



TUGAS AKHIR - SB141510

**ANALISIS SIFAT FISIK, KIMIA, DAN BIOLOGI
MEDIA PERTUMBUHAN SERTA RESPON
MORFOLOGI TANAMAN KEDELAI VARIETAS
GROBOGAN PADA KONDISI TERGENANG**

**AINUL MUFIDAH
1512100027**

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

**JURUSAN BIOLOGI
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SB141510

**ANALYSIS OF PHYSICAL, CHEMICAL, AND
BIOLOGICAL GROWTH MEDIA AND RESPONSE
OF SOYBEAN GROBOGAN VARIETY IN
WATERLOGGED CONDITIONS**

**AINUL MUFIDAH
1512100027**

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

**BIOLOGI DEPARTMENT
Faculty Of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT FISIK, KIMIA, DAN BIOLOGI MEDIA PERTUMBUHAN SERTA RESPON MORFOLOGI TANAMAN KEDELAI VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI TERGENANG

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

AINUL MUFIDAH
NRP. 1512 100 027

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech... (Pembimbing 1)



Surabaya, 25 Juli 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Dewi Hidayati, M.Si.
NRP. 19691121 199802 2 001

ANALISIS SIFAT FISIK, KIMIA, DAN BIOLOGI MEDIA
PERTUMBUHAN DAN RESPON MORFOLOGI TANAMAN
KEDELAJ VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI
TERGENANG

Nama Mahasiswa : Ainul Mufidah
NRP : 1512100027
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech.

Abstrak

Kedelai (Glycine max) varietas Grobogan merupakan produk unggulan yang di hasilkan dari lahan sawah. Namun, budidaya kedelai di lahan sawah menghadapi berbagai masalah, salah satunya cekaman genangan. Genangan merupakan kondisi jenuh tanah akibat kandungan air berada di atas kapasitas lapang sehingga menyebabkan penuaan dini. Hal tersebut di tandai dengan rusaknya jaringan daun (klorosis), kematian jaringan tumbuhan (nekrosis) dan terhambatnya pertumbuhan tanaman sehingga dapat menurunkan hasil produksi.

Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai pada kondisi tergenang. Kedelai diberi perlakuan cekaman genangan selama 14 hari dengan konsentrasi genangan 0% (kontrol), 100%, 150% dan 200%, kemudian kedelai di panen dan dilakukan analisis sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologi serta respon pertumbuhan tanaman kedelai.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa cekaman genangan mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi media pertumbuhan tanaman kedelai. Tekstur tanah perlakuan genangan lempung berpasir, terjadi penurunan unsur hara N pada perlakuan genangan, sedangkan unsur P dan

K tanah perlakuan genangan menjadi lebih tersedia. Jumlah koloni mikroorganisme tanah (anaerob obligat atau fakultatif) perlakuan genangan lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Respon tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang membentuk akar adventif, bobot basah dan bobot kering mengalami penurunan, dan mengalami penebalan diameter batang.

Kata kunci: Cekaman genangan, Glycine max, dan Kedelai varietas Grobogan

ANALYSIS OF PHYSICAL, CHEMICAL, AND BIOLOGICAL GROWTH MEDIA AND RESPONSE OF SOYBEAN GROBOGAN VARIETY IN WATERLOGGED CONDITIONS

Student Name : Ainul Mufidah

NRP : 1512100027

Departement : Biologi

Supervisor : Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech.

Abstract

Grobogan varieties soybean (*Glycine max*) are superior product which produced in the fields. However, soybean cultivation in fields facing various problems such as puddle stress. Puddles is saturated soil conditions caused by excess water content on field capacity that can causing premature aging. It is characterized by tissue damage on leaves (*chlorosis*), plant tissue death (*necrosis*) and inhibition of plant growth so that it can reduce production yield.

This research intend to determine changes in the physical, chemical and biological on growth media and morphological response of soybean plants in waterlogged conditions. Soybeans gripped with puddle stress for 14 days with a concentration puddle 0% (control), 100%, 150%, and 200%, followed by soybeans at harvest and analysis of physical properties, chemical properties and biological properties as well as the growth response of soybean plants.

Based on the results of research, the conclusion is conducted puddle stress affect the physical, chemical, and biological of soybean growth media. On sandy loam puddle soil texture treatment, nutrient N on treatment puddles decreased, while elements of P and K becomes more available. The amount of soil microorganism colonies (*obligate* or *facultative anaerobes*) on puddle treatment more than the control treatment. Response of Grobogan soybean varieties in waterlogged conditions to formed

an adventitious roots, fresh weight and dry weight decreased, and a thickening of the trunk diameter.

Keywords: Waterlogging, *Glycine max*, and Soybean Grobogan varieties.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	
2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Glycine max</i>	7
2.2 Distribusi dan Lingkungan Tumbuh.....	12
2.3 Manfaat <i>Glycine max</i>	14
2.4 Hara Tanah.....	15
2.5 Ketersediaan Unsur Hara dalam Tanah.....	18
2.6 Penyerapan Unsur Hara oleh Akar.....	20
2.7 Cekaman Genangan.....	22
2.8 pH dan Ketersediaan Unsur Hara Dalam Tanah....	24
2.9 Mikroorganisme Tanah.....	25
2.10 Analisis Unsur Hara Tanaman.....	30
BAB III METODOLOGI.....	
3.1 Waktu dan tempat Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan.....	34
3.3 Cara Kerja.....	34
3.3.1 Persiapan biji dan penyemaian.....	34

3.3.2	Persiapan media pertumbuhan dan penanaman.....	35
3.3.3	Pengukuran kapasitas lapang.....	35
3.3.4	Pemberian perlakuan.....	36
3.3.5	Pengambilan sampel tanah.....	36
3.3.6	Persiapan sampel tanah di laboratorium.....	36
3.3.7	Analisis sifat fisik tanah.....	36
3.3.8	Analisis sifat kimia tanah.....	37
3.3.9	Analisis sifat biologi tanah.....	37
3.3.10	Pengamatan morfologi tanaman.....	38
3.4	Perhitungan.....	39
3.4.1	Perhitungan sifat fisik tanah.....	39
3.4.2	Perhitungan sifat kimia tanah.....	39
3.4.3	Perhitungan sifat biologi tanah.....	39
3.5	Rancangan Penelitian dan Analisa Data.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Sifat Fisik Tanah.....	41
4.2	Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Sifat Kimia Tanah.....	44
4.2.1	Ketersediaan unsur nitrogen pada tanah tergenang	45
4.2.2	Ketersediaan unsur P-tersedia pada tanah tergenang.....	48
4.2.3	Ketersediaan unsur kalium pada tanah tergenang	49
4.2.4	Perubahan pH tanah pada tanah tergenang.....	50
4.3	Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Sifat Biologi Tanah.....	51
4.4	Respon Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Grobogan pada Kondisi Tergenang.....	57
4.4.1	Tinggi tanaman.....	57
4.4.2	Bobot basah dan bobot kering tanaman kedelai...	61
4.4.3	Panjang akar tanaman kedelai.....	66
4.4.4	Akar adventif tanaman kedelai.....	67
4.4.5	Diameter batang tanaman kedelai.....	70
BAB V		
5.1	Kesimpulan.....	71

5.2	Saran.....	72
	DAFTAR PUSTAKA.....	73
	LAMPIRAN.....	85

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Kedelai.....	7
Gambar 2.2 Bintil Akar Tanaman Kedelai.....	8
Gambar 2.3 Batang dan Cabang Tanaman Kedelai.....	9
Gambar 2.4 Daun Tanaman Kedelai.....	10
Gambar 2.5 Bunga Kedelai.....	11
Gambar 2.6 Polong dan Biji Tanaman Kedelai...	12
Gambar 2.7 Mekanisme Penyerapan Hara Oleh Akar.....	21
Gambar 2.8 pH Tanah dan Ketersediaan Unsur Hara.....	24
Gambar 2.9 Mikroorganisme yang Terlibat Pada Kondisi Tergenang.....	29
Gambar 4.1 Daun Tanaman Kedelai.....	47
Gambar 4.2 Hasil Pengamatan Makroskopis Mikroorganisme Tanah.....	52
Gambar 4.3 Grafik Jumlah Koloni Mikroorganisme Tanah (10^2 CFU/ml).....	53
Gambar 4.4 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kedelai.....	59
Gambar 4.5 Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang.....	61
Gambar 4.6 Akar Tanaman Kedelai Akibat Cekaman Genangan.....	65
Gambar 4.7 Morfologi Akar Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang.....	67
Gambar 4.8 Akar Tanaman Kedelai.....	68
Gambar 4.9 Diameter Batang Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang (mm).....	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Kandungan Gizi 100 g Biji Kedelai...	14
Tabel 2. 2 Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah.....	19
Tabel 4.1 Hasil Analisis Sifat Fisik Tanah	42
Tabel 4.2 Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah.....	45
Tabel 4.3 Perhitungan Jumlah Koloni Mikroorganisme Tanah.....	52
Tabel 4.4 Tinggi Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> L.) Varietas Grobogan Pada Kondisi Tergenang	58
Tabel 4.5 Bobot Basah, Bobot Kering, dan <i>root-shoot ratio</i> Tanaman Kedelai....	61
Tabel 4.6 Panjang Akar Tanaman Kedelai.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Ukuran Biji dan Komposisi Kimia Beberapa Varietas Kedelai..... 85
Lampiran 2	Kedelai Varietas Grobogan..... 85
Lampiran 3	Alat dan Bahan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah..... 86
Lampiran 4	Komposisi Medium NA,PDA, dan YMEA..... 89
Lampiran 5	Skema Kerja Penelitian Cekaman Genangan 90
Lampiran 6	Perhitungan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah 101
Lampiran 7	Perhitungan Cekaman Genangan..... 103
Lampiran 8	Rata-rata Tinggi Tanaman Kedelai... 104
Lampiran 9	Hasil ANOVA <i>One Way</i> Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Tinggi Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> <i>L.</i>)..... 104
Lampiran 10	Hasil ANOVA <i>One Way</i> – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Tehadap Panjang Tanaman Kedelai (<i>Glycine max L.</i>)..... 105
Lampiran 11	Hasil ANOVA <i>One Way</i> – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Tehadap Berat Basah Tanaman Kedelai (<i>Glycine max L.</i>)..... 106
Lampiran 12	Hasil ANOVA <i>One Way</i> – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Tehadap Berat Kering Tanaman Kedelai (<i>Glycine max L.</i>)..... 107
Lampiran 13	Ilustrasi Perlakuan Cekaman Genangan pada Tanaman Kedelai..... 108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan salah satu tanaman palawija yang menduduki posisi sangat penting untuk konsumsi pangan, pakan, dan bahan baku karena mengandung protein, lemak, vitamin dan mineral. Permintaannya meningkat dari tahun ke tahun. Permintaan kedelai yang meningkat setiap tahunnya tidak diimbangi dengan produksi kedelai dalam negeri. Kebutuhan kedelai terus meningkat dari 2,02 juta ton pada tahun 2003 menjadi 2,71 juta ton pada tahun 2015 dan 3,35 juta ton pada tahun 2025. Upaya peningkatan produksi kedelai sebanyak 15% melalui program peningkatan produktivitas dan perluasan areal tanam hingga 2014 diproyeksikan masih belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan kedelai nasional.

