m dpl (di atas permukaan laut). Varietas kedelai berbiji besar cocok ditanam di lahan dengan ketinggian 300-500 m dpl. Kedelai biasanya akan tumbuh baik pada ketinggian lebih dari 500 m dpl sehingga tanaman kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropis. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 100-400 mm/bulan. Tanaman kedelai membutuhkan curah hujan antara 100-200 mm/bulan untuk hasil yang maksimal (Najiyati, 1999).

Kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C , bila tumbuh pada suhu yang lebih rendah ($< 15^{\circ}\text{C}$) maka proses perkecambahan menjadi sangat lambat dan bisa mencapai 2 minggu. Hal ini dikarenakan perkecambahan biji tertekan pada kondisi kelembapan tanah yang tinggi dan banyaknya biji yang mati akibat respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat (Adisarwanto, 2005). Suhu yang dikehendaki tanaman kedelai antara $21-34^{\circ}\text{C}$, akan tetapi suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai adalah $23-27^{\circ}\text{C}$.

Kedelai dapat tumbuh optimal pada kondisi tanah yang lembab. Kondisi seperti ini dibutuhkan sejak benih ditanam hingga pengisian polong. Kekurangan air pada masa pertumbuhan akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil, bahkan dapat menyebabkan kematian apabila kekeringan telah melampaui batas toleransi. Kedelai ditanam pada tanah yang subur, gembur, kaya akan unsur hara dan bahan organik agar dapat tumbuh lebih baik. Bahan organik yang cukup dalam tanah merupakan sumber makanan bagi jasad renik yang pada akhirnya akan membebaskan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman. Tanah dengan kadar liat yang tinggi sebaiknya dilakukan perbaikan drainase dan aerasi sehingga tanaman tidak kekurangan oksigen dan tidak tergenang air pada waktu musim penghujan (Adisarwanto, 2005).

Kedelai merupakan tanaman semusim yang berupa semak rendah dan tumbuh tegak. Menurut Sampaguita Syafrezani (2009), tanaman semusim adalah tanaman yang berkecambah, tumbuh, berbunga, menghasilkan biji, dan mati hanya dalam setahun atau bahkan kurang sedikit daripada setahun. Tanaman dapat bercabang sedikit atau banyak tergantung kultivar dan lingkungan hidupnya. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utama yaitu akar, daun, batang, bunga, polong dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal (Adisarwanto, 2005).

2.3 Manfaat dan Nilai Gizi Kedelai

Kedelai mempunyai banyak efek menguntungkan bagi kesehatan bila dikonsumsi. Kacang kedelai merupakan sumber protein tercerna yang sangat baik. Kedelai kaya akan kandungan vitamin (vitamin A, E, K dan beberapa jenis vitamin B) dan mineral (K, Fe, Zn dan P), namun rendah dalam kandungan asam lemak jenuh, dengan 60% kandungan asam lemak tidak jenuhnya terdiri atas asam linoleat dan linolenat, yang keduanya diketahui membantu kesehatan jantung. Kacang kedelai tidak mengandung kolesterol. Bahan makanan dari kedelai juga bebas laktosa, sehingga cocok bagi konsumen yang menderita *lactose intoleran* (Slavin, 1991). Tabel 2.1 menunjukkan kandungan zat gizi dalam ekstrak kedelai jernih.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Ekstrak Kedelai Jernih

Komponen	Kandungan dalam 100 g Ekstrak Jernih Kedelai
Energi	145 kJ (36 kkal)
Protein	3.2 g
Karbohidrat	3.0 g
Serat Kasar	0.1 mg
Lemak	1.5 g

Tabel 2.2 Kandungan Gizi Ekstrak Kedelai Jernih (lanjutan)

Komponen	Kandungan dalam 100 g Ekstrak Jernih Kedelai
Asam Lemak Tidak Jenuh Ganda (PUFA)	Tinggi
Asam Lemak Jenuh	Rendah
Kolesterol	0 mg
Vitamin A	41.2 IU
Vitamin C	0 mg
Thiamin (B1)	0.05 mg
Sodium	21.6 mg
Potassium	133.4 mg
Kalsium	21.6 mg
Besi	1.2 mg
Riboflavin (B2)	0.03 mg

Kadar protein pada kacang berkisar antara 20-30 %, sedangkan pada kedelai 35-38%. Kedelai juga penghasil minyak yang tinggi. Minyak kedelai mempunyai kadar lemak jenuh sekitar 15% dan kadar asam lemak tidak jenuh sekitar 61% lemak tidak jenuh ganda (PUFA) dan 24% lemak tidak jenuh tunggal (Anderson dkk, 1997).

Kedelai sangat tinggi kandungan vitamin E, yang merupakan vitamin yang larut dalam minyak. Pengolahan menjadi minyak kedelai akan membuang sekitar 3% vitamin E dalam kedelai, sedangkan limbahnya masih merupakan sumber vitamin E yang baik (Anderson dkk, 1995).

Produk samping lain dari kedelai adalah lesitin. Lesitin banyak digunakan sebagai emulsifier, yang berfungsi untuk menghasilkan campuran yang stabil antara minyak dan air dalam bentuk bahan pangan emulsi (Slavin, 1991).

Protein nabati mempunyai mutu yang lebih rendah dibandingkan dengan protein hewani, karena mempunyai kandungan asam amino esensial tertentu yang lebih rendah. Biji-bijian cenderung rendah kandungan asam amino lisinnya, sedangkan kacang-kacangan termasuk kedelai cenderung rendah

dalam kandungan asam amino metionin dan sistein. Kedelai mempunyai asam amino metionin dan sistein yang rendah, tetapi dibandingkan dengan kacang-kacangan lain jumlah kedua asam amino tersebut masih lebih tinggi. WHO telah menetapkan bahwa jika kedelai dikonsumsi sesuai anjuran konsumsi protein harian protein kedelai mengandung jumlah asam amino esensial yang mencukupi kebutuhan tubuh manusia, dan dapat disejajarkan dengan protein hewani (Slavin, 1991).

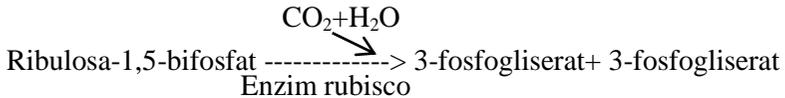
Kedelai relatif lebih tinggi kandungan asam lemak linoleat yang merupakan asam lemak esensial sekaligus tergolong asam lemak omega-3 dan sumber asam lemak omega-3 yaitu asam linoleat yang baik, dan sumber asam lemak omega-3 dari nabati lainnya sangat jarang. Satu ukuran saji tahu (sepotong tahu) akan memberikan asam lemak LA yang cukup dan LNA yang hampir cukup terhadap kebutuhan asam lemak esensial per hari (Anderson dkk, 1979).

Asam lemak omega-3, terutama asam lemak omega-3 rantai panjang, yaitu asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) mempunyai kemampuan dalam menurunkan penyakit kronis seperti penyakit jantung dan penyakit kanker. Kandungan DHA yang cukup sangat penting bagi bayi, karena mempengaruhi tingkat kemampuan belajar bayi. Rasio asam lemak omega-6 dan asam lemak omega-3 berkisar antara 10:1 sampai 5:1. Asam lemak LNA dapat dikonversi menjadi EPA dan EPA menjadi DHA (Simopoulos, 1991).

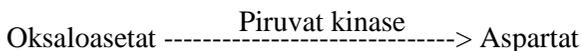
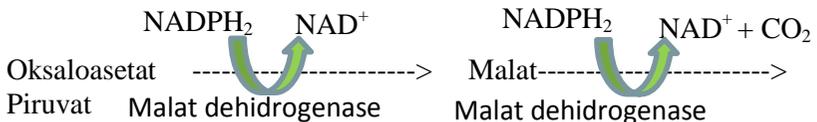
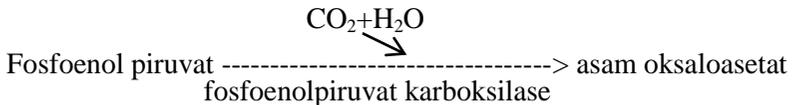
2.4 Pengaruh Cekaman Genangan

Kedelai merupakan tanaman C3 yang tidak tahan kekeringan dan penggenangan air. Kondisi air tanah yang baik untuk tanaman kedelai adalah air tanah dalam kapasitas lapang sejak tanaman tumbuh hingga polong berisi penuh kemudian kering menjelang panen (Sumarno dan Hartono, 1983). Menurut Sasmitamihardja dan Siregar (1996), Penggolongan tumbuhan menjadi tumbuhan C3 dan C4 adalah didasarkan pada senyawa yang dirubah dari

CO₂ pada fase II dari fotosintesis (reaksi fiksasi atau reduksi CO₂). Pada tumbuhan C₃, CO₂ dirubah menjadi senyawa C₃ yaitu asam 3-fosfoglisarat yang selanjutnya akan dirubah menjadi glukosa.



Tumbuhan C₄, CO₂ diubah menjadi senyawa C₄ yaitu asam oksaloasetat yang selanjutnya diubah menjadi asam malat dan asam aspartat.



Kebutuhan air untuk kedelai setara dengan jumlah air yang dievapotranspirasikannya yaitu berkisar antara 300–350 mm (0,3–0,35 liter) selama pertumbuhannya (Kung, 1971). Kemampuan tanaman untuk menyerap air tergantung pada jenis tanaman dan profil tanah yang dapat dijangkau oleh akar (Hakim *et al.*, 1986).

Air merupakan faktor yang penting bagi tanaman, karena berfungsi sebagai pelarut hara, berperan dalam translokasi hara dan fotosintesis. Cekaman kekeringan yang terjadi pada saat pertumbuhan generatif, akan menurunkan produksi kedelai.

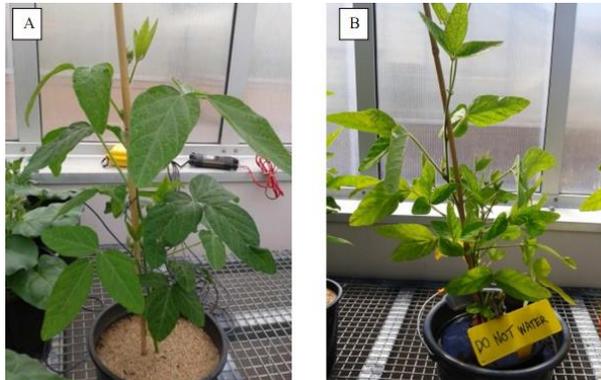
Kekeringan juga menurunkan bobot biji, sebab bobot biji sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang diberikan pada musim tanam (Agung dan Rahayu, 2004). Jumlah air yang berlebih juga tidak menguntungkan bagi tanaman kedelai karena mengakibatkan akar membusuk. Curah hujan yang tinggi juga sangat mempengaruhi aktivitas bakteri tanah dalam menyediakan nitrogen. Hasil observasi ini menunjukkan bahwa pengaruh curah hujan dan temperatur terhadap pertumbuhan tanaman kedelai di sepanjang musim adalah sekitar 60–70% (AAK, 1989).

Genangan merupakan masalah utama di banyak daerah pertanian di dunia dan kedelai merupakan tanaman yang peka terhadap genangan (Shimamura *et al.*, 2003). Kedelai di Indonesia 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) mendiskripsikan 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*) di mana hanya akar tanaman yang tergenang air, dan 2) kondisi bagian tanaman sepenuhnya tergenang air (*complete submergence*).

Kekurangan oksigen dalam tanah akibat genangan merupakan faktor pembatas pertumbuhan dan produktivitas

tanaman. Kekurangan oksigen dapat menggeser metabolisme energi dari aerob menjadi anaerob sehingga berpengaruh kurang baik terhadap serapan nutrisi dan air sehingga tanaman menunjukkan gejala kelayuan walaupun tersedia banyak air (Sairam *et al.*, 2009). Genangan dapat menurunkan pertukaran gas dalam tanah dan di udara sehingga mengurangi ketersediaan O_2 bagi akar dan menghambat pasokan O_2 bagi akar dan mikroorganisme (Riche, 2004). Kondisi genangan, volume pori tanah yang berisi udara kurang dari 10% sehingga menghambat pertumbuhan akar.



Gambar 2.8 (A) Tanaman Kedelai Sebelum Penggenangan dan (B) Tanaman Kedelai Setelah 17 Hari Tergenang (Ponnamperuma, 1972).

Tanaman yang tergenang dalam waktu singkat akan mengalami kondisi hipoksia (kekurangan O_2). Hipoksia biasanya terjadi jika hanya bagian akar tanaman yang tergenang (bagian tajuk tidak tergenang) atau tanaman tergenang dalam periode yang panjang tetapi akar berada dekat permukaan tanah. Tanaman tergenang seluruhnya, akar tanaman berada jauh di dalam permukaan tanah dan mengalami penggenangan lebih panjang sehingga tanaman berada pada kondisi anoksia (keadaan lingkungan tanpa O_2). Kondisi anoksia tercapai 6–8 jam setelah penggenangan, karena O_2 terdesak oleh air dan sisa O_2

dimanfaatkan oleh mikroorganismenya. Kondisi tergenang menyebabkan kandungan O_2 yang tersisa dalam tanah lebih cepat habis karena laju difusi O_2 di tanah basah 10.000 kali lebih lambat dibandingkan dengan di udara (Amstrong 1979 dalam Dennis *et al.*, 2000). Kondisi hipoksia atau anoksia tidak hanya menghalangi fiksasi N, tetapi juga distribusi N dan mineral lain sehingga menghambat pertumbuhan akar, nodulasi, transportasi N dan mineral ke bagian tajuk tidak mencukupi, daun akan menguning kemudian diikuti oleh pengguguran daun. Scott *et al.* (1989) melaporkan, pengaruh penggenangan ditunjukkan pada daun yang menguning, pengguguran daun pada buku terbawah, kerdil, serta berkurangnya berat kering dan hasil tanaman.

Oksigen merupakan syarat dalam respirasi tanaman, sehingga pada saat tanaman tergenang dalam kondisi anaerob, aktivitas glikolitik akan menghasilkan asam piruvat dari glukosa yang dikonversi menjadi etanol dan karbon dioksida (Riche, 2004). Pendapat lain menyatakan bahwa ketiadaan oksigen bukanlah satu-satunya faktor pembatas, tetapi akumulasi CO_2 di daerah perakaran juga berkontribusi terhadap penurunan hasil kedelai pada kondisi tergenang. Kedelai yang tergenang selama 14 hari mulai mengalami klorosis dan tumbuh kerdil jika konsentrasi keseimbangan (*equilibrium concentrations*) CO_2 pada kondisi tidak ada O_2 sebesar 30%. Konsentrasi keseimbangan CO_2 yang naik hingga 50% menyebabkan setengah populasi tanaman mati. Tanaman yang dapat bertahan hidup memperlihatkan gejala klorosis, nekrosis, dan akhirnya mati. Hal ini mengindikasikan bahwa kedelai yang peka terhadap CO_2 juga rentan terhadap genangan (Boru *et al.*, 2003).

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

- 1) Varietas

Skrining 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 lamanya tergenang

Penggenangan pada fase vegetatif kurang berpengaruh terhadap penurunan hasil dibandingkan pada fase generatif (Scott *et al.*, 1989). Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Rhine (2006), bahwa terdapat pengaruh negatif yang nyata antara perlakuan penggenangan dengan fase pertumbuhan kedelai. Kedelai yang tergenang mengalami penurunan hasil sebesar 17-43% pada fase vegetatif dan 50-56% pada fase reproduktif atau generatif (Oosterhuis *et al.*, 1990). Bunga, polong, dan biji dibentuk selama fase pembungaan hingga pengisian polong, sehingga cekaman selama fase ini akan menyebabkan penurunan hasil yang tebesar. Penggenangan selama fase pembungaan hingga pengisian polong akan meningkatkan gugurnya bunga dan polong muda (Whigham dan Minor, 1978). Linkemer *et al.* (1998) melaporkan fase buku kedua (V2), mulai berbunga (R1), mulai pembentukan polong (R3), dan polong mulai berisi (R5) paling sensitif terhadap penggenangan di rumah kaca. Menurut Rhine (2006), fase R5 (pengisian polong) merupakan periode yang paling kritis dibandingkan dengan buku ke-5 (V5) dan R1 karena kedelai tidak memiliki waktu yang cukup untuk melakukan pemulihan setelah tergenang.

3) Tekstur tanah

Jenis tanah nyata mempengaruhi respons tanaman kedelai terhadap genangan (Rhine, 2006). Tanah liat (*clay soil*), kehilangan hasil akibat genangan lebih besar dibandingkan pada tanah lempung berdebu (*silt loam*) (Scott *et al.*, 1989).

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). Suhu rendah, cuaca berawan, dan malam hari yang cerah dapat menambah ketahanan tanaman terhadap genangan.

5) Serangan 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 yang disebabkan oleh *Phytophthora* sp. dan *Phytium* sp. Penyakit ini dapat menyebabkan benih mati pada fase perkecambahan (Rhine, 2006).

Kondisi cekaman genangan diduga dapat merubah morfologi dan anatomi dari tanaman. Analisis morfologi dan anatomi tanaman sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap performa dari tanaman.

2.5 Analisis Morfologi dan Anatomi Akibat Cekaman Genangan

1. Perkecambahan

Skrining toleransi kedelai terhadap genangan dapat dilakukan dengan uji daya tumbuh biji seperti penelitian yang dilakukan Hou *et al.* (1995). Hasil pengujian menghasilkan tetua PI 186195 yang daya tumbuhnya tinggi (bersifat toleran) tetapi memiliki gen yang resesif, serta PI 92683 yang daya tumbuhnya rendah (bersifat peka) tetapi memiliki gen yang dominan. Hou dan Thseng (1991) melakukan seleksi dengan merendam benih kedelai 750 varietas selama 4 hari pada suhu 25°C. Hasilnya menunjukkan bahwa toleransi benih terhadap genangan berkorelasi dengan warna kulit biji. Kedelai berbiji hitam memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap genangan, bahkan biji dari beberapa varietas dapat berkecambah dengan baik jika direndam selama 10 hari pada suhu 25°C. Biji kedelai yang berwarna kuning tidak dapat berkecambah setelah direndam selama 8 hari. Kelebihan air pada saat tanam berakibat buruk terhadap perkecambahan benih. Benih bermutu baik pada kondisi kelebihan air akan mengalami kekurangan oksigen untuk berkecambah sehingga menjadi busuk (Sudaryono *et al.*, 2007).