Kedelai lokal varietas Grobogan merupakan kedelai unggul nasional, yang memiliki potensi produktivitas sebesar 3,5 ton/Ha, dan rata-rata produksi mencapai 2,6 ton/Ha (Kementerian Pertanian, 2010). Menurut Ginting (2010), kadar protein kedelai lokal lebih tinggi dibanding kedelai impor. Kadar protein kedelai Grobogan sebesar 43,9 % (bobot kering) sedangkan kedelai impor sebesar 35-37 % (bobot kering. Selain itu pada bobot 100 biji, kedelai impor memiliki bobot berkisar 14,8-15,8 gram sedangkan kedelai lokal varietas Grobogan 18 gram. Kedelai varietas Grobogan memiliki biji besar, berwarna kuning dan kadar proteinnya lebih tinggi dibanding kedelai impor maupun varietas Wilis yang sudah lama dibudidayakan petani.

Menurut Krisdiana (2005), sekitar 93% pengrajin tempe menyukai kedelai yang berkulit kuning dan berbiji besar (82%) karena menghasilkan tempe yang warnanya cerah dan volumenya besar. Selain kadar protein dan ukuran biji, varietas Grobogan tahan lama, tetap segar, gurih dan tidak cepat rusak sehingga akan menghasilkan tempe dengan rasa yang gurih, warna tempe yang cerah, tidak mudah busuk, dan teksturnya padat. Selain tempe,

kedelai varietas Grobogan juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan susu kedelai karena kadar protein yang tinggi. Berawal dari keunggulan kedelai lokal varietas Grobogan sehingga kedelai varietas Grobogan menjadi objek utama dalam penelitian ini.

Rendahnya produksi kedelai di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor antara lain jenis varietas, faktor tanah, iklim, hama dan penyakit, maupun cara pengelolaan yang kurang baik. Perubahan iklim diperkirakan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap produksi pertanian di Indonesia, khususnya tanaman pangan seperti kedelai. Dampak tersebut dapat bersifat langsung yaitu menurunnya produktivitas tanaman, karena peningkatan suhu udara dan perubahan pola hujan serta intensitas curah hujan yang menyebabkan kekeringan dan banjir (Boer, 2010).

Produksi tanaman di daerah iklim tropis dan subtropis sering dibatasi oleh curah hujan yang tinggi yang dapat menyebabkan tanah tergenang. Tanah yang tergenang dapat dibedakan menjadi dua, pertama suatu keadaan dimana tanah tergenang yang menyebabkan disekitar daerah perakaran tanaman jenuh dengan air (*water logged*) dan kedua, suatu keadaan dimana tanah tergenang yang menyebabkan seluruh bagian tanaman kelebihan air atau terendam (*submerged*) (Peeters *et al.*, 2002).

Kedelai merupakan tanaman yang peka terhadap genangan (Shimamura *et al.*, 2003). Di Indonesia, kedelai umumnya diusahakan di lahan sawah setelah padi. Salah satu varietas kedelai yang banyak diproduksi di Indonesia adalah varietas Grobogan. Kedelai varietas Grobogan merupakan kedelai lokal Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah dengan daerah sebaran mampu beradaptasi baik pada beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik (Balitkabi, 2008). Menurut Ditjen Hortikultura (2014), dilahan sawah tadah hujan kedelai varietas Grobogan biasa ditanam awal musim hujan akan tetapi tidak dijelaskan tingkat curah hujan yang menyebabkan lahan sawah tergenang sehingga perlu dilakukan pengujian tanaman kedelai terhadap cekaman genangan.

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. Sehingga dapat dikatakan bahwa media memiliki pengaruh yang besar terhadap produksi kedelai.

Faktor yang menentukan pada media tanam antara lain sifat fisik, kimia dan biologi. Genangan mampu mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah contohnya struktur tanah rusak dan perubahan keseimbangan hara. Penelitian mengenai analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan pada ketersediaan hara media pertumbuhan akibat perlakuan penggenangan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah sifat fisik, kimia, dan biologi media pertumbuhan setelah dilakukan cekaman genangan pada konsentrasi yang berbeda?
- b) Bagaimanakah respon morfologi tanaman kedelai akibat perlakuan penggenangan ?
- c) Bagaimanakah korelasi antara sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan dengan respon morfologi tanaman kedelai akibat perlakuan penggenangan ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang sebagai berikut:

- a) Biji yang dipakai untuk penelitian adalah biji varietas Grobogan yang di beli dari BALITKABI. Desa Kendal payak, kecamatan Pakisaji, Malang.
- b) Cekaman yang dilakukan pada pertumbuhan tanaman kedelai adalah cekaman genangan (*Waterlogging*).
- c) Tingkatan cekaman genangan yaitu kontrol, 100%, 150%, dan 200%.
- d) Perlakuan cekaman dilakukan pada fase vegetatif (umur 14 HST).
- e) Dilakukan secara In vivo di Urban Farming, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- f) Media yang digunakan yaitu arang sekam, tanah taman dan kompos.
- g) Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang meliputi :
 - Sifat fisik : Tekstur tanah.
 - Sifat kimia : pH, dan Rasio NPK.
 - Sifat biologi : Jumlah koloni mikroorganisme tanah (bakteri, yeast dan jamur).
 - Respon tanaman : Berat kering dan berat basah tanaman, kedelai morfologi akar, diameter batang dan tinggi tanaman.

1.4 Tujuan

Tujuan analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang sebagai berikut:

- a) Untuk mengetahui pengaruh cekaman genangan terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah tanaman kedelai.
- b) Untuk mengetahui respon morfologi tanaman kedelai akibat perlakuan cekaman genangan.
- c) Untuk mengetahui korelasi antara sifat fisik, kimia dan biologi tanah dengan respon morfologi tanaman kedelai akibat perlakuan cekaman genangan.

1.5 Manfaat

Manfaat analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang sebagai berikut:

- a) Membantu menghasilkan varietas yang tahan cekaman genangan untuk pemuliaan tanaman.
- b) Sebagai sumbangan informasi dalam usaha tani kedelai agar lebih efisien dan efektif dalam meningkatkan produksi kedelai.
- c) Sebagai tambahan ilmu pengetahuan tentang analisis pengaruh cekaman genangan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Bagi penulis, hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan teoritis yang didapat selama kuliah.
- d) Dapat digunakan sebagai bahan acuan di bidang penelitian sejenis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi *Glycine max*

Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Glycine max*. Namun demikian, pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill. Menurut Adisarwanto (2006) kedudukan tanaman kedelai dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Classis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Rosales
Familia	: Leguminosae
Genus	: <i>Glycine</i>
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.



Gambar 2.1 Tanaman Kedelai (1) Batang (2) Polong (3) Biji (Verheij, 1992).

Kedelai merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, tumbuh tegak, berdaun lebat dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman berkisar antara 10 sampai 200 cm. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun,

batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal (Hidajat, 1985).

a. Akar dan Bintil Akar

Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri dari akar tunggang. Akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang, serta akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Akar tunggang merupakan perkembangan dari akar radikal yang sudah mulai muncul sejak masa perkecambahan. Pada kondisi yang sangat optimal, akar tunggang kedelai dapat tumbuh hingga kedalaman 2 meter. Perkembangan akar tanaman kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, penyiapan lahan, tekstur tanah, kondisi fisik, dan kimia tanah, serta kadar air tanah. Salah satu dari sistem perakaran tanaman kedelai adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar sangat berperan dalam proses fiksasi N_2 yang sangat dibutuhkan tanaman kedelai untuk kelanjutan pertumbuhannya (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.2 Bintil Akar Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2014).

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen (N_2) di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen, yaitu *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar. Keberadaan *Rhizobium japonicum* di dalam tanah memang sudah ada karena tanah tersebut ditanami kedelai atau memang sengaja ditambahkan ke

dalam tanah. Kemampuan memfiksasi N_2 ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi maksimal hanya sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Setelah masa pembentukan biji, kemampuan bintil akar memfiksasi N_2 akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya bintil akar yang tua dan luruh. Di samping itu, diduga karena kompetisi fotosintesis antara proses pembentukan biji dengan aktivitas bintil akar (Fachruddin, 2000).

b. Batang dan Cabang

Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe *determinate* dan *indeterminate*. Pertumbuhan batang tipe *determinate* ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sedangkan pertumbuhan batang *interminate* dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman mulai berbunga (Adisarwanto, 2006). Jumlah buku pada batang akan bertambah sesuai pertumbuhan umur tanaman, tetapi pada kondisi normal jumlah buku berkisar antara 15 – 20 buku dengan jarak antar buku berkisar antara 2 – 9 cm. Batang pada tanaman kedelai ada yang bercabang dan ada pula yang tidak bercabang, tergantung dari karakter varietas kedelai, tetapi umumnya cabang pada tanaman kedelai berjumlah antara 1 – 5 cabang (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.3 Batang dan Cabang Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2014).

c. Daun

Daun kedelai hampir seluruhnya *trifoliat* (menjari tiga) dan jarang sekali mempunyai empat atau lima jari daun. Bentuk daun kedelai bervariasi, yakni antara oval dan *lanceolate*, tetapi untuk praktisnya diistilahkan dengan berdaun lebar (*broad leaf*) dan berdaun sempit (*narrow leaf*). Di Indonesia berdaun sempit lebih banyak di tanam oleh petani dibandingkan dengan kedelai berdaun lebar, walaupun dari aspek penyerapan sinar matahari, tanaman kedelai berukuran lebar menyerap sinar matahari daripada yang berdaun sempit. Namun, keunggulan tanaman kedelai berdaun sempit adalah sinar matahari akan lebih mudah menerobos di antara kanopi daun sehingga memacu pembentukan bunga (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.4 Daun Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2014).

d. Bunga

Tanaman kedelai memiliki bunga sempurna (*hermaphrodite*), yakni pada tiap kuntum bunga terdapat alat kelamin betina (Putik) dan kelamin jantan (benang sari). Bunga pada tanaman kedelai muncul/ tumbuh pada ketiak daun, yakni setelah buku kedua, tetapi terkadang bunga dapat pula terbentuk pada cabang tanaman yang mempunyai daun. Hal ini karena sifat morfologi cabang tanaman kedelai serupa atau sama dengan morfologi batang utama. Pada kondisi lingkungan tumbuh dan populasi tanaman optimal, bunga akan terbentuk mulai tangkai daun yang paling awal. Dalam satu kelompok bunga, pada ketiak daunnya akan

berisi 1 – 7 bunga, tergantung karakter dari varietas kedelai yang di tanam (Adisarwanto, 2008).