2. Tinggi Tanaman

Adie (1997) mengidentifikasi toleransi 337 galur kedelai terhadap genangan pada fase vegetatif. Galur kedelai yang toleran mampu mempertahankan tinggi tanaman saat berbunga. VanToai *et al.* (2007) melaporkan bahwa terdapat korelasi antara genangan dan tinggi tanaman. Kedelai yang toleran genangan memiliki tinggi tanaman 29% lebih tinggi daripada yang peka. Penggenangan yang lebih lama akan mengurangi tinggi tanaman (Sullivan *et al.*, 2001).

3. Perubahan warna daun

Kedelai yang banyak mengalami perubahan warna daun menjadi kuning dapat digolongkan kurang toleran genangan. Adie (1997) melaporkan, kedelai yang penurunan tinggi tanamannya saat berbunga rendah umumnya memiliki daun yang menguning kurang dari 10%.

4. Akar adventif

Tanaman kedelai yang tergenang mampu membentuk akar adventif (Komariah *et al.*, 2004) karena tanaman memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan perakaran yang kekurangan oksigen dengan cara membentuk akar lateral dan akar adventif. Tanaman ketika berada dalam keadaan hipoksia (kekurangan O₂), akar adventif akan terbentuk pada bagian atas akar mendekati permukaan tanah di mana 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).



Gambar 2.9 Perkembangan Akar Adventif pada Batang Kedelai yang Tergenang Air Selama 4 Hari (Cook dan Knight, 2003)

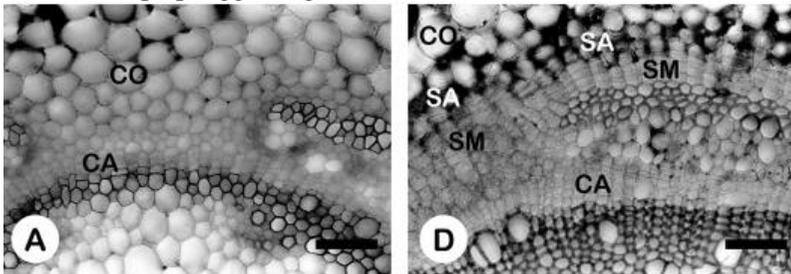
5. Aerenkim

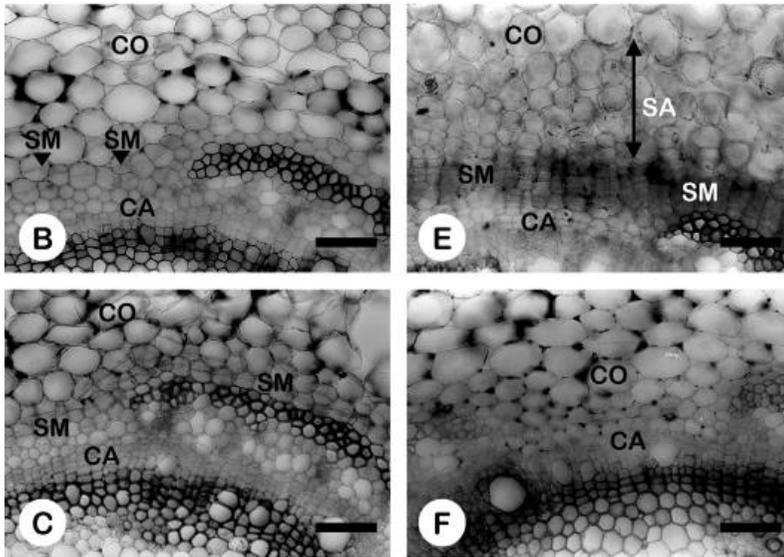
Shimamura *et al.* (2003) menjelaskan bahwa aerenkim sekunder juga berhubungan dengan respons kedelai terhadap genangan. Aerenkim sekunder berupa jaringan putih berpori terbentuk pada hipokotil, akar utama, akar adventif, dan akar nodul setelah 3 minggu. Aerenkim dapat menjadi fasilitas difusi udara secara internal antara bagian pucuk yang kaya oksigen dan bagian akar sehingga akar dapat berfungsi seperti dalam keadaan aerob. Aerenkim juga dapat menekan kapasitas fermentasi yang dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap genangan (Kuo 1992 dalam Komariah *et al.*, 2004).

Nodul, batang, hipokotil, dan akar adventif kedelai memproduksi aerenkim sekunder pada kondisi tergenang atau hipoksia (Mochizuki *et al.*, 2000). Pertumbuhan sekunder pada akar kedelai, epidermis, korteks, dan endodermis terganggu dan terkelupas sehingga jaringan gabus diproduksi sebagai jaringan pelindung antara felogen dan epidermis bawah dalam kondisi tanpa genangan (Lersten and Carlson, 1987). Tanah yang tergenang atau keadaan hipoksia, rizosfer akan memicu pembentukan aerenkim sekunder dan felogen di bagian tanaman yang terkena stres. Morfologis proses pembentukan aerenkim sekunder terdiri dari tiga tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Perkembangan felogen
2. Diferensiasi sentrifugal dari sel-sel yang akan menjadi felem aerenkim dari sel felogen
3. Elongasi/ pemanjangan sel aerenkim untuk mengembangkan jaringan berpori.

Respon stress muncul dalam beberapa hari setelah banjir pada hipokotil tanaman kedelai muda (Shimamura *et al.*, 2003). Hipokotil yang tergenang, perubahan morfologi belum terlihat pada 1 hari penggenangan (Gambar A), tetapi inisiasi meristem sekunder (felogen) dari jaringan perenkim di luar kambium interfaskular dan lapisan felogen dewasa berkembang setelah 1,5 hari penggenangan (Gambar B). Lapisan felogen kemudian mengembangkan floem yang berhubungan dengan daerah felogen lain untuk membentuk stele setelah 2 hari (Gambar C). Felogen matur/ dewasa, yang terdiri dari beberapa lapisan dapat dibedakan dengan sel aerenkim baru ke arah luar setelah 3 hari (Gambar D), dan sel aerenkim longgar mengelilingi stele setelah 4 hari (Gambar E). Perkembangan felogen tidak meningkat pada kondisi kontrol (tanpa penggenangan) setelah 4 hari inisiasi (Gambar F).

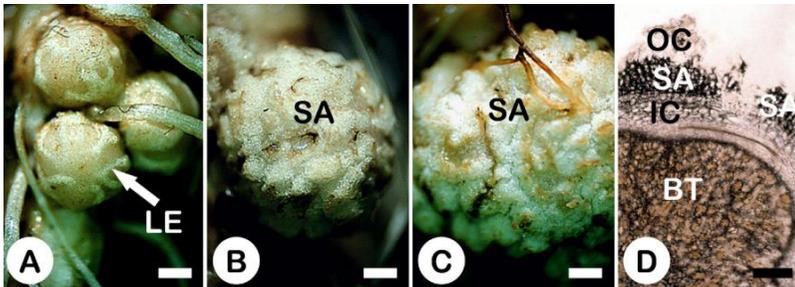




Gambar 2.10 Proses Pembentukan Aerenkim pada Hipokotil Kedelai. Ketika daun primer telah sepenuhnya melakukan perluasan, tanaman terus menerus tumbuh pada keadaan tergenang setinggi 3 cm di atas permukaan tanah atau kondisi kontrol (tanpa genangan). Bagian melintang hipokotil diperoleh dari 1 sampai 2 cm di atas permukaan tanah. (A) Setelah 1 hari perlakuan cekaman genangan, (B) Setelah 1,5 hari cekaman genangan, (C) Setelah 2 hari cekaman genangan, (D) Setelah 3 hari cekaman genangan, (E) Setelah 4 hari cekaman genangan, (F) Setelah 4 hari irigasi (tetapi dengan kondisi tanah aerobik). CA, kambium; CO, korteks; SA, aerenkim sekunder; SM, meristem sekunder (Shimamura *et al.*, 2003)

Aerenkim sekunder pada bintil akar dihasilkan oleh felogen yang timbul dari parenkim korteks di luar sklerenkim (Pankhurst dan Sprent, 1975). Lentisel berkembang secara ekstensif pada permukaan bintil akar pada kondisi hipoksia atau tergenang, mengekspos aerenkim sekunder pada permukaan nodul/ bintil akar

(Gambar A dan D). Epidermis dan korteks di luar nodul terdegradasi seluruhnya dan menjadi terpisah dari nodul sehingga meningkatkan luas permukaan lentisel (yang ditingkatkan dengan perkembangan aerenkim), dan seluruh permukaan nodul menjadi tertutup oleh aerenkim (B dan C).



Gambar 2.11 Struktur eksternal dan internal nodul akar tanaman kedelai pada kondisi genangan. Ketika daun primer telah sepenuhnya melakukan perluasan, tanaman tumbuh terus menerus pada kondisi tergenang dengan ketinggian air yang dipertahankan 3 cm di atas permukaan tanah. Bintil akar menunjukkan lentisel dan perkembangan aerenkim sekunder setelah (A) 1, (B) 2, dan (C) 4 minggu pada kondisi tergenang. Aerenkim sekunder terekspos atmosfer melalui lentisel dalam nodul serta hipokotil. Bagian melintang dari bintil akar kecambah kedelai setelah 1 minggu dicekam genangan (D). Jaringan aerenkim sekunder berisi udara, sehingga bentuk sel tidak terlihat jelas pada foto. BT, jaringan bakterioid; IC, korteks bagian dalam; LE, lentisel; OC, korteks bagian luar; SA, aerenkim sekunder (Shimamura *et al.*, 2002).

Anggota Lythraceae, Onagraceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, dan Fabaceae, mengembangkan aerenkim sekunder dengan meningkatkan pembentukan hipertrofik lentisel pada permukaan batang dan akar, dan aerenkim terekspos atmosfer melalui lentisel. Aerenkim di akar dan batang berkembang, epidermis dan korteks telah mengempis dan terpisah dari sisa jaringan. Aerenkim sekunder kontak

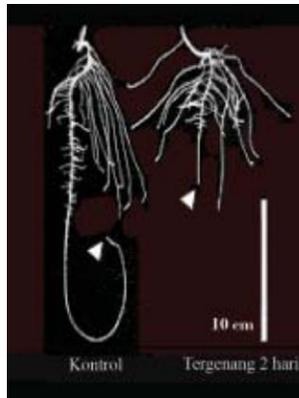
langsung dengan air tanah, tetapi sel-sel tidak membiarkan air masuk ke dalam ruang interseluler. Parenkim sekunder terdiri dari spon dan jaringan yang sangat berpori dengan sel parenkim longgar sehingga pembentukan aerenkim sekunder semakin meningkatkan porositas (volume internal gas yang mengisi ruang) di setiap organ.

6. Bobot kering akar dan daun

Genotipe kedelai yang toleran terhadap genangan memiliki korelasi positif dengan bobot kering akar dan bobot kering daun pada awal musim tanam (Henshaw *et al.*, 2007). Hasil penelitian Budi (2000) menunjukkan bahwa bobot kering akar per tanaman meningkat pada penggenangan air selama fase vegetatif.



Gambar 2.12 Perbedaan bobot kering akar kedelai yang toleran dan yang peka terhadap cekaman genangan (Lee *et al.*, 2004).



Gambar 2.13 Perbedaan Distribusi Akar Tanaman Kedelai yang Tidak Tergenang dan tergenang (Morita *et al.*, 2004).

7. Komponen hasil biji

Toleransi tanaman terhadap genangan pada fase R2 berasosiasi dengan tingginya jumlah polong per tanaman dan jumlah biji per polong, sedangkan pada fase V4 berasosiasi dengan ukuran biji yang besar (VanToai *et al.*, 2007).

8. Penutupan stomata

Respons awal tanaman yang tergenang adalah penutupan stomata dan pengurangan aliran air dari akar menuju tajuk. Respons tanaman terhadap genangan sering kali meningkatkan asam absisat pada daun yang berperan dalam penutupan stomata sehingga menghambat pertumbuhan daun. Etilen juga dapat menyebabkan stomata menutup, diduga karena etilen dan asam absisat dapat menyebabkan perubahan pada membran pelindung sel sehingga mengganggu keluar-masuknya air dan ion. Kejadian tersebut akan meningkatkan konsentrasi CO_2 dan menyebabkan stomata menutup. Stomata membuka dengan cepat bila tanaman tergenang dalam waktu singkat (Pezeshki 1994 *dalam* Riche, 2004).

9. Aktivitas nodul

Jumlah nodul pada akar kedelai akan berkurang pada kondisi tergenang (Gunho *et al.*, 2008). Kedelai yang toleran terhadap genangan dilaporkan mengalami kehilangan berat nodul yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang peka (Lee *et al.*, 2004).

10. Laju fotosintesis

Perubahan warna daun menjadi kuning akibat tergenang menurunkan laju fotosintesis pada awal penggenangan. Kedelai yang mampu mempertahankan laju fotosintesis merupakan indikator awal toleransi tanaman terhadap genangan.

11. Efisiensi penggunaan air

Fotosintesis yang terhambat saat tanaman tergenang mengakibatkan efisiensi penggunaan air menurun. Lee *et al.* (2004) melaporkan bahwa pada varietas kedelai yang toleran (Pungsannamulkong), penurunan efisiensi penggunaan air lebih kecil dibandingkan dengan varietas yang peka.

2.6 Pengamatan Anatomi menggunakan Metode Parafin

Pengamatan anatomi akar, batang, dan daun tanaman kedelai varietas grobogan dilakukan menggunakan metode parafin. Metode parafin banyak digunakan, karena hampir semua macam jaringan dapat dipotong dengan baik bila menggunakan metode ini. Keuntungan menggunakan metode parafin adalah irisan yang dihasilkan jauh lebih tipis daripada menggunakan metode beku atau metoda seloidin. Metoda beku memiliki tebal irisan rata-rata diatas 10 mikron, tapi dengan metode parafin tebal irisan dapat mencapai rata-rata 6 mikron. Prosedurnya jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode seloidin. Metode parafin memiliki kelemahan yaitu jaringan menjadi keras, mengkerut dan mudah patah. Sebagian besar enzim-enzim akan larut dengan metode ini (Alyas, 2010).

Metode ini dimulai dengan tahap fiksasi. Fiksasi merupakan langkah yang paling penting dalam melakukan persiapan spesimen histologis. Fiksasi adalah usaha mempertahankan

bentuk, ukuran dan struktur elemen sel dan jaringan agar tidak berubah/ meminimalisasi perubahan yang terjadi dengan menggunakan medium fiksatif. Fiksasi bertujuan untuk menghentikan proses metabolisme secepatnya, mengawetkan elemen sitologis dan histologis, mengawetkan bentuk, struktur, letak elemen sel/ jaringan, memberikan konsistensi pada materi yang lunak. Prinsip dari fiksasi adalah material/ sel/ jaringan dapat dipertahankan/ diawetkan bentuknya seperti /mendekati bentuk awalnya (sebelum fiksasi) (Berlyn dan Miksche, 1976).

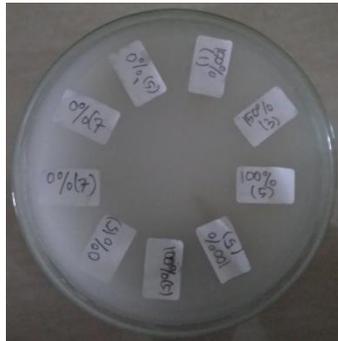
Selanjutnya spesimen dipindahkan dalam alkohol 50 % dan didehidrasi dengan menggunakan alkohol bertingkat masing-masing selama 30 menit. Proses dehidrasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan air atau menarik cairan yang ada dalam jaringan setelah proses fiksasi dan digantikan parafin. Kandungan air yang tinggi akan menghambat proses selanjutnya. Cairan dalam jaringan akan menyebabkan jaringan lunak dan mudah rusak saat penyayatan (Sass, 1951). Menurut Angka *et al* (1990), setelah dilakukan proses dehidrasi, air di dalam sel akan keluar. Bagian yang kosong akan terisi parafin agar jaringan terikat kuat dengan parafin. Alkohol tidak dapat melarutkan parafin, oleh sebab itu digunakan xylol yang dapat melarutkan parafin dan dapat bercampur dengan alkohol.

Tahap selanjutnya adalah tahap dehidran I, II, III, dan dehidran IV dan paraplas dehidran. *Clearing* merupakan suatu proses penjernihan yang bertujuan untuk menggantikan alkohol. Proses clearing dilakukan dengan menambahkan *clearing agent* yang berfungsi untuk melarutkan parafin. Jaringan yang terbentuk pada proses *clearing* menjadi jernih dan transparan sehingga tidak tertembus cahaya. Bahan yang dapat digunakan sebagai clearing agent, yaitu xylol, kloroform, dan benzol. Xylol banyak digunakan karena bekerja dengan cepat, membuat preparat cukup transparan dan bersifat dealkoholisasi (Sastrohadinoto *et. al.*, 1973).

Spesimen dimasukkan ke dalam paraplas murni dalam oven yang bersuhu 58°C. *Embedding* adalah proses untuk memasukkan

parafin cair ke dalam jaringan. Proses ini berlangsung di dalam oven pada suhu 60°C, karena titik cair parafin pada suhu 54°C-58°C. Proses ini bertujuan agar parafin menyusup ke dalam seluruh celah antar sel dan bahkan ke dalam sel sehingga jaringan lebih tahan saat dilakukan pemotongan (Angka *et. al.*, 1990). Suhu yang lebih tinggi dari titik cair parafin sisa-sisa dehidran dan *clearing agent* akan lebih cepat menguap (Sastrohadinoto *et. al.*, 1973). Proses pembenaman ke dalam parafin membantu memudahkan pemotongan jaringan yang sangat tipis.

Jaringan yang telah dilakukan proses *embedding* menggunakan parafin cair lalu diblok (dicetak agar mudah dipotong) dengan parafin cair yang kemudian dibekukan. Jaringan disusun dalam cetakan (cetakan yang digunakan adalah cawan petri) dan dituangi parafin cair hingga material jaringan terendam dan dibiarkan beku dalam suhu ruang selama 24 jam (Angka *et. al.*, 1990).



Gambar 2.14 Pembentukan Blok Parafin

Blok parafin dikeluarkan dari cetakan setelah mengeras dan ditriming menggunakan plat besi yang dipanaskan. Tujuan dilakukannya trimming yakni membuang parafin yang berlebihan, mengatur bentuk potongan agar rapi dan agar dapat disesuaikan dengan tempat blok alat pemotong (Sastrohadinoto *et al.*, 1973, Angka *et al.*, 1990).

Pemotongan jaringan dilakukan menggunakan pisau khusus yaitu mikrotom. Alat ini dilengkapi dengan pisau yang sangat

tajam dan ketebalan irisan yang diinginkan. Menurut Kiernan (1990) mikrotom ada beberapa macam yaitu :

(1) Mikrotom geser (*sliding mikrotome*).

Pada alat ini, jaringan tetap berada pada tempatnya, sedang pisaunya yang bergerak. Pada umumnya jaringan yang akan dipotong dengan mikrotom geser adalah jaringan yang tanpa penanaman (*embedding*) terlebih dulu. Jaringan yang akan diiris sebelumnya dapat diwarnai dengan pewarnaan tunggal, ataupun tanpa warna terlebih dahulu. Metode ini banyak dikerjakan untuk pengirisan jaringan tumbuh-tumbuhan.

(2) Mikrotom beku (*freezing mikrotome*).

Alat ini dihubungkan dengan tabung berisi CO₂ dingin, melalui suatu pipa karet. Mikrotom ini keadaannya sama dengan mikrotom geser yaitu jaringan tetap berada pada tempatnya sedangkan pisau mikrotomnya yang bergerak ke muka dan ke belakang. Fiksasi dapat dijalankan setelah pemotongan dan sebelum pewarnaan.

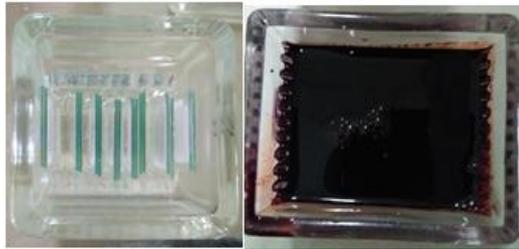
(3) Mikrotom putar (*rotary mikrotome*).

Mikrotom ini letak pisaunya tetap pada tempatnya, sedangkan jaringannya bergerak ke atas dan ke bawah. Hal inilah yang membedakan mikrotom ini dengan kedua jenis mikrotom di atas. Jenis mikrotom ini yang biasanya digunakan untuk pembuatan sediaan irisan dengan metode parafin. Penelitian anatomi tanaman Kedelai varietas Grobogan menggunakan mikrotom putar untuk proses *sectioning*.



Gambar 2.15 Pemotongan Parafin Menggunakan Mikrotom Putar

Pita parafin diletakkan di permukaan air hangat/ waterbath (45°C - 50°C). Hal ini bertujuan agar jaringan di dalam parafin teregang. Pita parafin diangkat dari permukaan air dengan menggunakan slide yang sebelumnya telah diolesi albumin. Preparat yang telah merekat pada slide dibiarkan hingga mengering. Pewarnaan dilakukan dengan melekatkan irisan jaringan pada kaca obyek. Sebelum pewarnaan harus dilakukan penghilangan parafin yang ada di dalam jaringan menggunakan xilene (xylol) kemudian dilakukan hidrasi dengan konsentrasi alkohol yang menurun, yaitu alkohol 100%, 96%, 80%, 70%, 60%, 50% dan 30% masing-masing selama 5 menit. Penghilangan parafin bertujuan agar jaringan menjadi jernih (Angka *et. al.*, 1990).



Gambar 2.16 Proses Pewarnaan

Mounting adalah suatu proses perekatan sayatan jaringan pada kaca sediaan menggunakan bahan perekat (*adhesive*). Proses mounting dilakukan menggunakan mounting media. Mounting media merupakan zat pengisi antara preparat yang telah diwarnai dengan kaca penutup. Terdapat dua jenis mounting media, yaitu dalam bentuk resin dan cairan. Resin media terdiri dari tiga tipe, yaitu alami, semi sintesis, dan sintesis sepenuhnya. Contoh resin media adalah Balsam Kanada/ Entellan. Balsam Kanada merupakan mounting alami yang terdiri dari komponen volatil, yaitu resin yang merupakan cairan kental berwarna kuning dan meleleh ketika dipanaskan. Balsam yang dikeringkan akan berbentuk padat dan harus ditambahkan xylene sehingga dapat digunakan sebagai mounting media. Komponen tak jenuh dalam resin membuat Balsam Kanada sebagai agen pereduksi ringan. Media Balsam Kanada dapat mempertahankan warna pada preparat awetan histologi lebih dari satu bulan atau satu tahun. Contoh mounting media dalam bentuk cairan, antara lain Gliserol jelly, Buffer gliserol dengan PDD, fructose syrup, dan Apathy's medium (Cormack, 1992). Penelitian ini menggunakan Balsam Kanada / Entellan sebagai mounting.

Penutupan kaca obyek dilakukan dengan menutupkan kaca penutup di atas objek, sehingga apabila xylol dalam media penjernih menguap maka kaca penutup melekat erat dengan kaca obyek. Hal ini dilakukan agar permukaan yang dihasilkan tidak menyebabkan pantulan cahaya selama pengamatan mikroskopis (Geneser, 1994).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penanaman kedelai ini dilaksanakan pada tanggal 1 Januari hingga 30 Maret 2017 di urban farming yang berlokasi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengamatan struktur anatomi dan morfologi tanaman kedelai dilakukan di Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kedelai varietas Grobogan, tanah taman, pupuk kompos, arang sekam, larutan FAA, alkohol dengan konsentrasi bertingkat (alkohol absolut, 96%, 80%, 70%, 60%, 50%, 30%), safranin 2%, fast green 0.5%, entellan, n-butanol, aquades, formalin, asam asetat glasial, kertas milimeter blok, dan kertas aluminium foil.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi timbangan, potray, 35 buah plastik tanam, meteran ukur, gembor, polybag, oven, neraca analitik, staining gel, cawan petri, botol vial, pinset, pipet, water bath, kuas, mikrotom putar, kaca objek, papan pemanas (*heating plate*), kaca penutup, mikroskop, dan kamera.

3.3 Metode yang Digunakan

3.3.1 Persiapan media semai

Persiapan media semai dilakukan dengan menimbang tanah taman, pupuk kompos dan arang sekam dengan perbandingan 2: 1: 1 dan dihomogenkan. Tanah tersebut dimasukkan ke dalam potray dan diratakan (Sarihan *et al.*, 2005).

3.3.2 Persiapan benih

Benih varietas Grobogan yang akan disemai direndam terlebih dahulu selama \pm 6 jam untuk mendapatkan kualitas benih yang baik. Benih yang akan disemai adalah benih yang tenggelam di dalam air ketika proses perendaman. Tujuan dari proses perendaman adalah untuk memisahkan benih hampa, kotoran, dan benih yang kualitasnya baik, dimana benih hampa dan kotoran akan mengapung ketika proses perendaman. Biji yang telah dipilih, ditanam di dalam potray yang telah berisi media tanam dan ditunggu hingga benih tersebut tumbuh. Benih yang tumbuh 2 daun pertama dipindahkan dalam plastik tanam dan siap dilakukan aklimatisasi serta perlakuan cekaman genangan.

3.3.3 Persiapan media tanam

Persiapan media tanam dilakukan dengan menyiapkan 35 plastik tanam sebagai tempat media pertumbuhan. Plastik tersebut diisi media tanam yang telah dicampur hingga homogen dengan komposisi tanah taman sebanyak 2 kg, arang sekam 0,5 kg, dan pupuk kompos 0,5 kg. Sehingga total media sebanyak 3 kg.

3.3.4 Aklimatisasi Bibit pada Media Tanam/ Media Seleksi

Benih yang dipilih adalah benih yang memiliki ukuran seragam kemudian diukur tingginya. Benih tersebut dipindahkan bersama dengan media semai untuk memudahkan adaptasi dan mengurangi potensi kerusakan daerah perakaran. Setiap plastik tanam hanya ditanami 1 benih. Benih kedelai yang telah dipindahkan ke dalam media tanam tersebut diaklimatisasi selama 10 hari agar dapat beradaptasi pada kondisi lingkungannya. Selama aklimatisasi, kedelai disiram secara teratur pada pukul 07.00 dan pukul 16.00.

3.3.5 Pengukuran Kapasitas Lapang

Pengukuran berdasarkan kapasitas lapang tanah bertujuan untuk menentukan volume penyiraman sebagai patokan pemberian taraf penggenangan. Kapasitas lapang diukur dengan cara menyiram media tanah yang berada pada wadah polybag yang bagian dasarnya berlubang hingga air menetes, kemudian didiamkan selama kurang lebih 3 hari hingga tidak ada air yang menetes lagi. Media tanam tersebut ditimbang berat basah dan berat keringnya. Berat basah media tanam ditimbang ketika tidak ada air yang menetes lagi dari polybag. Berat kering media ditimbang setelah media tanam tersebut dikeringkan dalam oven yang bersuhu 105°C selama 24 jam hingga didapatkan berat konstan. Kebutuhan air berdasarkan kapasitas lapang tanah dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$KL\% = \frac{Tb - Tk}{Tk} \times 100\%$$

KL : Kapasitas Lapang

Tb : Berat Basah

Tk : Berat Kering

(Hendriyani dan Setiari, 2009)

3.3.6 Perlakuan cekaman genangan

Tanaman kedelai yang telah melewati masa aklimatisasi tersebut diberi cekaman genangan air dengan konsentrasi yang berbeda hingga tanaman dipanen. Konsentrasi genangan yang diberikan adalah 100%, 150%, dan 200%, dan kontrol dengan 7 kali pengulangan. Tinggi air dipertahankan ketika genangan mulai berkurang melalui pengamatan secara berkala. Pengukuran tinggi genangan air pada plastik tanam dilakukan dengan membuat garis sebagai penanda. Air dengan konsentrasi 100% berada pada kapasitas lapang, konsentrasi 150% setinggi 3 cm di atas permukaan tanah, dan konsentrasi 200% setinggi 7 cm di atas permukaan tanah.

3.3.7 Pengamatan morfologi kedelai

Pengamatan morfologi kedelai dilakukan dengan teknik observasi lapang dan pengamatan langsung keragaman morfologi berdasarkan parameter sebagai berikut:

1. Tinggi tanaman (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).

2. Luas daun tanaman (cm²)

Luas daun ditetapkan dengan metode gravimetri, yaitu dengan cara daun digambar dan ditaksir luasnya pada sehelai kertas dengan mengukur perbandingan berat replika daun dengan berat total kertas dengan rumus sebagai berikut :

$$LD = \frac{Wr}{Wt} \times LK$$

3. 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).

4. Pengukuran panjang akar (cm)

Akar dibersihkan dari media tanam dengan dengan cara merendam bagian akar tanah ke dalam bak yang telah diisi oleh air 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).

5. Berat basah dan berat kering tanaman (g)

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

6. Penghitungan jumlah bunga yang terbentuk

Pengukuran jumlah bunga dilakukan ketika tanaman tersebut selesai diberi perlakuan genangan dan dipanen. Bunga dihitung secara manual pada bagian ketiak tangkai daun pada tiap-tiap tanaman dan dibandingkan jumlah bunga tersebut pada masing-masing konsentrasi genangan (Herdiawan *et al.*, 2012).

3.3.8 Pengamatan anatomi kedelai

Pengamatan anatomi Tanaman Kedelai dilakukan menggunakan metode parafin. Tahapan pertama yang dilakukan adalah fiksasi dengan menggunakan FAA selama 24 jam. Media dipindahkan ke dalam alkohol 50%, dilanjutkan dengan dehidrasi menggunakan alkohol bertingkat, yaitu 50%, 60%, 70%, 80%, 96%, alkohol absolut, masing-masing selama 30 menit, kemudian dilanjutkan dengan dehidran I, dehidran II, dehidran III, dan dehidran IV masing-masing selama 8 jam. Tahapan dehidran IV dilakukan pengulangan sebanyak dua dengan waktu yang sama, yakni masing-masing 8 jam. Sampel dimasukkan dalam campuran paraplas dehidran IV dengan perbandingan 1:1 pada suhu kamar selama 8 jam, dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu 58°C semalaman. Sampel dimasukkan dalam paraplas murni dengan pemanasan suhu 58°C selama 3x24 jam, lalu dilanjutkan dengan tahapan embedding pada cawan petri yang diolesi gliserin. Setelah embedding selesai dilanjutkan dengan sectioning menggunakan object glass yang diolesi dengan albumin (Herdiawan *et al.*, 2012).

Sampel memasuki tahap affixing, staining/ pewarnaan yang dilakukan dengan berbagai tahapan antara lain, media direndam pada larutan xylool murni dengan dua kali pengulangan masing-masing selama 10 menit, lalu dipindahkan pada larutan alkohol absolut dengan xylool pada perbandingan 1:1 selama 5 menit. Kemudian direndam dalam larutan alkohol absolut selama 5 menit, alkohol 96% selama 5 menit, alkohol 80% 5 menit, alkohol 70% 5 menit, alkohol 60% 5 menit, alkohol 50% 5 menit, alkohol 30% 5 menit. Kemudian sampel direndam dalam larutan safranin selama 48 jam, lalu dibilas dengan aquades hingga larutan safranin hilang. Sampel direndam kembali dalam alkohol 30% selama 5 menit, alkohol 50% selama 5 menit, alkohol 60% selama 5 menit, alkohol 70% selama 5 menit, alkohol 80% selama 5 menit, alkohol 96% selama 5 menit dan pada cairan fast green 0.5% selama 3 detik. Kemudian pada alkohol 96% selama 5 menit, alkohol absolut 5 menit, pada campuran alkohol absolut dengan xylool pada perbandingan 1:1 selama 5 menit, dan pada xylool murni selama 5 menit. Sampel memasuki tahapan mounting dengan entellan dan kemudian diamati sel-sel yang terbentuk pada masing-masing taraf genangan (Herdiawan *et al.*, 2012).

3.4 Rancangan Penelitian dan Analisa Data

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan satu faktor dan tujuh pengulangan. Faktor tersebut adalah tingkatan cekaman air yaitu 200%, 150%, 100%, dan kontrol. Variabel yang diukur yaitu karakter morfologi tanaman. Data hasil pengamatan parameter morfologi tanaman kedelai dianalisis dengan analisis statistik yaitu uji ANOVA (*Analysis of Variance*) satu faktor pada taraf kepercayaan 95%. Jika hasil Uji ANOVA menunjukkan ada pengaruh (nilai Sig. \leq 0.05), maka akan dilanjutkan ke Uji Tukey dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0.05\%$) (Little *et. al.*, 1987). Hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

H_0 : tidak ada pengaruh faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai

H_1 : ada pengaruh faktor perlakuan konsentrasi genangan air terhadap morfologi tanaman kedelai

Jika terdapat satu perlakuan atau lebih yang memberikan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol maka H_0 ditolak atau konsentrasi genangan yang berbeda memberi pengaruh terhadap morfologi tanaman. Data hasil pengamatan morfologi dan anatomi (akar, batang, dan daun) tanaman kedelai dianalisis secara diskriptif

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan Morfologi Kedelai

4.1.1 Tinggi tanaman

Pertumbuhan merupakan hasil dari proses pembelahan, pembesaran, dan pemanjangan sel. Perkembangan merupakan hasil dari pertumbuhan karena adanya pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel. Pertumbuhan merupakan penambahan 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).

Proses pertumbuhan tanaman sangat membutuhkan air, baik untuk kebutuhan menjaga turgiditas sel maupun untuk melangsungkan metabolisme, khususnya untuk fotosintesis. Proses fotosintesis membutuhkan air sebagai bahan baku dalam pembentukan fotosintat, khususnya karbohidrat, dimana $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ dengan bantuan cahaya akan membentuk $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Air terutama dibutuhkan pada fase cahaya sebagai sumber elektron untuk membentuk energi kimia dalam bentuk NADPH_2 dan ATP. Energi kimia tersebut akan digunakan untuk mereduksi CO dalam fase gelap untuk menghasilkan $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$. Tanaman yang mengalami cekaman air, maka laju fotosintesis terus menurun karena tidak mampu membentuk NADPH_2 dan ATP yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi dalam mereduksi CO (Sarawa, 2009).

Tinggi tanaman merupakan indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur dan mengetahui pengaruh perlakuan yang diterapkan dalam percobaan atau sebagai indikator untuk mengetahui pengaruh lingkungan. Pertambahan tinggi tanaman merupakan bentuk peningkatan pembelahan sel-sel akibat adanya asimilat yang meningkat

(Harjanti dkk, 2014). 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. Tinggi tanaman dianalisis dengan ANOVA *One Way*.