Bunga kedelai termasuk bunga sempurna karena pada setiap bunga memiliki alat reproduksi jantan dan betina. Penyerbukan bunga terjadi pada saat bunga masih tertutup sehingga kemungkinan penyerbukan silang sangat kecil, yaitu hanya 0,1%, warna bunga kedelai ada yang ungu dan putih. Potensi jumlah bunga yang terbentuk bervariasi, tergantung dari varietas kedelai, tetapi umumnya berkisar antara 40 – 200 bunga pertanaman. Umumnya di tengah masa pertumbuhannya, tanaman kedelai mengalami kerontokan bunga yang masih di kategorikan wajar bila kerontokan yang terjadi berada pada kisaran 20 – 40 % (Adisarwanto, 2008).



Gambar 2.5 Bunga Kedelai (Adisarwanto, 2014).

e. Polong dan Biji

Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak (Muchtadi, 2010).



Gambar 2.6 Polong dan Biji Tanaman Kedelai (Adisarwanto, 2014).

2.2 Distribusi dan Lingkungan Tumbuh

Kedelai merupakan tanaman asli daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2.500 SM. Kedelai jenis liar *Glycine ururiensis*, merupakan kedelai yang menurunkan berbagai kedelai yang kita kenal sekarang (*Glycine max* (L) Merril). Berasal dari daerah Manshukuo (Cina Utara). Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antar negara pada abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan tersebut, yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Kedelai mulai dikenal di Indonesia sejak abad ke-16. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan pulau pulau lainnya (Sumarno, 1983).

Kedelai dapat tumbuh baik ditempat yang berhawa panas, ditempat-tempat terbuka dan bercurah hujan 100 – 400 mm³ per bulan. Varietas kedelai berbiji kecil, sangat cocok ditanam di lahan dengan ketinggian 0,5 - 300 mdpl. Sedangkan varietas kedelai berbiji besar cocok ditanam di lahan dengan ketinggian 300-500 mdpl. Kedelai biasanya akan tumbuh baik pada ketinggian tidak lebih dari 500 hingga 600 mdpl. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 100-400 mm/bulan. Tanaman kedelai merupakan tanaman semusim yang dapat tumbuh dengan baik pada berbagai tanah dengan syarat drainase tanah cukup baik, serta ketersediaan air

yang cukup selama pertumbuhan tanaman. Pertumbuhannya dapat lebih baik pada struktur tanah yang subur (Suprpto, 2001).

Pada dasarnya kedelai menghendaki kondisi tanah yang tidak terlalu basah, tetapi air tetap tersedia. Kedelai juga membutuhkan tanah yang kaya akan humus atau bahan organik. Bahan organik yang cukup dalam tanah akan memperbaiki daya olah dan juga merupakan sumber makanan bagi jasad renik, yang akhirnya akan membebaskan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman (Andrianto dan Indarto, 2004). Tanah-tanah yang cocok untuk budidaya kedelai yaitu: alluvial, regosol, grumosol, latosol dan andosol. Pada tanah-tanah podsolik merah kuning dan tanah yang mengandung banyak pasir kwarsa, pertumbuhan kedelai kurang baik, kecuali bila diberi tambahan pupuk organik atau kompos dalam jumlah cukup (Andrianto & Indarto, 2004).

Toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 kedelai masih dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan aluminium. Pertumbuhan bakteri bintil dan proses nitrifikasi (proses oksidasi amoniak menjadi nitrit atau proses pembusukan) akan berjalan kurang baik (Andrianto dan Indarto, 2004).

Tanaman kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C. Bila tumbuh pada suhu tanah yang rendah (<15°C), proses perkecambahan menjadi sangat lambat, bisa mencapai 2 minggu. Hal ini dikarenakan perkecambahan biji tertekan pada kondisi kelembaban tanah tinggi. Sementara pada suhu tinggi (>30°C), banyak biji yang mati akibat respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat. Disamping suhu tanah, suhu lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan tanaman kedelai. Bila suhu lingkungan sekitar 40°C pada masa tanaman berbunga, bunga tersebut akan rontok sehingga jumlah polong dan biji kedelai yang terbentuk juga menjadi berkurang. Suhu yang terlalu rendah (10°C), seperti pada daerah subtropik, dapat menghambat proses

pembungaan dan pembentukan polong kedelai. Suhu lingkungan optimal untuk pembungaan bunga yaitu 24 -25°C.

2.3 Manfaat *Glycine max*

Kedelai merupakan sumber protein, dan lemak, serta sebagai sumber vitamin A, E, K, dan beberapa jenis vitamin B dan mineral K, Fe, Zn, dan P. Kadar protein kacang-kacangan berkisar antara 20-25%, sedangkan pada kedelai mencapai 40%. Kadar protein dalam produk kedelai bervariasi misalnya, tepung kedelai 50%, konsentrat protein kedelai 70% dan isolat protein kedelai 90% (Winarsi, 2010).

Kandungan protein kedelai cukup tinggi sehingga kedelai termasuk ke dalam lima bahan makanan yang mengandung berprotein tinggi. Kacang kedelai mengandung air 9%, protein 40 %, lemak 18 %, serat 3.5 %, gula 7 % dan sekitar 18% zat lainnya. Selain itu, kandungan vitamin E kedelai sebelum pengolahan cukup tinggi. Vitamin E merupakan vitamin larut lemak atau minyak. Kandungan gizi biji kedelai disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Kandungan gizi 100 g biji kedelai

Kandungan Gizi	Jumlah
Karbohidrat kompleks (g)	21.00
Karbohidrat sederhana (g)	9.00
Protein (g)	36.00
Lemak total (g)	19.00
Lemak Jenuh (g)	2.88
Kalsium (mg)	276.00
Fosfor (mg)	704.00
Kalium (mg)	1797.00
Magnesium (mg)	280.00
Seng (mg)	4.80
Zat besi (mg)	16.00

Sumber: Winarsi (2010)

Kedelai merupakan tumbuhan serbaguna. Karena akarnya memiliki bintil pengikat nitrogen bebas, kedelai merupakan tanaman dengan kadar protein tinggi sehingga tanamannya digunakan sebagai pupuk hijau dan pakan ternak. Pemanfaatan utama kedelai adalah dari biji. Biji kedelai kaya protein dan lemak serta beberapa bahan gizi penting lain, misalnya vitamin (asam fitat) dan lesitin. Biji yang diolah menjadi tepung kedelai secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 kelompok manfaat utama, yaitu olahan dalam bentuk protein kedelai dan minyak kedelai. Dalam bentuk protein kedelai dapat digunakan sebagai bahan industri makanan yang diolah menjadi susu (baik bagi orang yang sensitif laktosa), vetsin, kue-kue, bermacam-macam saus penyedap (salah satunya kecap), tempe, tahu (tofu), permen dan daging nabati serta sebagai bahan industri bukan makanan seperti : kertas, cat cair, tinta cetak dan tekstil. Olahan dalam bentuk minyak kedelai digunakan sebagai bahan industri makanan dan non makanan. Industri makanan dari minyak kedelai yang digunakan sebagai bahan industri makanan berbentuk gliserida sebagai bahan untuk pembuatan minyak goreng, margarin dan bahan lemak lainnya. Olahan dalam bentuk *lecithin* dibuat antara lain: margarin, kue, tinta, kosmetika, insektisida dan farmasi (Wiroatmodjo, 2000).

2.4 Hara Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran, penopang tegak tumbuhnya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan udara. Secara kimiawi berfungsi sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (senyawa organik dan anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl) dan secara biologi sebagai habitat biota (organisme) yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat-zat aditif (pemacu tumbuh, proteksi) bagi tanaman, yang ketiganya secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomass dan produksi

baik tanaman pangan, tanaman obat-obatan, industri perkebunan , maupun kehutanan.

Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, biasanya diatas 500 ppm dinamakan unsur hara makro esensial. Sedangkan, unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit, biasanya kurang dari 50 ppm dinamakan unsur hara mikro esensial. Unsur hara makro esensial yang melimpah meliputi karbon (C), hydrogen (H), dan oksigen (O), sedangkan yang terbatas meliputi nitrogen (N), fosfor (P),kalium (K), belerang (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Unsur hara mikro esensial meliputi boron (B), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molybdenum (Mo), dan khlorin (Cl) (Kemas, 2005).

a. Unsur N dalam tanah

Menurut Winarso (2003) sebagian besar N didalam tanah dalam bentuk senyawa organik tanah dan tidak tersedia bagi tanaman. Fiksasi N organik ini sekitar 95% dari total N yang ada di dalam tanah. Konsentrasi N total (organik dan anorganik) dalam tanah yang ditanami rotasi Oat dan Kedelai jauh lebih besar apabila dibandingkan dengan konsentrasi N anorganiknya, N dapat diserap tanaman dalam bentuk ion NO_3^- dan NH_4^+ . Fungsi dari unsur nitrogen (N) yaitu merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, merupakan bagian dari sel (organ) tanaman itu sendiri, berfungsi untuk sintesa asam amino dan protein dalam tanaman dan merangsang pertumbuhan vegetatif (warna hijau) seperti daun. Tanaman yang kekurangan unsur N gejalanya yaitu pertumbuhan lambat/kerdil, daun hijau kekuningan, daun sempit, pendek dan tegak, daun-daun tua cepat menguning dan mati.

b. Unsur P dalam tanah

Unsur Phospat (P) dalam tanah harus ada dalam bentuk anorganik sederhana sebelum digunakan oleh tanaman dalam bentuk ion ortofosfat (H_2PO_4^- ; HPO_4^{2-}). Pada kondisi asam ion ortofosfat akan tersorpsi atau terendapkan oleh Al dan Fe.

Pada tanah-tanah alkalin, ortofosfat dapat bereaksi dengan CaCO_3 membentuk *Hydroxylapatite* yang tidak larut. Unsur Phospat berfungsi untuk pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman, merangsang pembungaan dan pembuahan, merangsang pertumbuhan akar, merangsang pembentukan biji, merangsang pembelahan sel tanaman dan memperbesar jaringan sel. Tanaman yang kekurangan unsur P gejalanya yaitu pembentukan buah dan biji berkurang, kerdil, daun berwarna keunguan atau kemerahan (kurang sehat).

c. Unsur K dalam tanah

Unsur Kalium (K) diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, karena dapat mengaktifkan beberapa enzim dan memegang peranan penting dalam keseimbangan air. Unsur K banyak terdapat pada kerak bumi sebesar 2.6%. Unsur Kalium mempunyai fungsi dalam proses fotosintesa, pengangkutan hasil asimilasi, enzim dan mineral termasuk air, meningkatkan daya tahan/kekebalan tanaman terhadap penyakit. Tanaman yang kekurangan unsur K gejalanya yaitu batang dan daun menjadi lemas/rebah, daun berwarna hijau gelap kebiruan tidak hijau segar.

Epstein (2005) mengatakan bahwa unsur hara esensial adalah bagian dari suatu molekul yang merupakan komponen inti dalam struktur atau dalam metabolisme tanaman. Jika tanaman sangat kekurangan unsur hara akan ditunjukkan oleh pertumbuhan, perkembangan atau reproduksinya yang abnormal terutama jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak mengalami kekurangan unsur hara. Menurut Foth dan Ellis (1997), kesuburan tanah adalah sebagai status suatu tanah yang menunjukkan kapasitas untuk memasok unsur utama dalam jumlah yang mencukupi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman tanpa adanya konsentrasi racun dari unsur manapun. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa tanah yang subur mempunyai kemampuan memasok unsur hara dalam jumlah yang

cukup dan seimbang kepada tanaman, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan sehat (karena tidak ada unsur hara yang meracun) dan dapat berproduksi sesuai dengan potensinya.