Berdasarkan hasil Uji ANOVA, variasi konsentrasi genangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertambahan tinggi tanaman Kedelai Varietas Grobogan dengan nilai Sig. 0,002 ($<0,05$). Pengaruh variasi konsentrasi genangan terhadap pertambahan tinggi tanaman Kedelai varietas Grobogan ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Tinggi Tanaman Kedelai

Konsentrasi Genangan (%)	Tinggi Tanaman (cm)
100	124.86a
150	122.29ab
200	96.57bc
Kontrol	88.14c

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing konsentrasi genangan menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa perbedaan konsentrasi cekaman genangan berpengaruh pada pertumbuhan tinggi tanaman. Pertumbuhan tanaman menunjukan hasil yang berbeda pada tiap konsentrasi genangan. Rata-rata hasil pengukuran data tinggi tanaman berturut-turut adalah sebagai berikut: kontrol= 88.14 cm; 100%= 124.86 ; 150%= 122.29; dan 200%= 96.57. Kedelai pada konsentrasi genangan 100% mengalami tinggi rata-rata sebesar 124.86, pada konsentrasi 150% tinggi tanaman menjadi menurun yaitu 122.29, dan pada konsentrasi 200% tanaman mengalami penurunan tinggi yaitu 96.57. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi

genangan memberikan dampak penurunan tinggi tanaman kedelai. Tanaman kontrol yang seharusnya memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi, memberikan hasil yang berlawanan. Tinggi tanaman kontrol 88.14 (lebih rendah daripada tanaman yang diberi perlakuan genangan). Hal ini mungkin disebabkan karena tanaman mengalami kekeringan akibat dari penyiraman di bawah kapasitas lapang, sehingga tanaman mengalami penurunan pertumbuhan.



Gambar 4.1 Tinggi Tanaman Kedelai pada Berbagai Taraf Genangan: a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%, c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%

Gambar di atas tampak bahwa cekaman genangan air mempengaruhi tinggi tanaman Kedelai Varietas Grobogan. Tinggi tanaman pada saat tergenang cenderung menurun saat diberi perlakuan cekaman genangan. Pemberian air dengan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman, baik tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun maupun luas daun. Hal ini disebabkan karena air merupakan komponen penting dalam pertumbuhan tanaman. Air

berfungsi bukan hanya sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis, akan tetapi air juga sebagai bagian terbesar dari protoplasma sel (Sarawa, 2009). Kekeringan menghambat pertumbuhan tanaman, khususnya pertumbuhan vegetatif. Hambatan pertumbuhan vegetatif dapat berupa menurunnya laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun maupun luas daun. Pengaruh negatif dari kekeringan pada tanaman adalah sangat berpengaruh pada pertumbuhan, perkembangan, integritas membran, tekanan osmotik dan hasil tanaman (Praba *et.al.*, 2009).

Riche (1980) menyatakan bahwa proses yang sensitif terhadap kekurangan air ketika terjadi cekaman genangan adalah pembelahan sel. Pertumbuhan tanaman sangat peka terhadap defisit (cekaman) air karena berhubungan dengan turgor dan hilangnya turgiditas dapat menghentikan pembelahan dan pembesaran sel yang mengakibatkan tanaman lebih kecil. Whigham dan Minor (1978), telah melaporkan bahwa pengaruh cekaman air pada pertumbuhan tanaman dicerminkan oleh daun-daun yang lebih kecil.

Tanaman yang mengalami periode tergenang, serapan air menjadi terhambat walaupun air tersedia dalam jumlah berlebih karena pada periode awal genangan, konsentrasi air berada pada level tinggi yang menyebabkan serapan air juga meningkat sampai batas maksimum. Ketersediaan air secara kontinyu menyebabkan terhambatnya difusi oksigen pada daerah perakaran. Perakaran tanaman yang mengalami disfungsi, tanaman akan berusaha untuk mempertahankan diri melalui mekanisme. Aktifitas fotosintesis menurun akibat menutupnya stomata daun dan berkurangnya jumlah CO₂ yang berdifusi ke dalam daun juga telah dilaporkan oleh Sutoro *et. al.* (1989) pada tanaman jagung.

Literatur yang berbeda memberikan hasil yang berlawanan. Selama penggenangan, konsentrasi etilen endogen meningkat hingga 1 $\mu\text{l l}^{-1}$, suatu konsentrasi yang cukup tinggi untuk menginduksi pertumbuhan. Peran etilen ditekan oleh penghambatan biosintesis etilen oleh AVG

(aminoethoxyvinylglycine) yang mencegah induksi pertumbuhan padi dalam air yang terendam (Métraux dan Kende, 1983). Akumulasi ACC meningkat setelah 2 jam penggenangan dan mencapai konsentrasi maksimum setelah 4 jam. Konsentrasi oksigen rendah <13% (v/v) menginduksi sintesis ACC, terutama pada nodus, dalam meristem interkalar, dan zona pemanjangan. Etilen tidak memacu pertumbuhan batang secara langsung tetapi melalui aksi giberelin.

Penggenangan menyebabkan nutrisi menjadi lebih tersedia bagi tanaman yang selanjutnya digunakan tanaman untuk pertumbuhannya yang ditunjukkan dengan meningkatnya tinggi tanaman (Rachmawati dan Retnaningrum, 2013). Hasil ini serupa dengan penelitian Kawano *et. al.*, (2009) yang menyatakan bahwa adanya penggenangan akan memacu elongasi batang sebagai salah satu strategi penghindaran (*escape strategy*) terhadap penggenangan untuk membantu mencukupi kebutuhan oksigen dan karbondioksida untuk mendukung respirasi aerob dan fotosintesis. Hal ini juga berhubungan erat dengan pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi dari tanah (Salantur *et. al.*, 2006).

Penggenangan meningkatkan ketersediaan nutrisi (Roger *et. al.*, 1992). Ketersediaan hara yang optimal memberikan kontribusi pada pertumbuhan tanaman. Peningkatan ketersediaan nutrisi berhubungan dengan aktivitas mikrobia tanaman (Rachmawati dan Retnaningrum, 2013).

Tinggi tanaman dan biomassa tanaman berkorelasi positif dengan perlakuan tinggi penggenangan dan lama penggenangan. Fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan tinggi tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman sebagai hasil pemanjangan batang merupakan respons toleransi tanaman terhadap penggenangan (Jackson & Ram 2003; Kawano *et. al.*, 2002). Kemampuan pemanjangan batang tergantung pada sifat genetik varietas dan dipengaruhi oleh lingkungan atau tingkat perkembangan tanaman sebelum penggenangan. Hal ini sebagai sarana untuk pemulihan hubungan dengan lingkungan dan melanjutkan asimilasi karbon fotosintesis. Pemanjangan batang selama penggenangan

menggunakan energi dan tampaknya menggunakan karbohidrat di daun yang berkembang sebelum terjadi penggenangan. Pemanjangan batang selama penggenangan diperantarai oleh interaksi etilen dan giberelin (Kawano *et. al.*, 2002). Etilen tampaknya tidak memacu pertumbuhan batang secara langsung tetapi melalui aksi giberelin. Kondisi lingkungan selama penggenangan dengan konsentrasi CO₂ dan cahaya yang rendah menyebabkan reduksi kemampuan fotosintesis pada tanaman yang tergenang. Karbohidrat terutama digunakan sebagai suplai energi untuk memelihara metabolisme selama penggenangan (Jackson and Colmer, 2005).

Penelitian cekaman genangan ini lebih cenderung sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa cekaman genangan memberikan dampak penurunan tinggi tanaman. Hal ini disebabkan karena stadia pertumbuhan tanaman (stadia pembungaan) kedelai ketika diberikan cekaman genangan. Stadia pembungaan memberikan tinggi tanaman yang lebih rendah. Situasi ini diakibatkan oleh kekurangan air sehingga menyebabkan aktifitas metabolisme tanaman terganggu, secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh pada serapan hara yang tidak optimal. Hal ini akan menyebabkan pembelahan *meristem apical* melalui hara yang diserap oleh tanaman kedelai akan terganggu oleh kondisi air tanah dalam keadaan yang kurang optimal. Pada kondisi pembungaan, pengisian polong, maupun kematangan biji rata-rata tinggi tanaman kedelai di semua tingkat tinggi muka air tanah menunjukkan tinggi tanaman yang sama (lebih rendah daripada fase vegetatif). Kondisi pada stadia tersebut telah memasuki fase generatif sehingga kendatipun ada genangan, tidak terjadi lagi penambahan tinggi tanaman (Ginting *dkk*, 2011). Hal ini sejalan dengan pendapat Gulamahdi *dkk* (2006) yang menjelaskan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman lebih aktif terjadi pada awal pertumbuhan yaitu pada pembentukan organ vegetatif dan terhenti setelah memasuki fase generatif yang dimulai dari munculnya bunga pertama hingga pemasakan buah dan biji. Hal ini berkaitan dengan perubahan

suasana aerobik menjadi anaerobik, akibat penurunan kadar O_2 dan peningkatan kadar CO_2 di rhizosfer, sehingga metabolisme akar terganggu. Gangguan terhadap metabolisme akar, selanjutnya akan menurunkan serapan hara tanaman kedelai.

4.1.2 Luas daun

Daun merupakan organ tubuh tanaman yang penting, karena pada daun terdapat komponen dan sekaligus tempat berlangsungnya proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi yang menentukan arah pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Luas daun merupakan salah satu parameter penting dalam analisis pertumbuhan tanaman. Indeks luas daun, laju tumbuh relatif, dan laju fotosintesis merupakan parameter yang erat terkait dengan luas daun (Santoso dan Hariyadi, 2008).

Daun mempunyai peranan yang penting dalam penyerapan radiasi surya dan variasi pengaruhnya terhadap pertumbuhan dapat dikaji melalui indeks luas daun (Muhadjir, 1988). Tanaman budidaya harus dapat menghasilkan indeks luas daun yang cukup dengan cepat untuk menyerap sebagian besar cahaya guna mencapai produksi berat kering maksimum. Menurut Heddy (1987), indeks luas daun yang tinggi biasanya akan meningkatkan proses fotosintesis dan penyerapan unsur hara serta hasil bahan kering tanaman.

Luas daun berperan penting dalam proses fotosintesis, semakin tinggi luas daun 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). Luas daun yang semakin tinggi menyebabkan proses evapotranspirasi daun meningkat sehingga pengambilan air dan unsur hara juga ikut meningkat karena berhubungan dengan daya kohesi dan adhesi pengangkutan air di dalam tubuh tumbuhan.

Berdasarkan hasil ANOVA *One Way*, diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh terhadap luas daun tanaman kedelai varietas Grobogan. Pengaruh variasi konsentrasi cekaman genangan terhadap luas daun tanaman kedelai varietas Grobogan ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 3.2 Rata-rata Luas Daun Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari

Konsentrasi Genangan (%)	Rata-rata Luas Daun (cm ²)
Kontrol	401.24a
100	344.70a
150	181.99b
200	73.29b

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing varietas menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA di atas terlihat bahwa variasi konsentrasi genangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata luas daun Kedelai Varietas Grobogan dengan nilai Sig. 0,000 ($<0,05$). Kedelai varietas Grobogan yang memiliki nilai luas daun terendah terdapat pada konsentrasi genangan tertinggi (200%), yaitu sebesar 73.29 dan nilai tertinggi terdapat pada tanaman kontrol, sebesar 401.24. Tanaman dengan konsentrasi genangan 100% luas daun yang didapat sebesar 344.70 dan tidak berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 100% luas daun tanaman tergolong lebar meskipun tidak selebar tanaman kontrol karena tanaman pada konsentrasi cekaman 100% masih dapat beradaptasi dengan baik pada pertumbuhannya. Tanaman yang tercekam genangan pada konsentrasi 150% dan 200% pertumbuhannya menjadi menurun, yang diakibatkan karena tanaman telah terganggu proses fisiologisnya sehingga untuk dapat bertahan hidup pada kondisi tersebut tanaman harus menghemat energi

dengan cara mengurangi pertumbuhan luas daun. Konsentrasi genangan yang semakin tinggi pada tanaman kedelai akan menurunkan rata-rata luas daun. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat konsentrasi genangan, semakin menurun luas daunnya (Safrizal dkk, 2008).

Menurut Heddy (1987), indeks luas daun yang tinggi biasanya akan meningkatkan proses fotosintesis dan penyerapan unsur hara serta hasil bahan kering tanaman. Cekaman genangan yang menurunkan indeks luas daun akan menyebabkan menurunnya laju fotosintesis. Ketersediaan air yang berlebih ini menyebabkan laju fotosintesis tanaman rendah sehingga alokasi fotosintat ke organ tanaman juga rendah. Alokasi fotosintat yang rendah pada akar, batang dan daun, maka akan menekan pertumbuhan pada bagian pertumbuhan vegetatif (akar, batang dan daun tumbuhan) (Nurbaiti dkk.,2012).

Tanaman yang mengalami cekaman air stomata daunnya menutup sebagai akibat menurunnya turgor sel daun sehingga mengurangi jumlah CO₂ yang berdifusi ke dalam daun. Stomata yang menutup, laju transpirasi menurun sehingga mengurangi suplai unsur hara dari tanah ke tanaman, karena transpirasi pada dasarnya memfasilitasi laju aliran air dari tanah ke tanaman, sedangkan sebagian besar unsur hara masuk ke dalam tanaman bersama-sama dengan aliran air (Kramer, 1972).

4.1.3 Jumlah akar adventif

Adaptasi morfologi penting lainnya terhadap genangan adalah perkembangan akar adventif, yang berfungsi menggantikan akar utama (Bacanamwo dan Purcell, 1999; Gibberd *et. al.*, 2001; Malik *et. al.*, 2001). Pembentukan akar adventif terjadi ketika sistem perakaran asli tidak mampu memasok air dan mineral yang dibutuhkan tanaman (Mergemann dan Sauter, 2000). Sistem akar utama yang membusuk dapat dianggap sebagai pengorbanan untuk memungkinkan penggunaan energi yang lebih efisien bagi pengembangan sistem akar yang lebih sesuai (Dat *et. al.*, 2006).

Akar adventif biasanya terbentuk di dekat pangkal batang atau di wilayah di mana lentisel berlimpah, dan pertumbuhannya lateral, sejajar dengan permukaan air/tanah. Akar adventif yang terdapat di perbatasan antara permukaan tanah jenuh air dengan atmosfer menandakan pentingnya akar ini dalam menggantikan sistem akar yang normal baik di dalam air maupun jauh di permukaan air tanah. Kemampuan untuk memproduksi akar adventif umumnya terkait dengan meningkatnya toleransi terhadap genangan dan perkembangan akar adventif ini telah banyak dikaitkan dengan produksi etilen (Voesenek *et. al.*, 1993; Mergemann dan Sauter, 2000; Steffens *et. al.*, 2006). Produksi NO bekerja searah dengan IAA dalam pengendalian pembentukan akar adventif.

Akar adventif terbentuk oleh kondisi anaerob pada perakaran yang merupakan adaptasi morfologi pada tanaman kedelai varietas Grobogan untuk dapat bertahan hidup pada periode penggenangan. Akar adventif berfungsi sebagai tempat masuknya O₂ sehingga dalam kondisi tergenang dimana perakarannya jenuh air, tanaman masih bisa mengambil oksigen yang ada di udara untuk melakukan respirasi secara aerob. Menurut Kozlowski *et.al* (1991), tumbuhan kayu hutan rawa melakukan adaptasi morfologi dan anatomi dengan membentuk akar adventif dan rongga aerenkim pada akar. Yamamoto *et.al* (1995) mengatakan pada tanaman *Fraxinus mandshurica* juga terbentuk akar adventif pada kondisi tergenang.

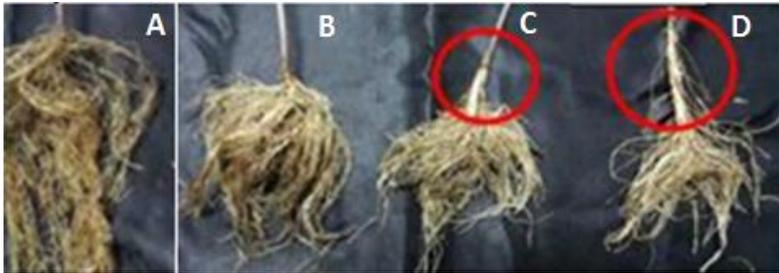
Berdasarkan hasil ANOVA *One Way* diketahui bahwa faktor cekaman genangan berpengaruh terhadap jumlah akar adventif tanaman Kedelai. Hasil uji ANOVA dilanjutkan dengan Uji Tukey yang memberikan hasil bahwa faktor perlakuan cekaman genangan berpengaruh secara nyata pada akar adventif tanaman selama tergenang. Pengaruh variasi konsentrasi genangan terhadap jumlah akar adventif ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rata-rata Jumlah Akar Adventif Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari

Konsentrasi Genangan (%)	Rata-rata jumlah akar adventif
Kontrol	0.000a
100	0.000a
150	13.200b
200	25.000c

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing varietas menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Hasil ANOVA di atas menjelaskan bahwa variasi konsentrasi genangan berpengaruh terhadap jumlah akar adventif yang terbentuk, hal ini dibuktikan dengan nilai Sig. sebesar 0,000. Kedelai varietas Grobogan yang memiliki jumlah akar adventif tertinggi terdapat pada konsentrasi genangan 200%, sedangkan pada tanaman kontrol dan konsentrasi genangan 100% tidak ditemukan akar adventif. Tanaman dengan konsentrasi 100% masih bisa tahan dan dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi genangan. Genangan yang diberikan pada konsentrasi 100% masih berada pada kapasitas lapang, sehingga tidak mengganggu proses fisiologis pada tubuh tanaman dan tidak terdapat pembentukan akar adventif karena tanaman mendapatkan oksigen yang cukup untuk pertumbuhannya. Tanaman pada konsentrasi genangan 150% terjadi pembentukan akar adventif sebesar 13.200 dan pada tanaman pada konsentrasi 200% akar adventif yang terbentuk semakin banyak yaitu 25.000. Genangan dengan konsentrasi 150% tanaman kedelai varietas Grobogan telah tercekam genangan dan kekurangan suplai oksigen, kemudian taraf genangan ditingkatkan menjadi 200% dan tanaman semakin tercekam, suplai oksigenpun semakin berkurang sehingga jumlah akar adventif yang terbentuk semakin banyak.



Gambar 4.2 Morfologi Akar Adventif: a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%; c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%.