2.5 Ketersediaan Unsur Hara dalam Tanah

Ketersediaan hara bagi tanaman ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah mensuplai hara dan faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan untuk menggunakan unsur hara yang disediakan. Ketersediaan unsur hara esensial seperti N, P, K dan S sangat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman (Mengel & Kirkby, 1987). Ketersediaan hara melalui proses penyerapan, translokasi serta pembagiannya dalam tanaman yang dipengaruhi oleh konsentrasi serta komposisi media eksternal dan faktor lingkungan (Gieve & Shannon, 1999).

a. Nitrogen (N)

Ketersediaan Nitrogen erat hubungannya dengan kandungan bahan organik dan kecepatan mineralisasi dipengaruhi oleh ketersediaan organisme heterotrof aerob. Kehilangan nitrogen dari tanah disebabkan oleh penguapan, pencucian, denitrifikasi, pengikisan dan penyerapan oleh akar tanaman. Keadaan iklim terutama suhu dan curah hujan sangat mempengaruhi banyaknya unsur N yang terdapat didalam tanah, disamping aspek tersebut dipengaruhi juga tekstur tanah (Buckman & Brady, 1982).

b. Fosfor (P)

Perbedaan utama antara daur nitrogen dan daur pospor dalam tanah adalah bahwa bentuk-bentuk nitrogen yang tersedia (amonium dan nitrat) merupakan ion-ion yang relatif setabil yang tetap digunakan tanaman. Sebaliknya H_2PO_4^- cepat bereaksi dengan ion-ion yang lainnya dalam larutan tanah untuk menjadi sangat kurang larut atau tidak tersedia bagi tanaman (Foth, 1994).

c. Kalium (K)

Unsur kalium merupakan unsur yang paling mudah mengadakan persenyawaan dengan unsur atau zat lainnya, misalnya khlor dan magnesium. Sifat K yaitu mudah larut dan terbawa hanyut dan mudah pula terfiksasi dalam tanah. Sumber K adalah beberapa jenis mineral, sisa-sisa tanaman dan jasad renik, air irigasi, larutan dalam tanah, abu tanaman dan pupuk anorganik (Sutedjo dan Kartasapoetra, 1988).

Hakim (1986) mengatakan bahwa kalium yang tersedia hanya meliputi 1-2% dari seluruh kalium yang terdapat pada kebanyakan tanah mineral. Ia dijumpai dalam tanah sebagai kalium dalam larutan tanah dan kalium yang dapat dipertukarkan dan diadsorbsi oleh permukaan koloid tanah. Sebagian besar dari kalium tersedia ini berupa kalium dapat dipertukarkan. Kalium larutan tanah lebih mudah diserap oleh tanaman dan juga peka terhadap pencucian. Pada keadaan tertentu, misalnya pada pertanaman intensif atau pada tanah muda yang banyak mengandung mineral kalium dengan curah hujan tinggi, kalium tidak dapat dipertukarkan dapat juga diserap oleh tanaman

Tabel 2.2 Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah

Parameter	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg 100g ⁻¹)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25%	<10	10-20	21-40	41-60	>60

(mg 100g⁻¹)

KTK/CEC

(me 100 g
tanah⁻¹)

<5

5-16

17-24

25-40

>40

**Susunan
kation**Ca (me100g
tanah⁻¹)

<5

2-5

6-10

11-20

>20

Mg (me100g
tanah⁻¹)

<0,3

0,4-1

1,1-2,0

2,1-8,0

>8

K (me100g
tanah⁻¹)

<0,1

0,1-0,3

0,4-0,5

0,6-1,0

>1

Na (me100g
tanah⁻¹)

<0,1

0,1-0,3

0,4-0,7

0,8-1,0

>1

Kejenuhan
Basa (%)

<20

20-40

41-60

61-80

>80

Kejenuhan
Alumunium
(%)

<5

5-10

1-20

20-40

>40

Cadangan
mineral (%)

<5

5-10

11-20

20-40

>40

Salinitas/DH
L (dS m⁻¹)

<1

1-2

2-3

3-4

>4

Persentase
natrium dapat
tukar/ESP(%)

<2

2-3

5-10

10-15

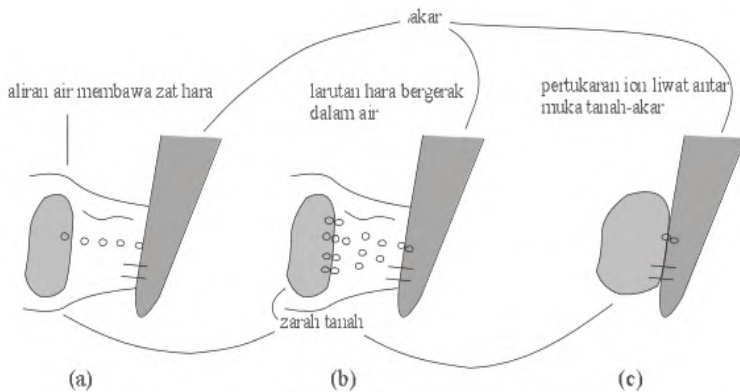
>15

Sumber : Hardjowigeno (1995)

2.6 Penyerapan Unsur Hara oleh Akar

Hara diserap tanaman melewati aliran massa (*mass flow*), difusi dan/atau serapan langsung oleh akar (*root interception*). Dalam aliran massa, air menjadi pembawa hara. Air mengalir dari tempat yang lebih basah (tegangan lengas lebih kecil) ke tempat yang lebih kering (tegangan lengas lebih besar). Karena akar menyerap air, tanah di sekitar akar menjadi lebih kering daripada tanah yang terletak lebih jauh dari akar. Gradient kadar lengas tanah yang terjadi ini menjadi pengendali aliran air beserta zat

hara yang terlarut di dalamnya menuju ke akar. Dalam difusi, air menjadi medium gerakan hara terlarut. Zat hara terlarut bergerak dari tempat yang tekanan osmose lebih tinggi ke tempat yang tekanan osmose lebih rendah. Karena akar menyerap larutan hara, larutan tanah di sekitar akar menjadi lebih encer daripada yang berada lebih jauh dari akar. Dalam serapan langsung oleh akar, ion hara diserap akar lewat pertukaran ion antara akar dan larutan tanah, atau antara akar dengan kompleks serapan (absorpsi) tanah. Dalam proses respirasi akar menghasilkan H^+ , OH^- dan HCO_3^- . H^+ dipertukarkan dengan hara kation, sedang OH^- dan HCO_3^- dipertukarkan dengan hara anion. Ion hara yang sampai pada muka akar melalui antara aliran massa atau difusi, juga diserap dengan proses pertukaran ion. Maka keadaan dan suasana tanah yang menghambat atau mengganggu pernapasan akar juga merugikan dalam penyerapan hara (Tejoyuwono dkk, 2006).



Gambar 2.7 Mekanisme Penyerapan Hara Oleh Akar (a) aliran massa, (b) difusi, (c) serapan langsung.

Aliran massa dan difusi memperluas jangkauan akar memperoleh hara, karena dengan bantuan kedua macam mekanisme itu zat hara tidak perlu menempel pada muka akar untuk dapat diserap. Hal ini penting sekali dilihat dari segi efisiensi pemupukan, karena bahan pupuk tidak mungkin

diletakkan menempel pada akar. Kalau sampai menempel bahkan dapat merusakkan akar (*plasmolisis*). Oleh karena aliran massa dan difusi merupakan mekanisme utama penyerapan hara oleh tanaman maka air menjadi faktor penentu pokok efisiensi pemupukan dan efisiensi pemanfaatan hara tanah oleh tanaman (Tejoyuwono dkk, 2006). Gambar 2.7 dapat menjelaskan ketiga mekanisme penyerapan hara oleh akar.

Hampir 99% N diserap akar dengan aliran massa dan selebihnya dengan serapan langsung. Hampir 91% P diserap secara difusi dan selebihnya dengan serapan langsung. Hampir 78% K diserap secara difusi dan 20% dengan aliran massa. Sekitar 71% Ca diserap dengan aliran massa dan selebihnya secara langsung. 95 % S diserap lewat aliran massa dan selebihnya secara langsung (Donahue, 1977).

2.7 Cekaman Genangan

Genangan merupakan masalah utama di banyak daerah pertanian di dunia dan kedelai merupakan tanaman yang peka terhadap genangan (Shimamura *et al.*, 2003). Genangan atau kondisi jenuh air disebabkan oleh kandungan lengas tanah yang berada di atas kapasitas lapang. Genangan sering terjadi di lahan pertanian karena meningkatnya curah hujan yang tinggi, permeabilitas tanah yang rusak dan drainase tanah yang tidak baik atau lambat dalam menyalurkan kelebihan air. Tanaman-tanaman dataran tinggi sangat tidak menyukai tanah-tanah basah (tergenang). Akar-akarnya tidak hanya dihadapkan pada oksigen yang sangat rendah dan tingkat karbon dioksida yang tinggi, tetapi juga terhadap keadaan racun anorganik (Fitter & Hay, 1994).

Van Toai *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*). Ketahanan tanaman terhadap genangan berbeda, menurut Anton *et al.* (2002) tanaman yang mampu hidup

dan tumbuh pada kondisi tanah tergenang melalui adaptasi anatomi, morfologi dan mekanisme metabolik. Faktor-faktor yang mempengaruhi toleransi tanaman terhadap kondisi tergenang, antara lain varietas, fase pertumbuhan tanaman dan lamanya kondisi tergenang (Boru *et al.*, 2003).

Kekurangan oksigen dalam tanah akibat genangan merupakan faktor pembatas pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kekurangan oksigen menggeser metabolisme energi dari aerob menjadi anaerob sehingga berpengaruh kurang baik terhadap serapan nutrisi dan air. Akibatnya, tanaman menunjukkan gejala kelayuan walaupun tersedia banyak air (Sairam *et al.*, 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).

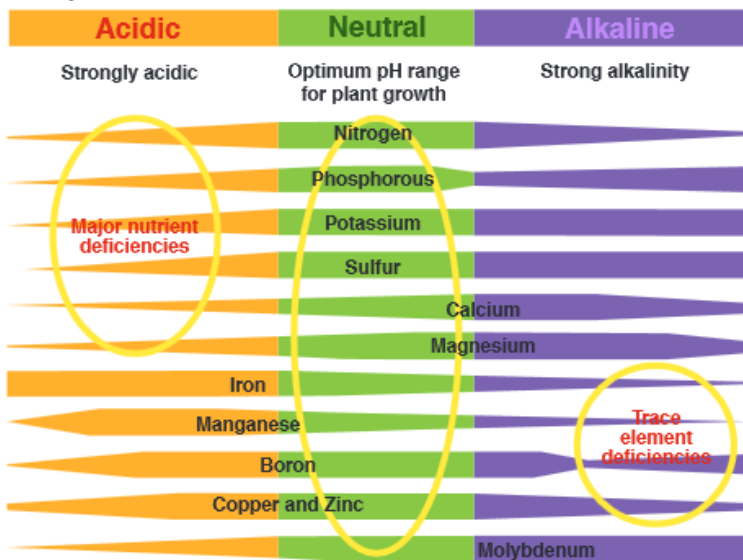
Tanaman yang tergenang dalam waktu singkat akan mengalami kondisi hipoksia (kekurangan O_2). Hipoksia biasanya terjadi jika hanya bagian akar tanaman yang tergenang (bagian tajuk tidak tergenang) atau tanaman tergenang dalam periode yang panjang tetapi akar berada dekat permukaan tanah. Jika tanaman 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 mikroorganisme. Pada kondisi tergenang, kandungan O_2 yang tersisa dalam tanah lebih cepat habis bila terdapat tanaman karena laju difusi O_2 di tanah basah 10.000 kali lebih lambat dibandingkan dengan di udara (Dennis *et al.*, 2000).

Kondisi hipoksia atau anoksia tidak hanya menghalangi fiksasi N, tetapi juga distribusi N dan mineral lain sehingga menghambat pertumbuhan akar dan nodulasi. Akibat transportasi N dan mineral ke bagian tajuk tidak mencukupi, daun akan menguning yang akan diikuti oleh pengguguran daun. Scott *et al.* (1989) melaporkan, pengaruh penggenangan ditunjukkan oleh daun yang

menguning, pengguguran daun pada buku terbawah, kerdil, serta berkurangnya berat kering dan hasil tanaman. Pada umumnya, genangan air menyebabkan kekurangan unsur hara atau nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, kalium, magnesium dan kalsium.

2.8 pH dan Ketersediaan Unsur Hara Dalam Tanah

pH tanah merupakan ukuran keasaman atau alkalinitas di tanah. Dalam skala pH, pH 7,0 adalah netral. Di bawah 7,0 adalah asam dan di atas 7.0 basa atau alkali. pH tanah mempengaruhi nutrisi yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Dalam kondisi sangat asam tanah, Aluminium dan Mangan dapat menjadi lebih tersedia sedangkan unsur Fosfor, dan Magnesium yang kurang tersedia. Di tanah yang sangat alkali, Fosfor mikronutrien menjadi kurang tersedia.



Gambar 2.8 pH Tanah dan Ketersediaan Unsur Hara

Kisaran pH tanah untuk optimum yang diinginkan untuk pertumbuhan tanaman bervariasi antara tanaman. Umumnya, pH tanah 6,0-7,5 diterima untuk sebagian besar tanaman karena kebanyakan nutrisi menjadi tersedia di kisaran pH ini. pH tanah

sangat penting karena mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Nitrogen, Fosfor, dan Kalium adalah nutrisi utama yang dibutuhkan dalam cukup jumlah besar. Kalsium, Magnesium, dan Sulfur nutrisi sekunder diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang lebih rendah. Seng dan Mangan diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang sangat kecil. Kekurangan mikronutrien mudah diperbaiki dengan menjaga pH tanah optimum. pH tanah juga mempengaruhi aktivitas tanah mikroorganisme. Populasi bakteri yang terurai penurunan bahan organik dan aktivitas mereka terhalang di sangat tanah asam, yang menghasilkan akumulasi dari bahan organik dan nutrisi terikat, terutama nitrogen.

2.9 Mikroorganisme Tanah

Tanah merupakan habitat berbagai macam mikroorganisme. Mikroorganisme adalah kelompok organisme yang memiliki ukuran mikroskopis atau berukuran kecil (berkisar 0,1 mm - 10 nm) (Pelczar & Chan, 1986). Tanah dihuni oleh bermacam-macam mikroorganisme, mikroorganisme tanah seperti bakteri dan jamur sangat mempengaruhi kesuburan tanah, oleh karena itu mikroorganisme merupakan salah satu aspek penting yang berperan dalam pembentukan suatu ekosistem. Mikroorganisme tanah juga bertanggungjawab atas pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara, dengan demikian mikroorganisme mempunyai pengaruh terhadap sifat kimia dan fisik tanah (Anas, 1989).

Di dalam tanah hidup berbagai jasad renik (mikroorganisme) yang melakukan berbagai kegiatan yang menguntungkan bagi kehidupan makhluk-makhluk hidup lainnya atau dengan perkataan lain menjadikan tanah memungkinkan bagi kelanjutan siklus kehidupan makhluk-makhluk alami (Sutedjo, 1996). Sebuah studi menyebutkan bahwa aktifitas bakteri berperan penting dalam kesuburan tanah, dimana aktifitasnya selalu berubah. Kemampuan tanah untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman didasarkan pada keberadaan dan keseimbangan banyak

elemen seperti Posfor, Kalsium, Sulfur, dan Natrium. Baik secara langsung maupun tidak langsung komponen-komponen bahan organik diperoleh dari bahan buangan dari manusia dan hewan, serta jaringan tumbuhan yang dibuang atau dikuburkan dalam tanah. Setelah beberapa lama, bahan-bahan tersebut berubah menjadi komponen organik dan beberapa komponen anorganik tanah (Irianto, 2006).

Keanekaragaman mikroorganisme dalam tanah merupakan salah satu penentu kesuburan tanah, selain kandungan kimiawi dari tanah itu sendiri. Hanya ada beberapa lingkungan di bumi ini yang mengandung banyak macam mikroorganisme seperti yang terkandung dalam tanah subur (Pelczar & Chan, 1986). Mikroorganisme yang menghuni tanah dapat dikelompokkan menjadi bakteri, aktinomycetes, jamur, alga dan protozoa (Rao, 1994). Mikroorganisme ini secara bersama-sama membentuk kumpulan mikroorganisme yang dapat mencapai jumlah total sampai bermilyar-milyar organisme per gram tanah.

Jumlah bakteri yang ada di dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai kondisi yang mempengaruhi pertumbuhannya, seperti temperatur, kelembapan, aerasi dan sumber energi. Tetapi secara umum populasi yang terbesar terdapat di horison permukaan. Mikroorganisme tanah lebih banyak ditemukan pada permukaan tanah karena bahan organik lebih tersedia. Oleh karena itu mikroorganisme lebih banyak berada pada lapisan tanah yang paling atas (Alexander, 1977).

a. Bakteri

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomassa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Dalam kondisi anaerob (tidak ada oksigen), bakteri mendominasi tempat dan melaksanakan kegiatan mikrobiologi dalam tanah karena jamur dan aktinomycetes tidak dapat tumbuh baik tanpa adanya oksigen. (Pelczar & Chan, 1986).

Terdapat dua divisi utama bakteri ditinjau dari ekologiannya, yaitu *Autochthonous* (penghuni sebenarnya), dan *Allochthonous* (pendatang). Selain kedua kelompok tersebut, dikenal juga kelompok *Zymogenous* yaitu yang mempunyai aktivitas tinggi jika residu segar ditambahkan ke dalam tanah (Handayanto & Hairiah, 2007).

b. Jamur

Jamur adalah mikroorganisme eukariotik yang umumnya mempunyai berbagai bentuk dan ukuran, berkisar dari sel tunggal sampai sel berantai. Jamur tidak dapat membuat makanan sendiri (heterotrofik). Jamur biasanya tumbuh baik pada lingkungan yang agak asam (pH 5) dan dapat tumbuh pada substrat dengan kadar air yang sangat rendah. Dalam klasifikasi, jamur dikelompokkan menjadi lima kelas berdasarkan bentuk alat reproduksi generatifnya, yaitu *Oomycetes*, *Zygomycetes*, *Ascomycetes*, *Deuteromycetes*, dan *Basidiomycetes* (Handayanto & Hairiah, 2007). Jumlah populasi jamur dalam tanah sedikit dibawah bakteri, jamur mendominasi semua tanah dan memiliki miselium berbenang yang tersusun dari miselium individual (Rao, 1994).

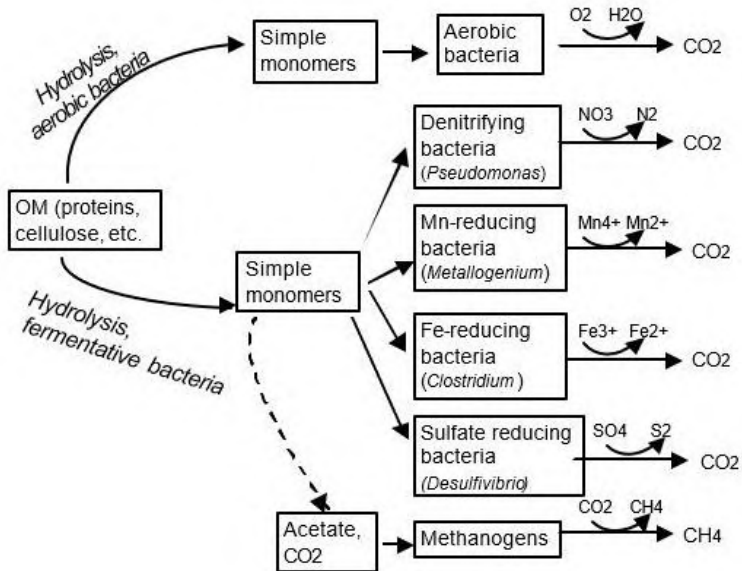
Jamur berperan penting dalam kaitanya dengan dinamika air, siklus hara dan pengendalian penyakit. Bersama-sama dengan bakteri, jamur berperan penting sebagai perombak di dalam rantai makanan tanah. Jamur mengkonversi bahan organik yang keras untuk dilumat menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh organisme lainnya. Hifa jamur secara fisik mengikat partikel tanah, menghasilkan agregat stabil yang membantu meningkatkan infiltrasi air dan kapasitas tanah menahan air (Handayanto & Hairiah, 2007).

c. Yeast/Khamir

Keberadaan mikroorganisme khamir di tanah tidak begitu tinggi jika dibandingkan dengan bakteri dan jamur. Namun, khamir di tanah memegang peranan penting dalam menstimulasi dekomposisi dan mineralisasi senyawa organik di dalam tanah. Selain itu khamir juga memegang peran penting dalam hidrolisis selulosa yang berada di dalam tanah (Kanti, 2007). Khamir

dikenal memiliki rentang ekologi yang cukup luas dan mampu hidup pada daerah ekstrem serta umumnya banyak ditemukan pada lingkungan yang memiliki bahan organik tinggi (Kanti, 2006). Khamir memiliki beberapa enzim penting seperti selulase, fosfatase, lipase, dan proteinase yang menyebabkan khamir memegang peran yang penting dalam dekomposisi senyawa organik dan dapat digunakan untuk keperluan industri. Beberapa kelompok khamir yang dominan ditemukan dalam ekosistem tanah adalah genus *Cryptococcus*, *Candida* dan *Debaryomyces*.