Perakaran adventif adalah mekanisme untuk menggantikan akar yang telah mati atau yang fungsinya terganggu oleh kondisi anoksia di kedalaman (Vartapetian and Jackson, 1997). Perluasan akar adventif bertujuan untuk meningkatkan transportasi oksigen dari batang ke akar (Visser *et. al.*, 1996) dan mengurangi cedera banjir pada kedelai yang tergenang (Lee *et. al.*, 2003). Berat basah akar adventif merupakan presentase total berat akar yang sangat meningkat pada keadaan banjir. Dua puluh satu hari tergenang banjir pada tahap pertumbuhan V4-V6 menghasilkan presentase akar adventif sebesar 33-41% total berat basah akar (Bacanawo and Purcell, 1999b).

Pembentukan akar adventif berpotensi dalam menggantikan akar basal yang dianggap sebagai salah satu adaptasi morfologis yang dihasilkan oleh tanaman pada kondisi stress genangan (Malik *et. al.*, 2001). Akar adventif menjaga agar pasokan air dan mineral terus terpenuhi saat sistem akar basal gagal melakukannya (Mergemann and Sauter, 2008). Sistem akar utama merosot bertujuan untuk menyediakan energi bagi perkembangan sistem akar yang teradaptasi dengan baik (Dat *et. al.*, 2006).

4.1.4 Pengukuran panjang akar

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 yang 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. Pengaruh kelebihan air pada panjang akar tanaman ditunjukkan pada tabel 4.4.

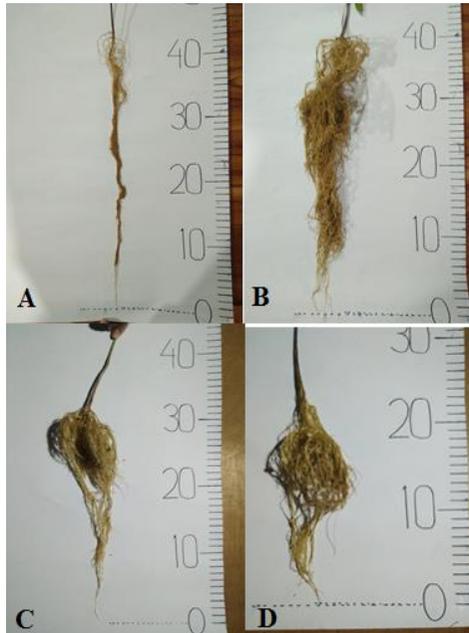
Tabel 4.4 Rata-rata Panjang Akar Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari

Konsentrasi Genangan (%)	Rata-Rata Panjang Akar (cm)
Kontrol	40.500a
100	34.200b
150	26.600c
200	22.600c

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing varietas menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA di atas, variasi konsentrasi genangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata panjang akar tanaman Kedelai varietas Grobogan. Hal ini terbukti dari hasil uji Anova yang memberikan nilai Sig. sebesar 0.000 (<0.05). Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4, semakin tinggi konsentrasi genangan akan diikuti dengan penurunan rata-rata panjang akar tanaman. Varietas tanaman yang memiliki rata-rata panjang akar terendah adalah pada konsentrasi genangan tertinggi (200%) dan rata-rata panjang akar tertinggi terdapat pada tanaman kontrol. Pada tanaman kontrol rata-rata panjang akar sebesar 40.500, sedangkan panjang akar pada tanaman dengan konsentrasi genangan 100% adalah 34.200. Tanaman dengan konsentrasi 100% menunjukkan

penurunan panjang akar. Tanaman dengan konsentrasi genangan 150% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 200%. Panjang rata-rata tanaman pada konsentrasi 150% sebesar 26.600 sedangkan pada konsentrasi 200% panjang tanaman sebesar 22.600. Kesimpulan yang didapat dari hasil tersebut bahwa semakin tinggi taraf genangan yang diberikan, maka akar semakin pendek. Tanaman yang tercekam genangan memberikan pertumbuhan yang lebih maksimal ke arah lateral, seperti yang terlihat pada gambar 4.4. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga keseimbangan tanaman agar tanaman tidak roboh akibat struktur dan posisi tanah yang jenuh air. Pertumbuhan ke arah lateral juga memudahkan tanaman untuk mendapatkan banyak suplai oksigen.



Gambar 4.3 Morfologi Panjang Akar: a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%; c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%.

Literatur yang mendukung menjelaskan bahwa 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 dan uddin, 2011). Terhambatnya pembelahan atau perpanjangan sel-sel akar ini diakibatkan oleh meningkatnya sintesis hormon etilen pada saat kondisi tergenang. Hormon etilen sendiri merupakan inhibitor sintesis hormon auksin dan hormon sitokinin. Panjang akar menurun seiring dengan meningkatnya cekaman genangan.

4.1.5 Berat basah dan berat kering

Penggenangan menyebabkan pori tanah terisi air dan jenuh air, sehingga mengakibatkan oksigen (O_2) yang tersedia menjadi terbatas. Keadaan dimana O_2 tersedia kurang dari kebutuhan tanaman (*hypoxia*) atau tidak ada sama sekali (*anoxia*) akan menghambat terhadap respirasi perakaran tanaman, sehingga terjadi respirasi secara anaerob. Hal ini sesuai dengan pendapat Salisbury dan Ross (1995) yang menyatakan bahwa tanaman pada kondisi kekurangan oksigen akan mengubah lintasan respirasi menjadi lintasan anaerob/fermentasi. Respirasi anaerob (fermentasi) kurang efisien dalam mengkonversi ADP menjadi ATP bila dibandingkan dengan respirasi aerobik. Ketersediaan energi metabolik yang terbatas ini akan menghambat beberapa proses pada tanaman diantaranya dalam pembelahan sel, serapan air, serapan ion-ion (unsur hara), translokasi fotosintat dan berbagai proses metabolisme lainnya. Apabila pembelahan sel terhambat maka proses pembesaran sel pada tanaman kedelai juga terhambat sehingga akan menekan pertambahan jumlah daun, pembesaran diameter pangkal batang, jumlah akar primer dan volume akar. Hal ini juga berlaku untuk berat kering tanaman karena berat kering tanaman merupakan akumulasi dari berat

kering tajuk dan akar tanaman, apabila berat tajuk dan akar tanaman rendah maka akan mengakibatkan berat kering menjadi rendah. Menurut Pezeshki (1994), kondisi tanah yang anaerob mengakibatkan dampak negatif bagi tanaman diantaranya gangguan pada membran sel, terhambatnya serapan hara, gangguan pada pertumbuhan, mengurangi laju fotosintesis dan dapat mengakibatkan kematian bagi tanaman

Tabel 4.5 Rata-rata Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari

Konsentrasi Genangan (%)	Berat Kering Tanaman (gram)	Berat Basah Tanaman (gram)
Kontrol	8,4900a	17,4120a
100	6,3020b	15,3560b
150	4,3480c	12,4180c
200	2,4080d	11,3980d

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing varietas menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Hasil analisis ANOVA di atas menunjukkan bahwa variasi konsentrasi genangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai berat basah dan berat kering tanaman Kedelai varietas Grobogan. Hal ini terbukti dari hasil uji Anova yang memberikan nilai Sig. sebesar 0.000 (<0.05). Tabel 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi genangan akan diikuti dengan penurunan nilai berat basah dan berat kering tanaman Kedelai. Varietas tanaman yang memiliki rata-rata berat basah dan berat kering terendah adalah pada konsentrasi genangan tertinggi (200%) dan rata-rata tertinggi terdapat pada tanaman kontrol. Tanaman kontrol menunjukkan rata-rata nilai berat basah dan berat kering yang tertinggi yaitu 17.4120 dan 8.4900. Tanaman dengan konsentrasi genangan 100% terjadi penurunan, demikian pula pada konsentrasi 150% dan 200%. Hasil yang

diperoleh tersebut telah sesuai dengan literatur yang telah dijelaskan sebelumnya.

Rendahnya energi yang dihasilkan pada proses periode tergenang, menyebabkan terhambatnya serapan air walaupun air tersedia dalam jumlah berlebihan. Ketersediaan air yang rendah ini menyebabkan laju fotosintesis tanaman juga rendah sehingga alokasi fotosintat ke organ tanaman juga rendah. Pertumbuhan vegetatif pada akar, batang, daun adalah bagian organ yang kompetitif dalam mendapatkan fotosintat. Rendahnya alokasi fotosintat ke akar, batang dan daun akan menekan pertumbuhan pada ketiga bagian tersebut sehingga penambahan jumlah daun, diameter pangkal batang, panjang akar dan volume akar serta berat kering tanaman juga terlihat lebih rendah dari kontrol (tanpa penggenangan) (Nurbaiti dkk., 2012).

Penyerapan ion-ion (unsur hara) bagi tanaman dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan secara aktif yang memerlukan energi metabolik dan pasif (difusi) tanpa memerlukan energi metabolik. Penyerapan unsur hara secara pasif menunjukkan bahwa, unsur hara dapat diserap oleh tanaman bersama-sama dengan masuknya air, apabila serapan air terhambat maka serapan unsur hara juga terhambat. Penyerapan unsur-unsur hara secara aktif menunjukkan bahwa unsur hara yang tersedia dalam bentuk kation umumnya diserap tanaman secara aktif yang memerlukan ATP. Kondisi tergenang dengan kurang tersedianya ATP menyebabkan serapan hara secara aktif juga terhambat. Terhambatnya penyerapan hara oleh tanaman juga menyebabkan proses fotosintesis dan proses metabolisme lainnya yang melibatkan unsur-unsur hara juga menurun sehingga akan menurunkan pertumbuhan tanaman yang berakibat pada penurunan berat basah dan berat kering tanaman (Nurbaiti dkk., 2012). Menurut Lakitan (2007), hambatan terhadap serapan hara berkaitan dengan kurang tersedianya ATP pada kondisi tergenang atau defisiensi oksigen. Metabolisme anaerobik kurang efisien dalam mengkonversi ADP menjadi ATP.

4.1.6 Perhitungan jumlah bunga yang terbentuk

Bunga merupakan salah satu bagian yang menarik dari tumbuhan. Bunga merupakan alat perkembangbiakan generatif, tempat terjadinya peristiwa penyerbukan dan pembuahan yang nantinya akan menghasilkan buah yang di dalamnya terdapat biji. Biji inilah yang akan tumbuh menjadi tumbuhan baru (Machin dan Scopes, 2005).

Kedelai merupakan tanaman C3 yang tidak tahan kekeringan dan penggenangan air. Kondisi air tanah yang baik untuk tanaman kedelai adalah air tanah dalam kapasitas lapang sejak tanaman tumbuh hingga polong berisi penuh kemudian kering menjelang panen (Sumarno dan Hartono, 1983). Kebutuhan air untuk kedelai setara dengan jumlah air yang dievapotranspirasikannya yaitu berkisar antara 300 – 350 mm selama pertumbuhannya (Kung, 1971; Doorenbos dan Kassam, 1979). Rosadi dan Darmaputra (1998) menyatakan bahwa tanaman kedelai yang mengalami kekurangan air tersedia sampai dengan (60 – 70%) pada fase vegetatif masih bisa dipertahankan asal segera diairi pada saat pembungaan. Kekeringan mengakibatkan produksi bahan kering komponen vegetatif tanaman berkurang, terutama pembentukan daun dan perpanjangan batang melalui pengurangan turgiditas, penundaan umur berbunga, penurunan jumlah polong dan ukuran biji (Kari dan Nuralini 1993, Boote *et. al.*, 1982).

Tabel 4.6 Rata-rata Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai Varietas Grobogan Setelah Diberi Perlakuan Cekaman Genangan Selama 14 Hari

Konsentrasi Genangan (%)	Rata-Rata Jumlah Bunga
0	44.400a
100	34.200b
150	16.600c
200	11.600c

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom masing-masing varietas menunjukkan berbeda nyata pada uji Tukey dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Hasil analisis ANOVA di atas menunjukkan bahwa, variasi konsentrasi genangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah bunga yang terbentuk pada tanaman Kedelai varietas Grobogan. Hasil uji Anova yang memberikan nilai Sig. sebesar 0.000 (<0.05) membuktikan hal tersebut. Tabel 4.6 menunjukkan bahwa, semakin tinggi konsentrasi genangan akan diikuti dengan penurunan jumlah bunga yang terbentuk. Varietas tanaman yang memiliki rata-rata jumlah bunga terendah terdapat pada konsentrasi genangan tertinggi (200%) dan rata-rata jumlah bunga tertinggi terdapat pada tanaman kontrol. Tanaman kontrol memiliki pembentukan bunga paling banyak dengan rata-rata 44.400, sedangkan ketika diberi genangan 100% jumlah bunga yang terbentuk menjadi berkurang, yaitu 34.200. Taraf genangan yang ditingkatkan menjadi 150% menghasilkan rata-rata bunga sebanyak 16.600. Tanaman dengan konsentrasi genangan 150% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi genangan 200%. Pada konsentrasi 200%, jumlah bunga yang terbentuk sebanyak 11.600.

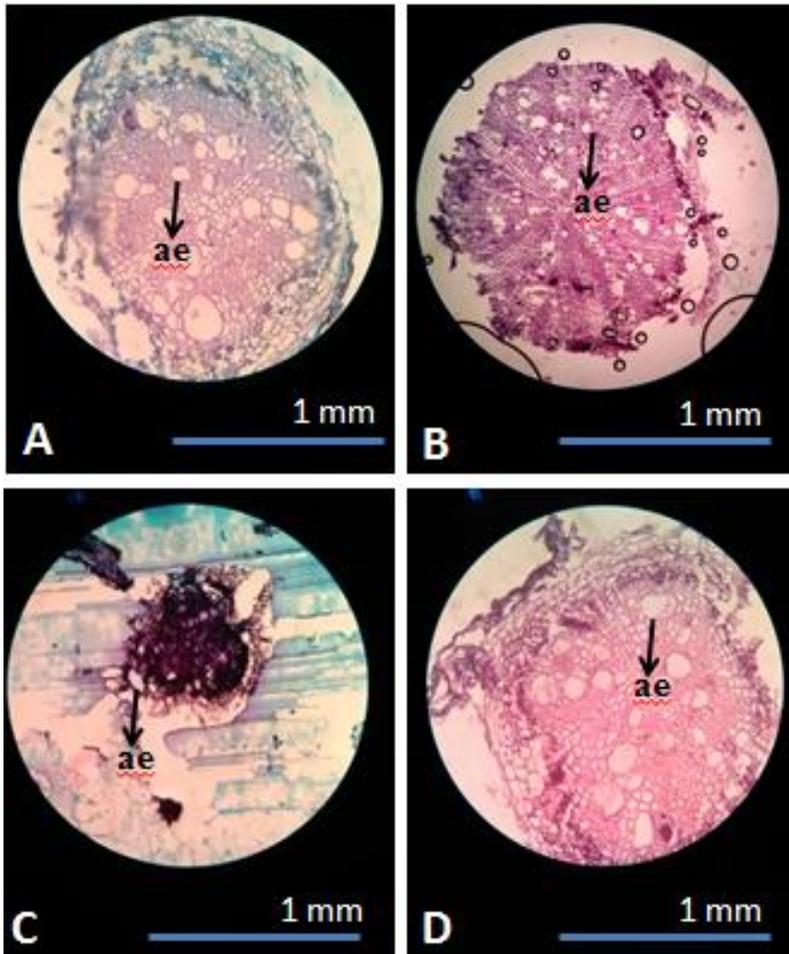
Hal ini sesuai dengan literatur yang menjelaskan bahwa cekaman air berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap tanaman. Cekaman air langsung dapat menyebabkan penurunan turgor tanaman. Tekanan turgor sangat berperan dalam menentukan ukuran tanaman, berpengaruh terhadap pembesaran dan perbanyakan sel tanaman, membuka dan menutupnya stomata, perkembangan daun, pembentukan dan perkembangan bunga (Islami dan Utomo, 1985). Secara tidak langsung hal tersebut berpengaruh terhadap proses fisiologis seperti fotosintesis, metabolisme nitrogen, absorpsi hara dan translokasi fotosintat (Salisbury dan Ross, 1985).

Kebutuhan air tanaman merupakan besaran evaporasi dan transpirasi. Tanaman kedelai membutuhkan sejumlah air setiap fase pertumbuhan dan perkembangannya. Menurut Pramono *et al.* (1993) pengaruh kekurangan air yang terjadi pada fase generatif

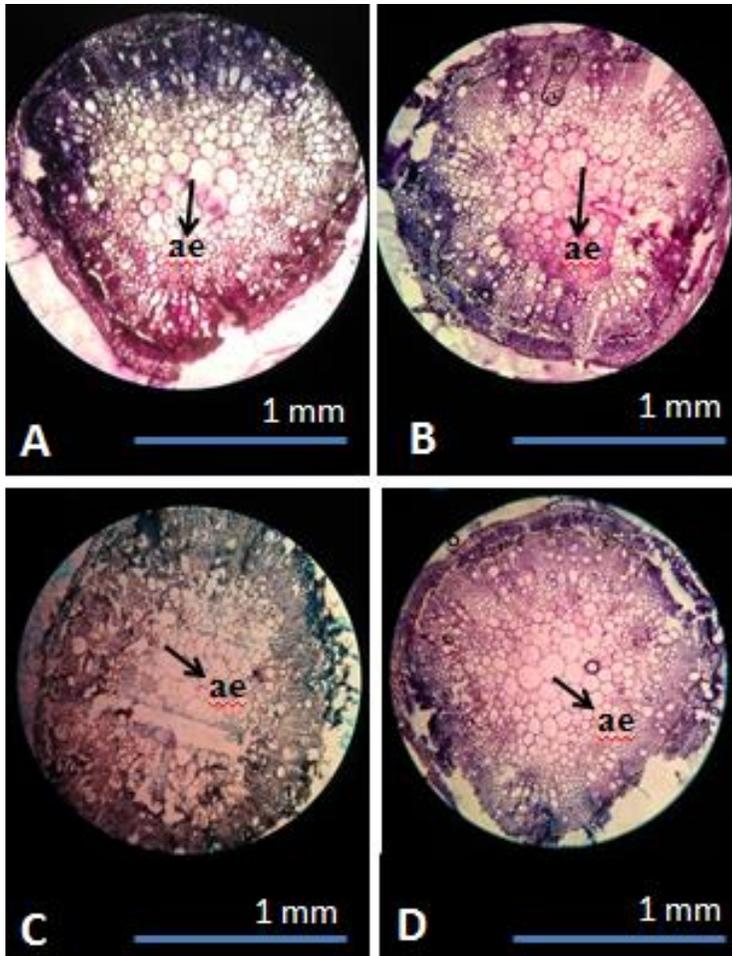
lebih menekan hasil dibandingkan bila kekurangan air yang terjadi pada fase vegetatif. Zen *et. al.* (1993) menambahkan bahwa kekurangan air pada fase pembungaan kedelai akan menyebabkan gagalnya pembentukan polong.