Pada kondisi tanah tergenang, air masuk ke dalam pori-pori menggantikan udara yang ada di dalamnya. Pada kondisi ini mikroorganisme tanah menggunakan bahan-bahan teroksidasi dalam tanah dan beberapa metabolit organik untuk mengganti oksigen sebagai penerima elektron di dalam respirasi sehingga mengakibatkan kondisi reduksi dalam tanah (Ponnamperuma, 1976 dalam Puslittanak, 2000). Tanah tergenang merupakan kondisi tanah tidak menguntungkan untuk sebagian besar bakteri karena terjadi penurunan oksigen. kisaran pH yang ditoleransi oleh bakteri tanah umumnya antara nilai-nilai 4 dan 10, dengan kondisi optimum berada pH <7. Sementara beberapa bakteri dapat segera dibatasi oleh pH. Secara umum, bakteri tanah kurang toleran terhadap tanah asam akibat tanah tergenang dan golongan mikroorganisme jamur tanah cenderung mendominasi tanah asam. Di tanah asam dengan kadar oksigen rendah, bakteri tanah anaerob akan dibatasi oleh pH sementara jamur aerobik dan bakteri akan dibatasi oleh aerasi. Bakteri tanah akan berkembang melalui kisaran suhu 10-40⁰ C, dengan kisaran optimum 25 - 35⁰ C. Meskipun dalam sebuah kasus suhu tanah hanya faktor pembatas, penting untuk dicatat bahwa dalam kolonisasi mikroorganisme tanah terdapat interaksi mikroba untuk mendapatkan sumber makanan yang akan membatasi kenaikan satu atau lebih spesies yang terlibat.



Gambar 2.9 Mikroorganisme yang Terlibat Pada Kondisi Tergenang.

Cekaman genangan menyebabkan penurunan oksigen yang tersedia, organisme yang berkembang dibawah kondisi anaerob menggunakan akseptor elektron alternatif. Urutan akseptor elektron yang tersedia dikonsumsi secara umum dapat menghasilkan energi terkait pasangan elektron. Perubahan kondisi redoks tanah tergenang dari waktu ke waktu mencerminkan ketersediaan berturut akseptor elektron terminal, dan yang akan mengatur adalah mikroba yang dapat berkembang serta memanfaatkan akseptor elektron untuk digunakan.

2.10 Analisis Unsur Hara Tanaman

Analisis sifat fisik dan kimia tanah sangat diperlukan untuk mengetahui performa tanaman tentang pengaruh lingkungan terhadap ketersediaan tingkat nutrisi dan kesesuaian media tanam terhadap tanaman budidaya dalam hal ini kedelai. Adanya cekaman genangan, di duga mempengaruhi komposisi dan tingkat ketersediaan nutrisi/ hara tanah sehingga perlu diteliti lebih lanjut. Pada tanah yang subur strukturnya gembur dengan pH 6,0 - 6,5, kandungan unsur haranya yang tersedia bagi tanaman adalah cukup dan tidak terdapat faktor pembatas dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman (Sutedjo, 2002). Menurut Prasetyo (2004), pada tanah yang tergenang akan mengalami perubahan sifat kimia tanah yang sangat mempengaruhi dinamika dan ketersediaan hara.

Secara umum analisis tanah adalah suatu kegiatan analisis kimia di laboratorium yang sederhana, cepat, murah, tepat, dan dapat diulang (*reproduceable*) untuk menduga ketersediaan hara dalam tanah. Dalam arti yang luas, uji tanah menyangkut aspek-aspek interpretasi, evaluasi dan penyusunan rekomendasi pupuk dari hasil uji tanah serta pengambilan contoh tanah (Melsted & Peck, 1972). Dengan demikian program uji tanah dapat dirangkum dalam empat komponen pokok yaitu: (1) pengambilan contoh tanah; (2) analisis tanah; (3) interpretasi; dan (4) evaluasi dan rekomendasi.

Analisis tanah dilakukan terhadap sampel tanah yang diambil di lapangan dengan metode tertentu sesuai tujuan yang diharapkan. Dalam analisis tanah, pengambilan contoh tanah harus mewakili suatu areal tertentu. Contoh tanah yang dianalisis untuk satu jenis hara hanya memerlukan beberapa gram saja. Oleh karena itu kesalahan dalam pengambilan contoh tanah menyebabkan kesalahan dalam evaluasi dan interpretasi. Pengambilan contoh tanah untuk mengetahui status hara (kesuburan tanah) menggunakan sistem *composite sample*, yaitu pencampuran contoh yang diambil dari areal yang ditentukan.

Analisis tanah di laboratorium dilakukan terhadap variabel-variabel kimia dan fisik tanah seperti: pH, Kapasitas Tukar Kation

(KTK), Nitrogen, Kalium, Fosfor, Kalsium, Magnesium (haramakro), hara mikro (Fe, Cu, Zn, B, Mo, dan lain-lain), bahan organik, Tekstur tanah dan sebagainya. Kadar unsur hara tanah yang diperoleh dari data analisis tanah bila dibandingkan dengan kebutuhan unsur hara bagi masing-masing jenis tanaman, maka dapat diketahui apakah status/kadar unsur hara dalam tanah tersebut sangat rendah rendah, sedang dan tinggi sesuai kriteria tertentu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penanaman dan pemberian perlakuan cekaman genangan telah dilakukan di Urban Farming, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada bulan April – Mei 2016. Analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah serta pengamatan respon pertumbuhan tanaman kedelai dilakukan pada bulan Mei – Juni 2016. Tempat analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Malang Jawa Timur, analisis biologi tanah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan pengamatan respon morfologi tanaman kedelai dilakukan di Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya .

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik transparan, sekrop, potray, timbangan analitik, penyangga tanaman, alat tulis menulis.

- a. Peralatan untuk Penetapan sifat fisik tanah :
(lampiran 3)
- b. Peralatan untuk penetapan sifat kimia tanah :
(lampiran 3)
- c. Peralatan yang diperlukan untuk mengetahui sifat biologi tanah:
 - Peralatan untuk menghitung jumlah koloni mikroorganisme tanah yaitu tabung reaksi, erlenmeyer, autoklaf, cawan petri, valcon tube, bunsen, timbangan analitik, kaca arloji, wrap, yellow pages, vortex dan LAF (*Lamina Air Flow*).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kedelai varietas Grobogan yang berasal dari Balitkabi Malang, air PDAM, tanah taman, pupuk, dan arang sekam.

a. Paket reagen untuk penetapan sifat fisik tanah :

(lampiran 3)

b. Paket reagen untuk analisis sifat kimia tanah :

(lampiran 3)

c. Bahan yang digunakan untuk menghitung jumlah koloni mikroorganisme tanah yaitu aquades steril, sampel tanah, alkohol, medium biakan bakteri (medium *Natrium Agar*), medium biakan yeast (medium *YMEA*) dan medium biakan jamur (medium *PDA*). (lampiran 4)

3.3 Cara Kerja

Penelitian ini menggunakan 6 kali ulangan dengan faktor yang diteliti yaitu cekaman air yang terdiri dari 4 konsentrasi yaitu kontrol, 100%, 150%, dan 200%. Pada penelitian analisis sifat fisik, kimia dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi perakaran kedelai Grobogan pada kondisi tergenang digunakan hanya 1 sampel tanah pada setiap konsentrasi dengan tambahan 1 sampel tanah untuk kondisi awal media pertumbuhan. Serta analisis jaringan tanaman yaitu hanya mengambil satu sampel untuk setiap konsentrasi yang digunakan.

3.3.1 Persiapan biji dan penyemaian

Sebelum tanam, biji kedelai Grobogan direndam terlebih dahulu dalam air selama ± 6 jam, kemudian dipilih kualitas biji kedelai yang baik (biji yang baik akan tenggelam, sedangkan yang buruk akan mengapung). Fungsi perlakuan perendaman biji yaitu untuk memecah masa dormansi dan menginisiasi proses imbibisi. Diambil sebanyak 35 benih kedelai yang siap untuk di semai. Untuk penyemaian, Ditimbang pupuk, tanah dan arang sekam dengan perbandingan 1: $\frac{1}{2}$: $\frac{1}{2}$ kemudian di aduk hingga merata dan diletakkan pada potray sebagai media penyemaian.

Setelah biji kedelai yang di semai muncul 2 daun, siap untuk dipindahkan pada media penanaman.

3.3.2 Persiapan media pertumbuhan dan penanaman

Disiapkan dan ditimbang media pertumbuhan yaitu tanah taman sebanyak 2 Kg, pupuk $\frac{1}{2}$ Kg dan Arang Sekam $\frac{1}{2}$ Kg. Ketiga media pertumbuhan di campur hingga merata dan diletakkan pada Plastik transparan sebagai tempat media Pertumbuhan. Kemudian benih kedelai Grobogan yang sudah muncul 2 daun dimasukkan pada media pertumbuhan. Setiap plastik transparan yang sudah berisi media pertumbuhan di isi dengan 1 tanaman kedelai.

3.3.3 Pengukuran kapasitas lapang

Pengukuran kapasitas lapang bertujuan untuk menentukan volume penyiraman sebagai patokan pemberian taraf penggenangan yaitu dilakukan dengan cara media tanam dalam polybag disiram dengan air sampai menetes kemudian didiamkan selama kurang lebih 3 hari sampai tidak ada air yang menetes lagi. Kemudian media tanam ditimbang berat basah dan berat keringnya. Berat basah ditimbang setelah tidak ada air yang menetes lagi dari dalam polybag. Berat kering ditimbang setelah media tanam di oven pada suhu 105^0 C selama 24 jam sampai di dapatkan berat konstan. Kebutuhan air berdasarkan kapasitas lapang di hitung dengan rumus :

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

Dimana :

KL = Kapasitas Lapang

Tb = Berat Basah

Tk = Berat Kering

(Hendriyani & Setiari, 2009).

3.3.4 Pemberian perlakuan

Tanaman kedelai yang telah di adaptasikan pada media pertumbuhan selama 10 hari, kemudian dilakukan cekaman genangan dengan konsentrasi 0% (kontrol), 100%, 150%, dan 200% (ilustrasi pelakuan cekaman genangan di lampiran 13). Dilakukan penambahan air setiap konsentrasi yang telah ditentukan berkurang, sedangkan untuk perlakuan kontrol, disiram sesuai dengan teknik budidaya tanaman kedelai. Setelah dicekam selama 14 hari maka dilakukan analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah akibat genangan serta respon perakaran tanaman kedelai.

3.3.5 Pengambilan sampel tanah

Dalam penelitian kali ini, teknik sampel yang digunakan adalah teknik pengambilan sesaat karena analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah dilakukan di laboratorium. Pengambilan sampel untuk perhitungan koloni mikroorganisme tanah dengan menggunakan pipa dengan diameter 2 cm. Pipa ditancapkan kedalam tanah hingga kedalaman ± 15 cm kemudian diangkat perlahan dan dimasukkan kedalam ziplock. Untuk pengambilan sampel sifat fisik dan kimia tanah, dicampur hingga merata tanah hasil penanaman kedelai, selanjutnya ditimbang tanah sebanyak $\frac{1}{2}$ kg dan sampel tanah dimasukkan kedalam plastik dan siap untuk di analisis.