4.2 Pengamatan Anatomi Tanaman Kedelai Varietas Grobogan

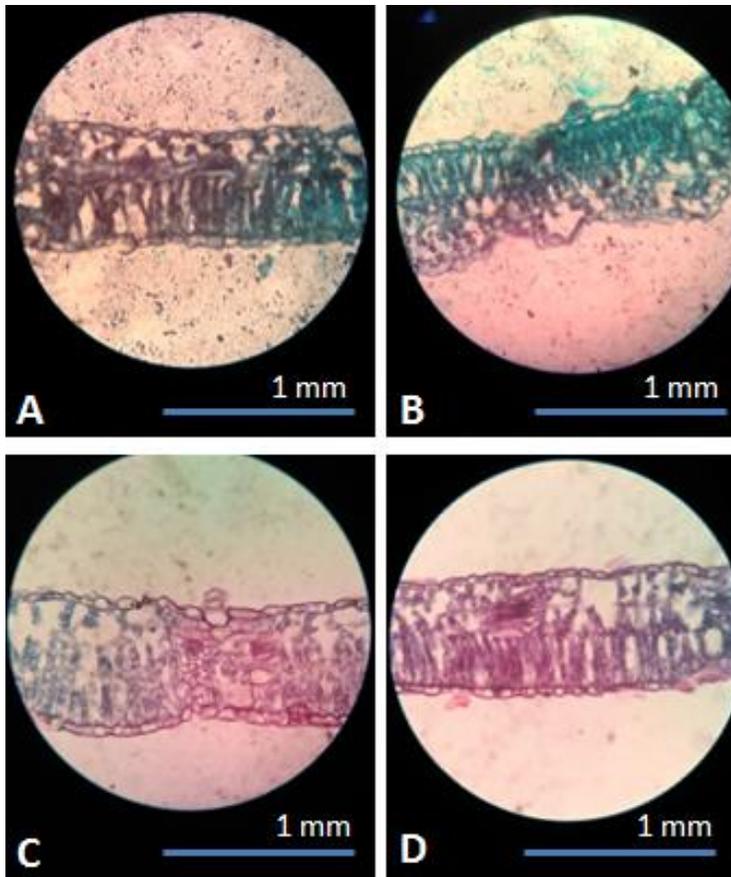
Penelitian mengenai perkembangan aerenkim tanaman kedelai varietas Grobogan pada berbagai taraf genangan diperoleh melalui sayatan melintang akar, batang dan daun. Sayatan melintang struktur anatomi akar, batang, dan daun dapat diamati pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.4 Sayatan melintang akar tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan pada Perbesaran 100X: a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%; c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%, dan ae= aerenkim.



Gambar 4.5 Sayatan melintang batang tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan pada Perbesaran 100X : a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%; c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%, dan ae= aerenkim.



Gambar 4.6 Sayatan melintang daun tanaman Kedelai setelah 14 hari genangan pada Perbesaran 100X: a. kedelai kontrol; b. kedelai dengan konsentrasi 100%; c. kedelai dengan konsentrasi 150%; d. kedelai dengan konsentrasi 200%, dan ae= aerenkim.

Pembentukan aerenkim merupakan respons adaptif pada spesies toleran genangan saja, khususnya pada spesies berkayu lahan basah (Kludze *et. al.*, 1994; Pezeshki, 1996). Peningkatan porositas dapat meningkatkan ventilasi pada bagian atas tanaman

dan pengudaraan senyawa beracun yang diproduksi di akar (misalnya, etanol dan metana) (Visser *et. al.*, 1997; Visser dan Pierik, 2007) dan/atau meningkatkan difusi longitudinal gas pada akar sehingga meningkatkan aerasi (Laan *et. al.*, 1991; Evans, 2004). Proporsi aerenkim umumnya dianggap sebagai faktor pembeda utama antara tumbuhan lahan basah dan tumbuhan bukan lahan basah (Vasellati *et. al.*, 2001).

Pengamatan aerenkim yang terdapat pada akar dan batang terlihat bahwa jumlah aerenkim meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi genangan. Tanaman dengan perlakuan kontrol, jumlah aerenkim yang terbentuk lebih sedikit jika dibandingkan dengan tanaman pada konsentrasi genangan 100%, 150%, dan 200%. Jumlah aerenkim yang terbentuk pada akar lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah yang terbentuk pada batang. Hal ini dikarenakan akar tanaman kedelai berhubungan langsung dengan lingkungan yang jenuh air, sedangkan pada bagian, hanya pangkal batang yang berbatasan dengan akar saja yang tergenang air.

Tanaman kontrol terbentuk aerenkim pada akar dan batangnya, hal ini dimungkinkan karena faktor penyiraman. Tanaman kontrol mengalami kondisi lembab meskipun penyiraman diusahakan berada pada kapasitas lapang. Pengaruh kelembapan udara dan sinar matahari juga mempengaruhi kondisi kelembapan tanah. Sinar matahari yang rendah dan kelembapan yang tinggi menyebabkan proses transpirasi menjadi berkurang sehingga penyerapan air dan unsur hara juga ikut berkurang. Air yang tidak terserap oleh tanaman akan menimbulkan kondisi lembab pada daerah perakaran. Kelembapan tanah dan sinar matahari merupakan faktor alam yang tidak dapat dikontrol pada usaha budidaya tanaman dan pertanian. Sehingga ketika proses pengamatan anatomi didapatkan bahwa tanaman kontrol terdapat aerenkim di akar dan batang tanaman.

Tanaman yang berada pada keadaan terendam (kondisi anaerob), akar dari tanaman yang terendam akan terangsang membentuk jaringan aerenkim dibandingkan dengan akar tanaman

pada lahan kering (Saab dan Sach, 1995). Aerenkim dapat terbentuk melalui dua proses secara lisogenous atau schizogenous. Aerenkim lisogenous terbentuk melalui sel yang melisis, sedangkan aerenkim schizogenous terbentuk dengan cara pemisahan sel selama pengembangan jaringan (Evans, 2003). Aerenkim dianggap sebagai salah satu adaptasi morfologi yang penting bagi tanaman untuk menghadapi stres hipoksia. Saluran aerenkim biasanya terbentuk di korteks akar, rimpang dan batang. Aerenkim berfungsi untuk meningkatkan aerasi pada jaringan akar yang terendam (Seago *et. al.*, 2005).

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa cekaman genangan yang diterapkan pada kedelai mempengaruhi morfologi kedelai. Rata-rata luas daun, panjang akar, berat basah dan berat kering serta jumlah bunga akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi genangan. Rata-rata luas daun, panjang akar, berat basah dan berat kering serta jumlah bunga masing-masing pada konsentrasi 200% adalah 73.29, 22.600, 11.398, dan 2.408. Jumlah akar adventif pada konsentrasi 0% dan 100% tidak ditemukan, namun pada konsentrasi 150% dan 200% meningkat, yaitu 13.200 dan 25.000. Tinggi tanaman berkurang seiring meningkatnya konsentrasi genangan dan menjadi rendah pada konsentrasi 200%, yaitu 96.57, namun pada tanaman kontrol tinggi tanaman sangat rendah dengan rata-rata 88.14, hal ini mungkin disebabkan karena pemberian penyiraman pada kontrol yang kurang sesuai dan faktor alam lainnya seperti intensitas cahaya matahari dan kelembapan.

Konsentrasi genangan yang diterapkan juga turut mempengaruhi anatomi kedelai. Tidak terdapat perubahan yang signifikan pada aerenkim di batang dan akar. Tanaman kontrol maupun tanaman dengan konsentrasi 100%, 150%, dan 200%, sama-sama terdapat aerenkim. Hal ini juga disebabkan karena penyiraman pada tanaman kontrol yang tidak sesuai sehingga mempengaruhi pembentukan aerenkim di akar dan batang. Pembentukan aerenkim pada daun tidak terjadi karena daun tanaman tidak terendam air secara langsung.

4.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan agar penelitian yang dilakukan selanjutnya dapat memperoleh hasil maksimal yakni perlindungan tanaman kedelai dari hama atau gulma yang akan

mempengaruhi pertumbuhan tanaman, pengambilan sampel penelitian untuk tahapan anatomi lebih banyak sehingga terdapat cadangan sampel jika terjadi kesalahan atau faktor lain yang menyebabkan pengulangan proses analisis, persiapan bahan dan alat penelitian sebelum memulai tahapan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1989. **Kedelai**. Yogyakarta : Kanisius.
- Adie, M.M. 1997. **Pembentukan varietas unggul kedelai**. Laporan Teknis 1997. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-umbian.
- Adisarwanto, T. 2005. **Kedelai**. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Adisarwanto. 2006. **Budidaya Dengan Pemupukan Yang Efektif dan Pengoptimalan Peran Bintil Akar Kedelai**. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Adisarwanto, T., dan Suhartina. 2001. Tanggap Beberapa Varietas Kedelai Terhadap Kondisi Tanah Jenuh Air. **Penelitian Pertanian** 20: 88-94.
- Adisarwanto, T dan Wudianto, R., 2008. **Meningkatkan Hasil Panen Kedelai**. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Agung, T dan A. Y. Rahayu. 2004. Analisis Efisiensi Serapan N, Pertumbuhan, dan Hasil Beberapa Kultivar Kedelai Unggul Baru dengan Cekaman Kekeringan dan Pemberian Pupuk Hayati. **Agrosains**. Vol 6 (2) : 70-74, Semarang.
- Amzeri, A. 2009. Penampilan Lima kultivar jagung Madura. **Agrovigor**. Vol 2 nomor 1.
- Anderson, JW, Johnstone, BM, Cook-Newell, 1995. ME. Meta-Analysis of the effect of soy protein intake on serum lipids. **N Engl J Med**. 333: 276-282.
- Anderson, R.L., Rackis, J.J. and Tallent, W.H. 1997. **Biologically active substances in soy products**. In Soy Protein and

- Human Nutrition. H.L. Wilcke, D.T. Hopkins and D.H. Waggle, eds. Academic Press, N.Y.
- Angka SL, I. Mokoginta, and H. Hamid. 1990. Anatomi dan Histologi beberapa Ikan Air Tawar yang Dibudidayakan di Indonesia. Depdikbud, Dikti. IPB. Bogor.
- Armstrong W. 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7: 225-332.
- Balitkabi. 2005. **Deskripsi Varietas Unggul Kacang-Kacangan dan Ubi-Umbian**. Malang.
- Balitkabi. 2012. **Varietas Unggul Baru Kedelai Toleran Kekeringan**. <<http://balitkabi.litbang.deptan.go.id/>> [10 Nopember 2013].
- Bank Pengetahuan Tanaman Pangan Indonesia. 2010. **Informasi Ringkas Bank Pengetahuan Tanaman Pangan Indonesia 2010**. <<http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/>> [10 Desember 2012].
- Bacanamwo, M. and L.C. Purcell. 1999. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. *Crop Sci.* 39: 143–149.
- Berlyn, G. P. and Miksche, J. P. 1976. *Botanical Microtechnique And Cytochemistry*. Iowa: Iowa State University Press
- BMKG. 2013. Rapat pembahasan prakiraan musim hujan 2013/14 dengan instansi terkait. **Bahan presentasi BMKG tentang prakiraan awal Musim Hujan 2013/2014**. Jakarta: BMKG.
- Boote, J.R., Stansell, A.M. Schuber, and J. F. Stone, 1982. Irrigation, water use and water relations. p. 164-205. In:

H.E. Patte and C.T. Young (Eds.) Peanut Science and Technology. APPRES, Texas, USA.

- Boru, G., T.T. Van Toai, J. Alves, D. Hua, and M. Knee. 2003. Response of soybean to oxygen deficiency and elevated root-zone carbon dioxide concentration. **Annals Bot.** 91(4): 447-453.
- Budi, D.S. 2000. Toleransi Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) terhadap Genangan Air 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**. Jakarta : Direktorat Teknologi Lingkungan.
- Budiastuti, M. S. 2000. **Penggunaan Triokontanol dan Jarak Tanam Pada Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*)**. <<http://www.iptek.net.id>> [20 Maret 2010].
- 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.
- Colmer, T.D. 2003. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deepwater rice (*Oryza sativa* L.). **Annals of Botany**, vol. 91. <<http://aob.oxfordjournals.org>> [21 Maret 2015],
- Colmer T.D. 2003. Long-distance transport of gasses in plants: A Perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. *Plant, Cell & Environment*,26: 17–36.

- 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/>> [28 January 2009].
- Cook, F. J. , Knight, J. H. 2003. Oxygen transport to plant roots: Modeling for physical understanding of soil aeration. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, 67: 20-31.
- Cormack D.H. 1992. Ham Histologi.Edisi ke-9. Tambajong J, Penerjemah; Jakarta : Binarupa Aksara. Terjemahan dari : Ham's Histologi
- Damardjati, Dj. S., Marwoto, D.K.S Swastika, D.M. Arsyad, Y. Hilman. 2005. Prospek Dan Arah Pengembangan Agribisnis Kedelai. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Dat, J.F., Capelli, N., Folzer, N., Bourgeade, P. & Pierre-Marie Badot. 2004. Sensing and signalling during plant feeding. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42: 273–282. doi:10.1016/j.plaphy.2004.02.003.
- 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.
- Deptan. 2013. **Sumatera Utara Mendukung Swasembada Kedelai**. <<http://balitkabi.litbang.deptan.go.id/>> [26 Febuari 2014].
- Dewi, O. R., A. Pitoyo, dan E. Anggarwulan. 2004. Pertumbuhan dan Struktur Anatomi Daun Dua Varietas Ganyong (*Canna edulis*) pada Ketersediaan Air yang Berbeda. **Bioteknologi**, 11 (1): 5-10.

- Doorenbos, J. & A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No.33 Roma.FAO. 144 p
- Evans. D. E. 2003. Aerenchyma formation. *New Phytol.* 161: 35–49.
- Fachruddin L. 2000. *Budidaya Kacang Kacangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Felle, H.H. 2010. pH Signalling during Anoxia. In Mancuso, S. & Shabala, S. (Eds). *Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p79-97.
- Geneser F. 1994. *Buku Teks Histologi*. Gunawijaya A, Kartawiguna E, Arkeman H, penerjemah. Jakarta: Binarupa Aksara. Terjemahan dari: *Histology*.
- Ghozali, Imam, 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*, Edisi, Keempat, Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ghulamadi Munif, Aziz Arifin Sandra, Melati Maya, Dewi Nurwita, dan Rais Astuti Sri. 2006. Aktifitas Nitrogenase, Hara dan Pertumbuhan Dua varietas Kedelai pada Kondisi Jenuh Air dan Kering. *Buletin Agronomi* (34) (1) 32-38.
- Gibbs W.J. 1987. Defining Climate. **WMO Bulletin**, 36, Oktober, 87.
- Ginting, T., Raga, H., Sutarto, Y. 2011. Analisis Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glicine max* (L) Merrill) Akibat Tingkat dan Waktu Penggenangan yang Berbeda pada Tanah Vertisol Sawah
- Gunawardena, A., D.M. Pearce, M.B. Jackson, C.R. Hawes, and D.E. Evans. 2001. Characterisation of programmed cell

- death during aerenchyma formation induced by ethylene or hypoxia in roots of maize (*Zea mays* L.). *Planta* 212: 205–214.
- Gunho, J., M. Toshinori, O. Yukihiro, and K. Makie. 2008. Effect of waterlogging on nitrogen fixation and photosynthesis in supernodulating soybean cultivar kanto 100. **Plant Prod. Sci.** (11): 291–297.
- Hakim, N.; M.Y. Nyakpa; A.M. Lubis; S.G. Nugroho; M.R. Saul; M.A. Diha; G.b. Hong dan H.H. Bailey. 1986. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah**. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Harjanti, R.A., Tohari, Utami, S. N. H. 2014. Pengaruh takaran pupuk nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan awal (*Saccharum officinarum* L.) pada inceptisol. *Vegetalika* 3: 35 – 44.
- Heddy, S. 1987. Ekofisiologi pertanian, suatu tinjauan aspek fisik lingkungan pertanian. Sinar Surya Baru. Bandung.
- Heddy, S. 1987. Ekofisiologi pertanian, suatu tinjauan aspek fisik lingkungan pertanian. Sinar Surya Baru. Bandung.
- Henshaw, T.L, R.A., Gilbert, J.M.S. Scholberg, and T.R. Sinclair. 2007. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotype response to early-season flooding: I root and nodule development. **Journal Agronomy and Crop Science**. 193(3): 177–178.
- 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

- Herdiawan, 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.
- Heriyanto 2004. Tingkat Adopsi dan Penyebaran Varietas Unggul Kedelai di Jawa Timur. Dalam A.K. Makarim, Marwoto, M.M. Adie, A.A. Rahmianna, Heriyanto, I.K. Tastra (Penyunting). **Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian**. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Hidayat, EB. 1995. **Anatomi Tumbuhan Berbiji**. Bandung : Penerbit ITB.
- Hidayati, Rini. 2001. Masalah Perubahan Iklim di Indonesia Beberapa Contoh Kasus. **Disertasi**. Bogor: Program Pendidikan Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hou, F.F. and F.S. Thseng. 1991. Studies on the flooding tolerance of soybean seed: varietal differences. **Euphytica** 57: 169–173.
- Hou, F.F., F.S. Thseng, S.T. Wu, and K. Takeda. 1995. Varietal Differences and Diallel Analysis of Pre-germination Flooding Tolerance in Soybean Seed. **Bulletin Research Institute of Bioresource Okayama University** 3: 35–41.
- Insalud, N., Bell, R.W., Colmer, T.D. & Rerkasem, B. 2006. Morphological and Physiological Responses of Rice (*Oryza sativa*) to Limited Phosphorus Supply in Aerated and Stagnant Solution Culture. *Annals of Botany*. 98: 995-1004. doi:10.1093/aob/mcl194

- IPCC. 2001. Climate Change, **The Scientific Basis : contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell dan C.A. Johnson (eds)], Cambridge and New York : Cambridge University Press.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press.
- Jackson, M.B. & P.C. Ram. 2003. Physiological and Molecular Basis Susceptibility and Tolerance of Rice Plants to Complete Submergence. *Annals of Botany*. 91: 227-241. doi:10.1093/aob/mcf242
- Jackson, M.B. & Colmer, T.D. 2005. Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. *Annals of Botany*. 96: 501–505.
- Kari, Z. A. dan Nuralini, 1993. Pengaruh populasi tanaman dan pengairan terhadap hasil kacang tanah pada musim kemarau. *Ris.Seminar Balittan Sukarami II*. p. 96-103.
- Kawano, N., Ella, E., Ito, O., Yamauchi, Y., and Tanaka, K. 2002. Metabolic changes in rice seedlings with different submergence tolerance after desubmergence. *Environmental and Experimental Botany*. 47:195–203
- Kementrian Lingkungan hidup Indonesia. 2002. **Status Lingkungan Hidup Indonesia**.
- Kiernan. 1990. *Histological and Histochemical Methods*. Oxford: Pergamon Pr.
- Komariah, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan S. Djakasutami. 2004. Hubungan antara aktivitas nitrat reduktase, kadar N

total, dan karakter penting lainnya dengan toleransi tanaman kedelai terhadap genangan. **Zuriat** 15(2): 163–169.

Kozlowski T.T, P.J Kramer and S.G Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, San Diego.

Kramer, P. J. 1972. *Plant and soil water relationship. A Modern Synthesis*. Reprinted in India Arrangement With Mc Graw Hill Inc. New York. 428 p.

Kung, P. 1971. **Irrigation Agronomy in Monsoon Asia**. New York : FAO – AGPC Misc.

Lakitan, B. 1997. *Fisiologi Tanaman Pada Kondisi Rizosfer Kekurangan Oksigen*. Universitas Sriwijaya.

Lamina, 1989. **Kedelai dan Pengolahannya**. Jakarta: Simpleks.

Lee, J.E., H.S. Kim, W.H Kim, Park Sei-Joon, Y.U. Kwon, and J.K. Kim. 2004. Identification of Physiological Indicators for Establishing Screening Techniques Related to Tolerance of Excess Water in Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *New Directions for a Diverse Planet. Proceeding of the Fourth International Crop Science Congress held in Brisbane*. Australia, 26 September - 1 Oktober 2004.

Lersten, N.R., Carlson, J.B., 1987. Vegetative morphology. In: Wilcox, J.R. (Ed.), *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, 2nd ed. **American Society of Agronomy, Madison**, pp. 49–94.

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.

- Machin, B., Scopes, N. 1978. *Chrysanthemums Year-Round Growing*. Blandford Press. London.
- Muhadjir, F. 1988. Karakteristik tanaman jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Mochizuki, T., Takahashi, U., Shimamura, S., Fukuyama, M., 2000. Secondary aerenchyma formation in hypocotyl in summer leguminous crops. *Jpn. J. Crop Sci.* 69, 69–73.
- Morita, S., J. Abe, S. Furubayashi, A. Lux, and R. Tajima. 2004. Effect of Waterlogging on Root System of Soybean. New Directions for a Diverse Planet. **Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane**. Australia, 26 September - 1 October 2004. <<http://www.cropscience.org.au/>> [13 March 2010].
- Naeve, S. 2002. Flooded fields and soybean survival. MCCN80. <<http://www.plpa.agri.umm.edu/>> [28 January 2009].
- Naibonat, Kupang Timur. Laporan Penelitian Dosen Muda. Fakultas Pertanian, Universitas PGRI NTT.
- Najiyati, S. dan Danarti. 1999. **Palawija Budidaya dan Analisa Usaha Tani**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ningsih, A., Mansyurdin, T. Maideliza. 2015. Perkembangan Aerenkim Akar Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* Forsk). **Al-Kauniyah Jurnal Biologi**, 9(1), 2016, 37-43.
- 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/>> [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.
- Nurrahman. 2015. Evaluasi Komposisi Zat Gizi dan Senyawa Antioksidan Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning. **Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan** 4(3).
- 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.
- Pankhurst, C.E., Sprent, J.I. 1975. Surface features of soybean root nodules. *Protoplasma.* 85, 85–98.
- Pezeshki S.R. 1994. Responses of Baldcypress Seedlings to Hypoxia: Leaf protein content, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity and photosynthesis. *Photosynthetica.* 30:59-68.
- Praba, M.L., Cairns J.E., Babu R.C., Lafitte H.R. 2009. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. *J. Agro Crop Sci.* 195 : 30-46
- Pramono, E., Ratresni, M. Kamal dan N. Nurmauli. 1993. Evaluasi daya tahan kering berbagai genotipe kedelai (*Glycine max*(L.) Merr) melalui uji percobaan dan pertumbuhan vegetatif. *J. Peng. Pengh. Wil. Lahan Kering* 12; 28 – 38.

- Ponnamperuma, F.N., 1972. **The chemistry of submerged soil.**
In: Brady NC ed. *Advances in Agronomy*. Academic Press Inc.
Inc.
- Purwanti. S. 2004. **Kajian Ruang Simpan Terhadap Kualitas Benih Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning**
<<http://agrisci.ugm.ac.id/>> [15 November 2013].
- Rachmawati, D. dan Retnaningrum, E. 2013. Pengaruh tinggi dan lama penggenangan terhadap pertumbuhan padi kultivar sinatur dan dinamika populasi rhizobakteri pemfिकास nitrogen non simbiosis. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 15: 117-125.
- Rakhman, A.M dan D. Tambas. 1986. **Pengaruh Inokulasi Rhizobium japonicum Frank., Pemupukan Molibdenum dan Kobalt terhadap Produksi dan Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai pada Tanah Podsolik Plintik.** Palembang: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Rhine, M.D. 2006. Reaction of Soybean Cultivars to Waterlogged Soil. **Tesis.** Columbia : Electronic Thesis and Dissertation Archives, University Missouri. <<http://edt.missouri.edu/>> [2 February 2009].
- Riche, C.J. 2004. Identification of Soybean Cultivars Tolerance to Waterlogging Through Analyses of Leaf Nitrogen Concentration. **Tesis dan Disertasi.** Louisiana State University Electronic. <<http://etd.lsu.edu/docs/>> [20 January 2009].
- Riche, J. T. 1980. Climate and soil water, In moving up the yield curve. *advance and obstacle*, Spec. Publ. No. 39. p: 1-23.

- 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.
- Rosadi, R.A.B. dan I.G. Darmaputra.1998. Pengaruh Irigasi Defisit pada fase Vegetatif Terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Kebutuhan Air Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.)Merr). J. Tanah Tropika 6: 75 – 82.
- Ruzin, S.E., 2006, **Plant Microtechnique and Microscopy**, Oxford. New York: University Press.
- Saab, I.N., and M.M. Sachs. 1995. A flooding-induced xyloglucan endotransglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma. Plant Physiol. 112: 385–391.
- Sass JE. 1951. Botanical Microtechnique. Iowa: The Iowa State College Press.
- Safrizal, Santosa, E., dan Bakhtiar. 2008. Pengaruh penggenangan terhadap pertumbuhan vegetatif cabai. J. Floratek 3: 61 – 67
- Sahuri dan M.Ghulamahdi. 2014. Pola Serapan Hara dan Produksi Kedelai dengan Budidaya Jenuh Air di Lahan Rawa Pasang Surut. **Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014**. Palembang, 26-27 September 2014.
- Salantur, A., Ozturk, A. & Akten, A., 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil Environment, 52 (3): 111–118.

- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 1985. *Plant Physiology*. Third Edition. Wadsworth Publishing Company Inc., Belmont, California. 540 p.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Terjemahan Dian Rukmana dan Sumaryono. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sairam, R.K., D. Kumutha, and K. Ezhilmathi. 2009. Waterlogging tolerance: nonsymbiotic haemoglobin-nitric oxide homeostasis and antioxidants. **Curr. Sci.** 96(5): 674–682.
- Sastrohadinoto S, Hartono R, Sikar S, Soegiri N, Sukra J. 1973. *Makro dan Mikroteknik Bidang Zoologi*. Biro Penataran, Institut Pertanian Bogor.
- Seago, J. L. Jr., L. C. marsh, K. J. Stevens, A. Soukup, O. Votrubova and D. E. Enstone. 2005. A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. *Annals of Botany* 96: 565–579.
- Setyorini, D. & Abdulrachman, S. 2008. *Pengelolaan Hara Mineral Tanaman Padi*. In *Padi-Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan* Buku I. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Syafrezani, Sampaguita. 2009. **Manfaat Tumbuhan Bunga Penghias Pekarangan**. Bandung: Titian Ilmu.
- Safrizal, Santosa, E., dan Bakhtiar. 2008. Pengaruh penggenangan terhadap pertumbuhan vegetatif cabai. *J. Floratek* 3: 61 – 67
- Sarihan EO, Ipek A, Khawar KM, Atak M, dan Gurbuz B, 2005. Role of GA3 and KNO3 in improving the frequency of seed

- germination in *plantago lanceolata* L., Pak. **J. Bot.**, 37(4): 883–887.
- Sasmitamihardja, D. and A.H. Siregar. 1996. **Fisiologi Tumbuhan. Proyek Pendidikan Akademik Dirjen Dikti.** Depdikbud. Bandung. pp 253-281.
- Sass, E. 1958. **Botanical Microtechnique.** Third Edition. Iowa: The Iowa State University Press.
- 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.**
- Shannon, R.D., J.R. White, J.E. Lawson and B.S. Gilmour. 1996. Methane efflux from emergent vegetation in peatlands. **Journal of Ecology** 84: 239–246.
- 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.
- Shimamura, S., Yoshida, S. & Mochizuki, T. 2007. Cortical Aerenchyma Formation in Hypocotyl and Adventitious Roots of *Luffa cylindrica* Subjected to Soil Flooding. **Annals of Botany.** 100 (7):1431-1439. doi:10.1093/aob/mcm239

- Simopoulos AP. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **Am J Clin Nutr.** 54: 438-463.
- Sirappa, M. P. dan A. N. Susanto. 2008. Pengembangan tanaman kacang-kacangan pada lahan sawah irigasi di pulau buru, maluku. **Jurnal Budidaya Pertanian**,4(1) : 64-72
- Sitompul, S.M dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press.Yogyakarta.
- Slavin, J.1991. Nutritional benefits of soy protein and soy fiber. **J Am Diet Assoc.** 91: 816-819.
- Sudaryono, A. Taufik, dan A. Wijanarko. 2007. **Peluang Peningkatan Produksi Kedelai di Indonesia. Dalam Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangannya.** Sumarno, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim (Ed.). Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sullivan. M., T.T. Van Toai, N. Fausey, J.Beuerlein, R. Parkinson, and A. Soboyejo. 2001. Evaluating on-farm flooding impacts on soybean. **Crop Sci.** 41: 93–100.
- Sumarno dan Hartono. 1983. **Pedoman Bercocok Tanam Kedelai.** Bogor : Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Sutoro, I. Somodireja, dan S. Tirtoutomo. 1989. Pengaruh cekaman air dan reaksi pemuliaan tanaman jagung dan sorgum pada fase pertumbuhan vegetatif. *Penelitian pertanian* 9(4): 148: 151.
- Van Toai, T.T., A.F. Beuerlein, S.K. Scjimitthenner, 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.
- VanToai, T.T., T.T.C Hoa, N.T.N. Hue, H. Nguyen, J.G. Shannon, and B. Bishop. 2007. Diversity in tolerance of soybean (*Glycine max* L. Merr.) germplasm to soil water logging. **Paper presented at International Annual Meetings**, New Orleans, Louisiana, 4–8 November 2007.
- World Climate Conference, 1979. a conference of experts on climate. **Proceedings World Climate Conference.** Geneva, 12-23 Februari.
- Widyawati, W. 2008. Kajian perkembangan varietas unggul dan perbenihan kedelai (*Glycine max* (L) Merr.). **Tesis.** Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Whigham, D.K. and H.C. Minor. 1978. **Agronomic characteristics and environmental stress**, p. 77-1 18. In Norman, A.G. (ed.). *Soybean physiology, agronomy, and utilization.* New York: Academic Press.
- Vasellati, V., Oesterheld, M., Medan, D. & Loreti, J. 2001. Effects of Flooding and Drought on the Anatomy of *Paspalum dilatatum*. *Annals of Botany*, 88(3): 355-360. doi:10.1006/anbo.2001.1469
- 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
- Yamamoto F, T. Sakata dan K. Terazawa. 1995. Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus*

mandshurica seedlings to flooding. *Tree Physiol.* 15:713-719.

Zen, I., M. Kamal, M.S. Hadi dan E. Pramono. 1993. Tanggapan beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) terhadap jumlah pemberian air. *J. Pen. Pengemb. Wil Kering* 12 : 56 – 61.

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

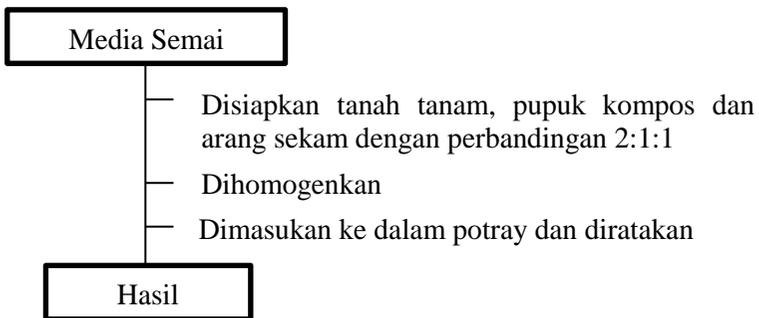
Umur berbunga (hari) : 30-32
Umur Masak (hari) : ± 76
Tinggi Tanaman (cm) : 50-60
Berat 100 Biji (g) : ± 18
Rata-rata hasil (t/ha) : 2,77
Potensi Hasil (t/ha) : 3,40

Kandungan Nutrisi

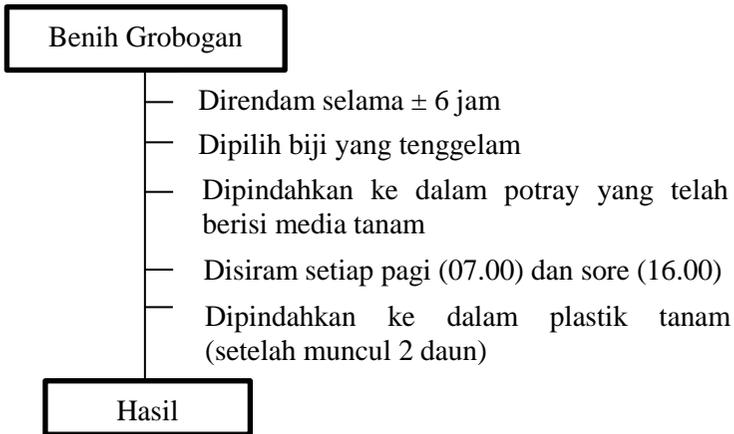
Protein (%) : 43,9
Lemak (%) : 18,4
Daerah Sebaran : Beradaptasi baik pada beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang

	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	: Suhartina, M. Muchlish Adie
Peneliti	: 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

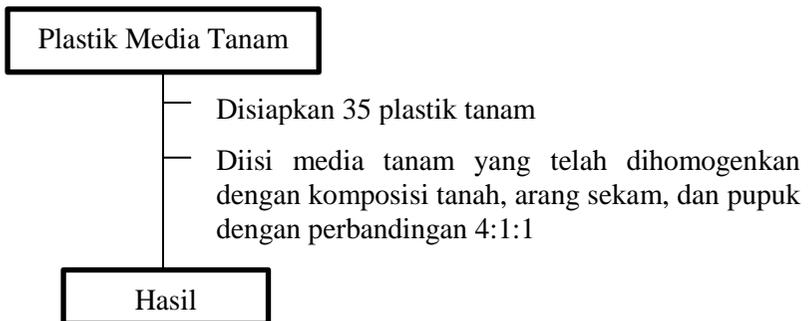
Lampiran 2. Skema Kerja Pembuatan Media Semai