3.3.6 Persiapan sampel tanah di laboratorium

Persiapan sampel tanah di laboratorium dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian dan Balitkabi, Malang Jawa Timur (lampiran 5).

3.3.7 Analisis Sifat Fisik Tanah

Analisis dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), Malang Jawa Timur (lampiran 5).

3.3.8 Analisis sifat kimia tanah

Analisis dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian (Balitkabi), Malang Jawa Timur (lampiran 5).

3.3.9 Analisis sifat biologi tanah

Analisis sifat biologi tanah dilakukan sebelum dan sesudah penanaman. Analisis sifat biologi tanah berupa jumlah koloni mikroorganisme tanah setelah penggenangan. Analisis dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Analisis sifat biologi tanah yaitu bertujuan untuk mengetahui jumlah koloni mikroorganisme tanah pada beberapa tingkat pengenceran. Menghitung jumlah mikroorganisme dalam tanah dengan metode TPC (*Total Plate Count*). Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 4 titik yang berbeda dalam satu polybag, kemudian sampel disimpan pada plastik dengan ziplock untuk menghindari kontaminasi udara terhadap sampel. Pencampuran sampel dari empat titik tersebut dilakukan di laboratorium. Disiapkan sampel tanah sebanyak 10 gram untuk masing – masing sampel tanah (sampel tanah awal, kontrol, 100%, 150% dan 200%). Dimasukkan 10 gram tanah kedalam dengan ditambahkan 90 ml aquades steril. Diambil 1 ml larutan tanah yang telah di homogenkan dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquades steril (pengenceran 10^{-1}) kemudian di vortex. Dilakukan serial pengenceran hingga 10^{-7} .

Inokulasi mikroorganisme

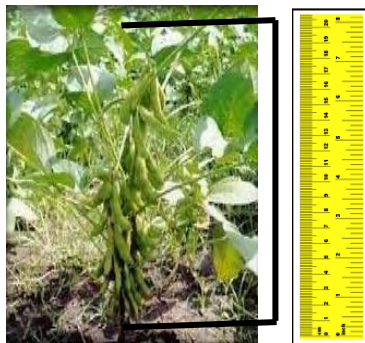
Inokulasi mikroorganisme tanah menggunakan metode *pour plate*. Diambil 1 ml larutan tanah dari serial pengenceran 10^{-3} sampai 10^{-7} dan dimasukkan kedalam cawan petri steril. Dituangkan kurang lebih 7 – 10 ml medium biakan ke cawan petri berisi 1 ml larutan tanah. Medium biakan masing-masing

mikroorganisme berbeda. Medium biakan bakteri tanah digunakan medium NA (*Medium agar*), medium biakan yeast digunakan medium YMEA ditambahkan dengan kloramfenikol dan untuk medium biakan jamur digunakan medium PDA. Diberi label pada masing-masing cawan petri. Kegiatan isolasi mikroorganisme dilakukan pada ruangan steril yaitu LAF (*lamina air flow*) . Setelah itu di inkubasi biakan mikroorganisme pada suhu ruang. Waktu inkubasi masing-masing mikroorganisme berbeda. Inkubasi bakteri dan yeast yaitu membutuhkan waktu 24 – 48 jam sedangkan inkubasi jamur selama 5 – 7 hari (Dwidjoseputro,2005).

3.3.10 Pengamatan morfologi tanaman kedelai

a. Tinggi tanaman

Pengukuran tinggi tanaman bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman yang diukur mulai dari pangkal batang diatas permukaan tanah hingga ujung titik tumbuh tanaman. Pengukuran dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 6 hari (muncul dua daun) tanam sampai 30 hari setelah tanam dengan selang waktu pengamatan selama 2 hari. Satuan pengukuran dalam centimeter (cm).



Gambar 3.1 Pengukuran Tinggi Tanaman Kedelai

b. Berat basah dan berat kering tanaman

Pengukuran berat basah dan kering tanaman bertujuan untuk mengetahui kadar air yang mampu diserap oleh organ tanaman dan untuk mengetahui hasil fotosintesis yang terjadi selama perlakuan cekaman. Pengukuran dilakukan setelah perlakuan cekaman. Pengukuran berat basah tanaman dengan cara menimbang tanaman yang sudah dibersihkan dari kotoran dan sudah di potong menjadi bagian-bagian (akar, daun, batang, dan polong). Sedangkan untuk berat kering dengan cara memasukkan tanaman yang sudah dibersihkan dari kotoran ke dalam oven dengan suhu 105⁰ C hingga didapatkan berat yang konstan.

c. Morfologi akar

Pengamatan morfologi akar tanaman bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara perakaran tanaman yang tumbuh pada kondisi tanah kontrol dengan perakaran tanaman pada kondisi tanah tergenang. Pengamatan morfologi akar dilakukan setelah penanaman dan akar sudah dibersihkan dari kotoran. Pengamatan morfologi akar dengan cara meletakkan akar tanaman kedelai pada berbagai konsentrasi pada alas hitam, kemudian di dokumentasi dan dideskripsikan.

3.4 Perhitungan

3.4.1 Perhitungan sifat fisik tanah

(lampiran 6)

3.4.2 Perhitungan sifat kimia tanah

(lampiran 6)

3.4.3 Perhitungan sifat biologi tanah

Untuk perhitungan jumlah koloni mikroorganisme tanah menggunakan metode TPC. Jumlah mikroorganisme tanah per mL dapat ditentukan dengan menghitung koloni yang tumbuh dari masing- masing pengenceran. Penentuan jumlah bakteri per mL dengan rumus :

$$\text{Populasi bakteri (CFU/ml)} = \frac{a}{v} \times \frac{1}{df}$$

dengan,

CFU : Coloni Forming Unit

- a : Rata- rata jumlah koloni/petri
 df : Faktor Pengenceran
 v : Volume suspensi kultur yang disebarkan

3.5 Rancangan Penelitian dan Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan analisa akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis data secara kualitatif meliputi tekstur tanah, unsur NPK tanah, pH tanah, jumlah koloni mikroorganisme tanah, diameter batang dan perakaran tanaman dengan menggunakan analisa deskriptif. Sedangkan analisa data secara kuantitatif meliputi berat basah tanaman, berat kering tanaman dan tinggi tanaman dengan menggunakan uji statistik ANOVA *one way* pada taraf signifikan (α) 0,05 untuk mengetahui pengaruh perlakuan konsentrasi genangan pada parameter yang diamati.

Hipotesis yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

H_0 = tidak ada pengaruh konsentrasi genangan terhadap berat basah tanaman, berat kering tanaman dan tinggi tanaman kedelai

H_1 = ada pengaruh konsentrasi genangan terhadap terhadap berat basah tanaman, berat kering tanaman dan tinggi tanaman kedelai

Jika angka signifikansi $\leq 0,05$ maka dapat dikatakan terdapat pengaruh yang signifikan (H_0 ditolak). Sedangkan jika angka signifikansi $\geq 0,05$ maka dapat dikatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan (gagal tolak H_1). Apabila dari hasil analisis variasi terdapat pengaruh yang signifikan maka perlu dilakukan uji lanjut dengan Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Cekaman Genangan terhadap Sifat Fisik Tanah

Komposisi tanah yang optimal untuk pertumbuhan tanaman harus mengandung sekitar 50% ruang padat dan 50% ruang berpori. Dalam ruang berpori, campuran udara dan air seharusnya 50:50, oleh karena itu 25% dari volume tanah harus ditempati oleh udara. Difusi gas dikondisikan oleh sifat fisik tanah, diantaranya porositas tanah (Hillel, 1980). Pada seberapa besar tanah, aktivitas mikroorganisme dan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat ketika porositas dengan udara menurun hingga kurang dari 20%, yang berkaitan dengan sifat-sifat tanah seperti tekstur, struktur, kadar air, mineralogi tanah liat dan hubungan adsorpsi natrium.

Karakteristik fisik tanah yang penting untuk diamati dalam menentukan kesuburan tanah meliputi struktur tanah dan tekstur tanah. Pada penelitian ini sifat fisik tanah yang dianalisis yaitu tekstur tanah. Tekstur tanah dikatakan baik apabila komposisi antara pasir, debu dan liatnya hampir seimbang (Ruijter, 2004). Berdasarkan metode Segitiga Tekstur (USDA), kategori untuk tanah kondisi awal yaitu lempung berliat (pasir 37%, debu 35% dan liat 28%), kategori tekstur tanah kontrol yaitu lempung berpasir (53%, debu 31%, dan liat 16%), dan kategori tekstur tanah tergenang 200% yaitu lempung berpasir 60%, debu 27% dan liat 13%. Secara lebih lengkap, data dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Analisis Sifat Fisik Tanah

Parameter	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	
		Kontrol	200%
Tekstur Tanah			
a. Pasir (%)	37	53	60
b. Debu (%)	35	31	27
c. Liat (%)	28	16	13
Kategori Tekstur Tanah	Lempung Berliat	Lempung Berpasir	Lempung Berpasir

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium BPTP Jawa Timur 2016.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terdapat perubahan sifat fisik akibat perlakuan cekaman genangan antara kondisi awal tanah dengan kondisi akhir tanah (tanah kontrol dan tergenang 200%). Pada kondisi awal, persentasi fraksi pasir lebih rendah dibandingkan dengan kondisi akhir atau genangan. Hal ini disebabkan oleh adanya perlakuan penambahan air pada masing-masing sampel tanah. Pada kondisi awal tanah, tidak dilakukan penambahan air sehingga tidak mengalami pemecahan butir-butir mineral tanah. Sedangkan pada tanah kontrol dan tergenang 200%, didominasi oleh fraksi pasir akibat penambahan air yang menyebabkan daya menahan air rendah, sehingga pergerakan air jenuh lebih mudah dan cepat. Selain itu, efek dari penggenangan akan menghambat pertukaran gas di atmosfer dan gas di dalam air terutama oksigen (Michelle *et al.*, 2015).

Ketika terjadi penambahan air, laju infiltrasi dapat mengakibatkan partikel liat dilapisan tanah bergerak secara vertikal terakumulasi dilapisan bawah dan menyebabkan adanya selaput liat (Hakim dkk, 1986). Hal tersebut akan mengakibatkan lapisan atas tanah didominasi oleh partikel pasir, sehingga menciptakan besarnya ruang pori tanah, meningkatnya daya resapan air kelapisan dibawahnya dan meningkatnya laju evaporasi karena daya ikat air partikel pasir yang lemah (Hillel & Daniel, 1980). Pada tanah kontrol dengan tanah tergenang jumlah fraksi pasir tidak menunjukkan jumlah yang berbeda, karena

tanah kontrol dan tanah tergenang 200% sama-sama mengalami penambahan air yang mengakibatkan partikel liat dilapisan tanah terakumulasi dibawah sehingga fraksi pasir akan mendominasi lapisan tanah. Kondisi ini mengakibatkan semakin banyak penambahan air maka akan semakin tinggi fraksi pasir yang terbentuk.