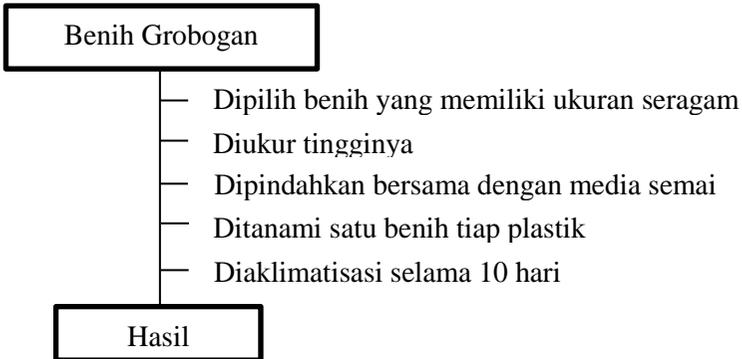
Lampiran 3. Skema Kerja Persiapan Benih



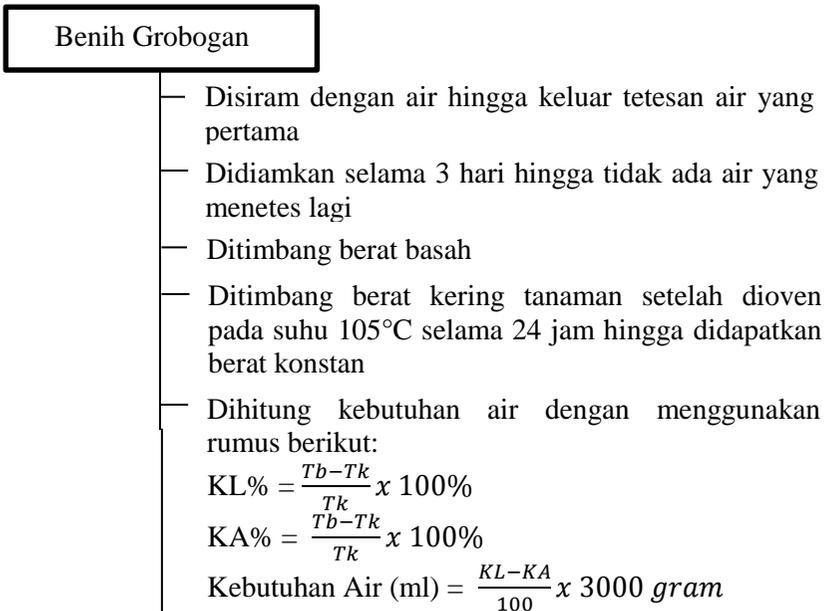
Lampiran 4. Skema Kerja Persiapan Media Tanam

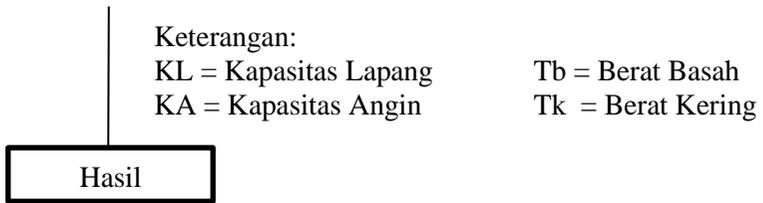


Lampiran 5. Skema Aklimatisasi Bibit pada Media Tanam/ Media Seleksi

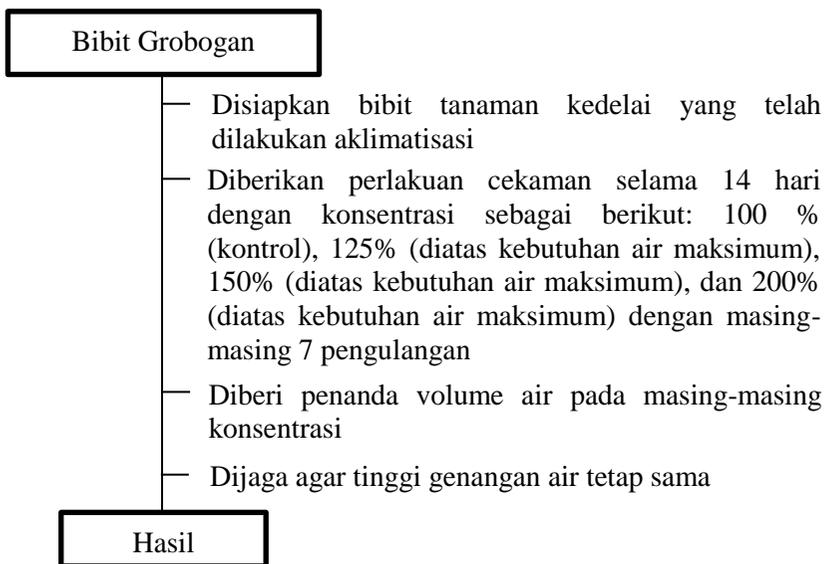


Lampiran 6. Skema Pengukuran Kapasitas Lapang

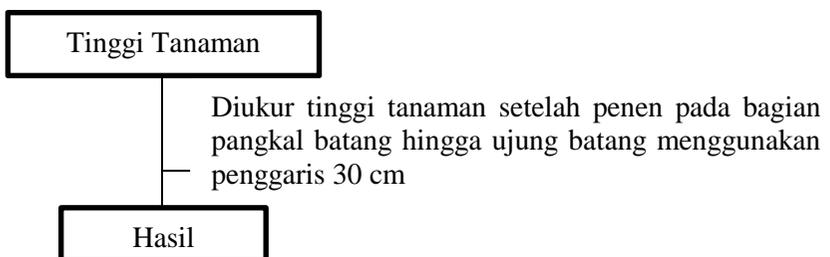


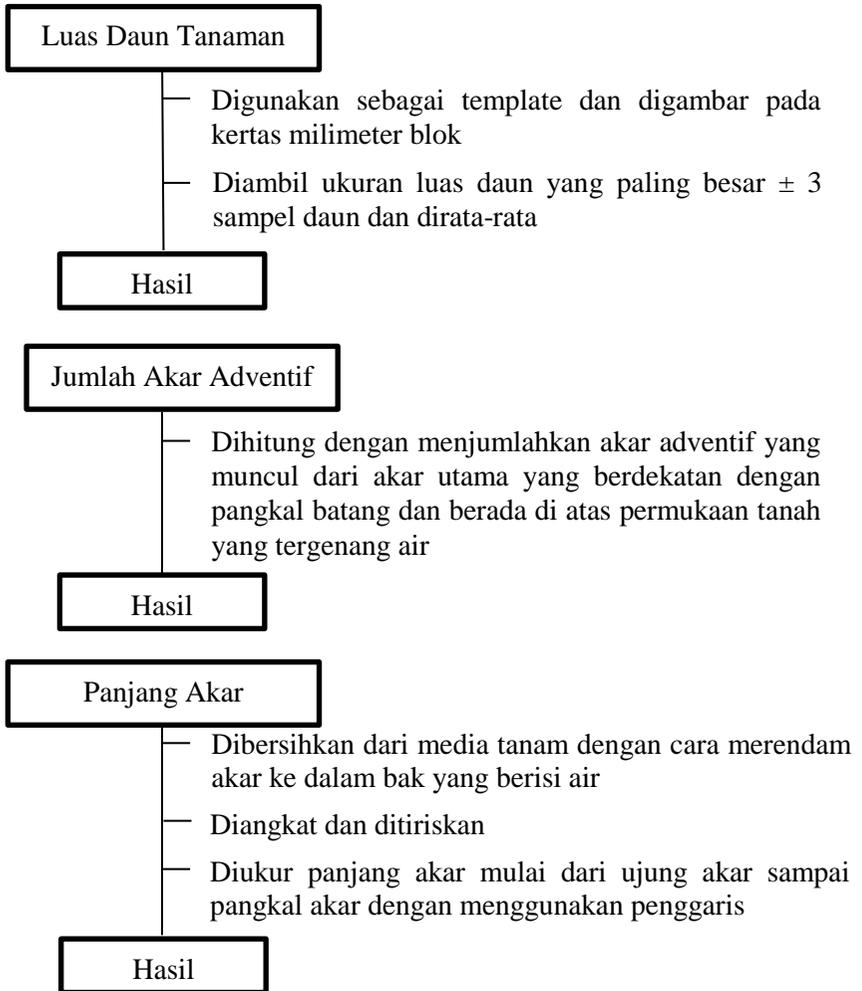


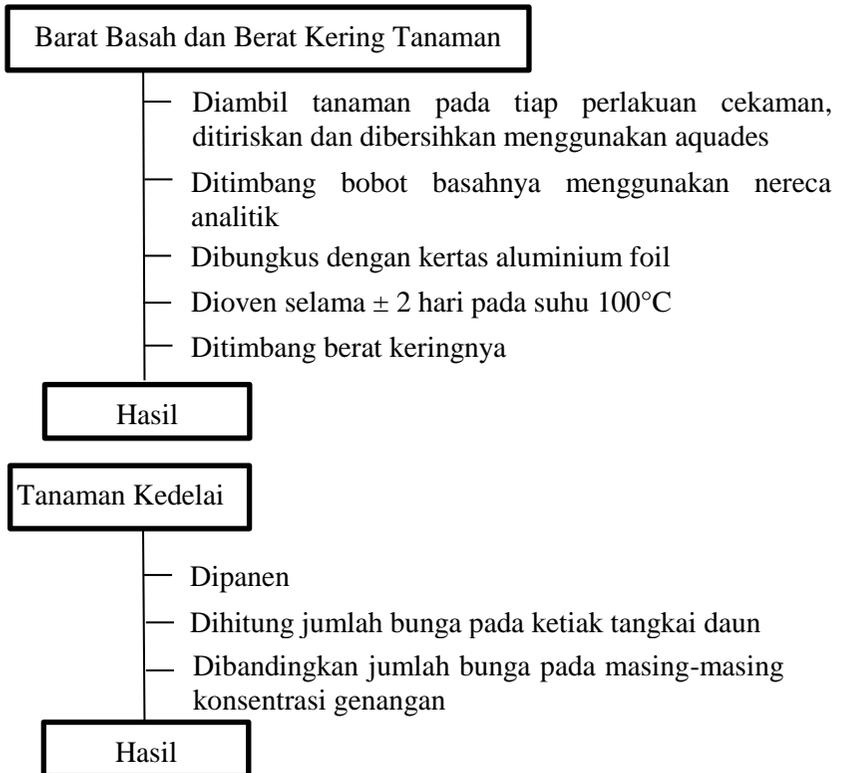
Lampiran 7. Skema Kerja Perlakuan Cekaman Genangan



Lampiran 8. Skema Kerja Pengamatan Morfologi







Lampiran 9. Pengamatan Anatomi Tanaman

1. Sampel difiksasi dengan FAA
2. Sampel dipindahkan ke dalam alkohol 50%
3. Sampel didehidrasi dengan alkohol bertingkat (50%, 60%, 70%, 80%, 96%, dan alkohol absolut masing-masing 30 menit
4. Sampel dimasukkan ke dalam larutan dehidran (dehidran I, II, III, IV) masing-masing 8 jam

5. Sampel dimasukkan dalam paraplas dehiran IV dengan perbandingan 1:1 pada suhu kamar 8 jam lalu dioven 58°C semalaman
6. Sampel dioven 58°C dalam paraplas murni 3x24 jam
7. Embedding pada cawan petri yang diolesi gliserin
8. Sectioning sampel pada objek glass yang diolesi albumin
9. Affixing sampel
10. Proses staining sampel yang meliputi:
 - Xylol murni selama 2x10 menit
 - Alkohol absolut: xylol (1:1) selama 5 menit
 - Alkohol absolut selama 5 menit
 - Alkohol 96% selama 5 menit
 - Alkohol 80% selama 5 menit
 - Alkohol 70% selama 5 menit
 - Alkohol 60% selama 5 menit
 - Alkohol 50% selama 5 menit
 - Alkohol 30% selama 5 menit
 - Pewarnan dengan safranin 2% selama 48 jam
 - Sampel dibilas dengan aquades
 - Alkohol 30% selama 5 menit
 - Alkohol 50% selama 5 menit
 - Alkohol 60% selama 5 menit
 - Alkohol 70% selama 5 menit
 - Alkohol 80% selama 5 menit
 - Alkohol 96% selama 5 menit
 - Sampel diwarnai dengan menggunakan fast green 0.5% selama 3 detik
 - Alkohol 96% selama 5 menit
 - Alkohol absolut : xylol (1:1) selama 5 menit
 - Xylol murni selama 5 menit

- Mounting sampel dengan menggunakan entellan
- Pengamatan dengan menggunakan mikroskop
- Sampel didokumentasi dengan menggunakan kamera

Lampiran 10. Perhitungan Kapasitas Lapang Tanah

Berat awal media tanam	: 3000 gr
Berat basah media tanam (Tb)	: 40 gr
Berat kering media tanam (Tk)	: 27 gr
Kapasitas Lapang (W)	: $\frac{Tb-Tk}{Tk} \times 100\%$

Keterangan :

W = Kapasitas Lapang

Tb = Berat Basah

Tk = Berat Kering

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

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

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

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) 150% diatas kapasitas lapang : 2160 ml
 d) 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 3000 gr : 1440 ml
 100% kapasitas lapang : 1440 ml
 150% diatas kapasitas lapang : 2160 ml – 1440 ml
 : 1,8 cm (di atas permukaan media tanam)
 200% diatas kapasitas lapang : 2880 ml – 1440 ml
 : 2,16 cm (di atas permukaan media tanam)

Lampiran 11. Gambar Pengamatan Tanaman Kedelai terhadap Cekaman Genangan



Semai Tanaman Kedelai



Tanaman Kedelai dua daun



Pembuatan Media Tanam



Pemberian Konsentrasi Genangan



Pengukuran Luas Daun



Penimbangan Berat Basah



Pengukuran Panjang Akar



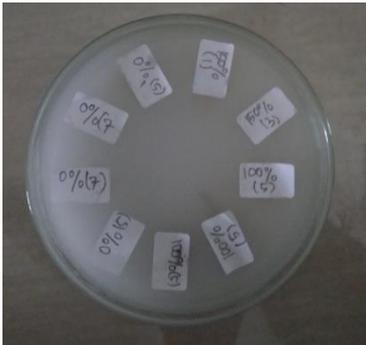
Pengukuran Tinggi Tanaman



FAA selama 24 Jam



Pemberian Parafin Murni



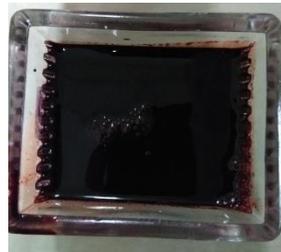
Pembuatan Blok Parafin



Pemotongan Parafin dengan Mikrotom Putar



Proses Pemberian Alkohol Bertingkat Pra Staining



Pewarnaan dengan Safranin

Lampiran 12. Hasil ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: Tinggi Tanaman versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	3	7092	2364	6.44	0.002
Error	24	8817	367		
Total	27	15909			

S = 19.17 R-Sq = 44.58% R-Sq(adj) = 37.65%

Lampiran 13. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
100	7	124.86	A
150	7	122.29	A B
200	7	96.57	B C
0	7	88.14	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 14. Hasil Uji ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Luas Daun Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: luas daun versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F
Konsentrasi	3	338468	112823	20.50
Error	16	88060	5504	
Total	19	426528		

S = 74.19 R-Sq = 79.35% R-Sq(adj) = 75.48%

Lampiran 15. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Pertambahan Luas Daun Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
0	5	401.24	A
100	5	344.70	A
150	5	181.99	B
200	5	73.29	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 16. Hasil Uji ANOVA One Way Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Akar Adventif yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: Jumlah akar adventif versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F
P				
Konsentrasi	3	1996.15	665.38	105.62
Error	16	100.80	6.30	
Total	19	2096.95		
S = 2.510 R-Sq = 95.19% R-Sq(adj) = 94.29%				

Lampiran 17. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Akar Adventif yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
200	5	25.000	A

150	5	13.200	B
100	5	2.000	C
0	5	0.000	C

Lampiran 18. Hasil Uji ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Panjang Akar Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: Panjang Akar versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F
P				
Konsentrasi	3	952.04	317.35	57.57
0.000				
Error	16	88.20	5.51	
Total	19	1040.24		
S = 2.348	R-Sq = 91.52%	R-Sq(adj) = 89.93%		

Lampiran 19. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Panjang Akar Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
0	5	40.500	A
100	5	34.200	B
150	5	26.600	C
200	5	22.600	C

Lampiran 20. Hasil Uji ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Kering Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: Berat Kering versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F
P				
Konsentrasi	3	102.099	34.033	242.42
0.000				
Error	16	2.246	0.140	
Total	19	104.345		

S = 0.3747 R-Sq = 97.85% R-Sq(adj) = 97.44%

Lampiran 21. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Kering Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
0	5	8.4900	A
100	5	6.3020	B
150	5	4.3480	C
200	5	2.4080	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 22. Hasil Uji ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Basah Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: berat basah versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	3	113.3417	37.7806	390.61	0.000
Error	16	1.5476	0.0967		
Total	19	114.8893			

S = 0.3110 R-Sq = 98.65% R-Sq(adj) = 98.40%

Lampiran 23. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Berat Basah Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
0	5	17.4120	A
100	5	15.3560	B
150	5	12.4180	C
200	5	11.3980	D

Lampiran 24. Hasil Uji ANOVA *One Way* Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai

One-way ANOVA: Jumlah bunga versus Konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F
P				
Konsentrasi	3	3497.80	1165.93	140.90
0.000				
Error	16	132.40	8.28	
Total	19	3630.20		
S = 2.877 R-Sq = 96.35% R-Sq(adj) = 95.67%				

Lampiran 25. Hasil Uji Tukey Pengaruh Konsentrasi Genangan Terhadap Jumlah Bunga yang Terbentuk pada Tanaman Kedelai

Grouping Information Using Tukey Method

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
0	5	44.400	A
100	5	34.200	B
150	5	16.600	C
200	5	11.600	C

Means that do not share a letter are significantly different.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 04 juli 1993. Memulai pendidikan dasar di SDN Kepatihan 01. Dari sini mulai ketertarikannya mengenai ilmu alam. Setelah lulus, ia memulai jenjang menengah pertama di SMPN 2 Tulungagung. Di SMP ini ketertarikan mengenai dunia sains terutama Biologi mulai terlihat, dan dapat dikatakan menonjol diantara teman-temannya. Setelah lulus SMP ia mulai jenjang menengah ke atas, di SMA Katolik Santo Thomas Aquino. Disini pengetahuannya mengenai dunia biologi semakin terlihat, bakat dan ketertarikannya pada dunia biologi semakin terasah. Oleh karena itu, pihak sekolah juga memasukkannya dalam tim Olimpiade Biologi. Penulis juga tertarik pada pelajaran kimia, dan fisika.

Setelah lulus SMA, penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan di bidang kedokteran, tetapi karena berbagai faktor, ia mengurungkan niat dan akhirnya melanjutkan pendidikan di Jurusan Biologi, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Ketertarikannya pada dunia biologi, khususnya botani mendorongnya untuk melakukan penelitian di bidang ini.