Hasil penelitian Intara dkk (2011) menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah partikel liat pada suatu tanah akan menurunkan laju evaporasi tanah, sehingga mengakibatkan tingginya kadar air dan kapasitas air tersedia pada tanah. Menurut Hillel dan Daniel (1980), hal tersebut terjadi karena semakin kecil ukuran partikel tanah akan semakin luas permukaan dan semakin kuat partikel-partikel tersebut berikatan dan memegang air.

Pada tabel 4.1, komposisi fraksi tanah yang seimbang yaitu pada tanah awal dibandingkan dengan kondisi akhir tanah. Hal ini dapat terjadi karena tanah awal tidak mengalami perubahan fraksi tanah akibat penambahan air. Tekstur tanah cukup berperan dalam kesuburan tanah, semakin tinggi jumlah fraksi liat pada tanah maka semakin tinggi bahan organik dalam tanah. Pada tanah kontrol dan tergenang 200% didominasi fraksi berpasir. Tanah berpasir memiliki nilai total porositas kurang dari tanah liat, tetapi pori-pori yang lebih besar terhubung dengan baik di pasir. Pada tanah yang bertekstur halus (liat), memiliki nilai persentase ruang dengan udara cenderung menurun karena tanah liat memiliki pori-pori kecil yang mampu mempertahankan air dibandingkan dengan tanah bertekstur kasar. Dengan demikian, tanaman cenderung menderita keterbatasan oksigen lebih sering pada tanah liat terlepas dari porositas total mereka yang lebih besar (Sojka & Scott, 2000).

Kondisi awal tanah pada penelitian ini yaitu lempung berliat, dimana tanah dengan tekstur lempung atau liat mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara sangat tinggi. Menurut Ruijter dan Agus (2004), semakin halus butir-butir tanah, maka semakin kuat tanah tersebut memegang air dan unsur hara. Sedangkan tanah

dengan butir-butir yang terlalu kasar (pasir) tidak dapat menahan air atau unsur hara. Dengan demikian, tanaman yang tumbuh pada jenis tanah berpasir mudah mengalami kekurangan unsur hara.

Tekstur tanah juga berpengaruh terhadap KTK (Kapasitas Tukar Kation). Hasil penelitian menunjukkan tekstur tanah awal lebih halus dibandingkan dengan tanah kontrol dan tanah tergenang. Semakin halus tekstur tanah semakin tinggi pula KTK nya. Menurut Hasibuan (2006), kapasitas tukar kation tekstur lempung berliat lebih tinggi dibandingkan kapasitas tukar kation tekstur lempung berpasir yaitu 15-20 (me/100g) untuk lempung berliat dan 5-10 (me/100g) untuk tanah berpasir. Pada tanah dengan nilai KTK relatif rendah, proses penyerapan unsur hara oleh koloid tanah tidak berlangsung intensif, dan akibatnya unsur-unsur hara tersebut akan dengan mudah tercuci dan hilang bersama gerakan air di tanah (infiltrasi, perkolasi), dan pada gilirannya hara tidak tersedia bagi pertumbuhan.

4.2 Pengaruh Cekaman Genangan terhadap Sifat Kimia Tanah

Cekaman genangan menyebabkan tidak adanya molekul oksigen yang memicu serangkaian perubahan sifat fisik-kimia tanah. Banyak dari perubahan ini menghasilkan akumulasi ion logam berkurang, organik dan asam volatil, yang berpotensi merusak akar tanaman. Analisis sifat kimia tanah yang dianalisis pada penelitian ini yaitu pH, unsur N,P, dan K. Berdasarkan kriteria penilaian hasil analisis tanah, data analisis sifat kimia tanah dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah

Parameter	Satuan	Kontrol	Nilai	200%	Nilai
Unsur N	%	0,24	Sedang	0,21	Sedang
Unsur P tersedia	Ppm	220	Sangat Tinggi	241	Sangat Tinggi
Unsur K	me.100g ⁻¹	3,66	Sangat Tinggi	3,7	Sangat Tinggi
pH tanah (Soil tester) *1 minggu penggenangan		6,6	Netral	4,5	Masam
pH tanah (KCl) *2 minggu penggenangan		6,7	Netral	6,8	Netral

Sumber : Hasil Analisis di Laboratorium BPTP Jawa Timur 2016.

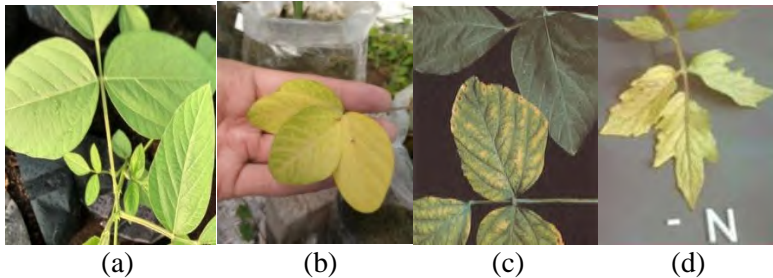
4.2.1 Ketersediaan unsur nitrogen pada tanah tergenang

Nitrogen merupakan unsur hara bagi tumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan dan pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar. Fungsi nitrogen bagi tanaman yaitu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau (pada daun muda berwarna kuning), peningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman, meningkatkan jumlah mikroorganisme di dalam tanah (Sutejo, 1995).

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kandungan unsur N pada tanah kontrol dan tanah tergenang 200% tidak menunjukkan hasil yang berbeda yaitu selisih 0,03% dan keadaan hara tergolong sedang. Kandungan nitrogen pada tanah tergenang 200% yang lebih sedikit dibandingkan dengan nitrogen pada tanah kontrol,

dapat terjadi karena adanya pencucian, diserap oleh tanaman dan nitrat cepat hilang karena proses denitrifikasi. Perlakuan penggenangan menyebabkan konsentrasi O_2 dalam tanah menurun. Pada kondisi demikian, NO_3^- digunakan sebagai penerima elektron menggantikan O_2 . Hal ini mendukung terjadinya reduksi NO_3^- dalam tanah menjadi gas N_2O dan kemudian menjadi gas N_2 (proses denitrifikasi).

Hakim dkk, (1986) menyatakan bahwa pada kondisi tanah tergenang akan menyebabkan penurunan ketersediaan N dalam tanah maupun penurunan penyerapannya. Hal ini di dukung oleh penelitian yang dilakukan Rasaei *et al.*, (2012), yang menyatakan bahwa perlakuan penggenangan tanah selama periode 30 hari menyebabkan penurunan kandungan unsur hara dalam tanah yaitu mengalami penurunan dari 0,16% menjadi 0,07%. Sedangkan, pada penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda, dimana keadaan hara nitrogen tanah tergenang 200% selama 14 hari masih tergolong sedang (0,21%). Hal ini dapat terjadi karena pada tanah tergenang masih terdapat bakteri penambat nitrogen yang masih hidup dan mampu memfiksasi nitrogen contohnya bakteri *Cyanobacteria*, dimana bakteri ini hidup pada tanah tergenag dengan menghasilkan O_2 dalam proses fotosintesisnya. Selain itu tanaman *legume* mampu melakukan fiksasi (penambatan) nitrogen dengan bantuan bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium*) yang dapat meningkatkan kesuburan tanah. Namun, pada kondisi fisik tanah tergenang dapat menyebabkan berkurangnya populasi *Rhizobium* dalam tanah (Purwaningsih, 2008).



Gambar 4.1 Daun Tanaman Kedelai (a) Kontrol (b) Tergenang 200% (c) Literatur Tanaman Kedelai Kahat Mg (d) Literatur Tanaman Tomat Kahat N.

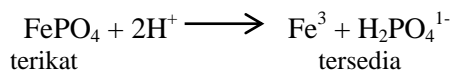
Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan antara daun yang ditumbuhkan pada tanah kontrol dengan daun pada tanah tergenang 200%. Pada tanah kontrol dengan kandungan unsur nitrogen sedang (0,24%) menunjukkan warna daun berwarna hijau. Hal ini menunjukkan tanaman kedelai pada tanah kontrol mampu menyerap unsur nitrogen dalam tanah yang dapat dilihat dari warna hijau daun tanaman kedelai yang menandai unsur nitrogen pada tanaman tercukupi. Sedangkan pada tanah tergenang 200% kandungan unsur nitrogen sedang (0,21%) menunjukkan perubahan warna daun menjadi kekuning-kuningan. Salah satu gejala defisiensi nitrogen adalah *khlorosis* (Jaringan tanaman menguning dan kekurangan khlorofil yang merata) pada daun tua, karena sifatnya yang *mobile* di dalam tubuh tanaman, gejala kekurangan unsur hara nitrogen akan tampak pertama kali pada daun-daun tua, ujung daun mengering dan daun-daun muda terlihat berwarna lebih muda (hijau muda). Hal ini tidak sesuai dengan ketersediaan nitrogen dalam tanah yang masih tergolong sedang, gejala defisiensi daun tanaman kedelai pada kondisi tergenang 200% dapat disebabkan defisiensi unsur Mg yaitu terjadi khlorosis antar tulang daun pada daun tua. Tepi daun nampak kuning atau jingga kemerahmerahan sedang tulang daun tengah tetap hijau (Epstein & Bloom, 2004).

4.2.2 Ketersediaan unsur P-tersedia pada tanah tergenang

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- , dan HPO_4^- . Secara umum, fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman yaitu dapat mempercepat pertumbuhan akar, dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa, dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah serta dapat meningkatkan produksi biji-bijian. Pada tabel 4.2 menunjukkan unsur P-Tersedia antara tanah kontrol dan tanah tergenang berbeda. Unsur P-Tersedia tanah tergenang 200% yaitu 241 ppm lebih besar dibandingkan dengan unsur P-Tersedia tanah kontrol yaitu 220 ppm. Namun kedua sampel tanah kontrol dan tanah tergenang 200%, ketersediaan unsur P-Tersedia tergolong sangat tinggi.

Perubahan suasana oksidatif ke reduktif mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk Besi dari ferri-fosfat tereduksi menjadi ferro-fosfat dan masuk kedalam larutan tanah. Menurut Ponnampurna (1976), pada kondisi tergenang fosfor lebih muda tersedia bagi tanaman, dimana besi larut dalam tanah dengan penggenangan mula-mula meningkat kemudian terus meningkat hingga mencapai keadaan stabil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa tanah tergenang 200%, kandungan unsur P-Tersedia lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kontrol yaitu selisih 21%. Genangan berdampak negatif terhadap ketersediaan unsur N, tetapi terdapat keuntungan dari genangan yaitu peningkatan ketersediaan unsur, antara lain unsur P, K, Ca, dan Si.

Perlakuan genangan 200% telah menstimulasi aktivitas mikroorganisme tanah, sekaligus mendorong terjadinya reduksi besi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Hara-hara yang terikat dengan Fe-P akan dilepas sehingga tersedia, dengan reaksi sebagai berikut (Darman, 2003).



dari reaksi tersebut terlihat bahwa dengan ditekannya kelarutan Fe kedalam larutan tanah, maka semakin kecil kapasitasnya dalam memfiksasi hara P, sehingga secara langsung meningkatkan ketersediaan P dalam bentuk senyawa ortofosfat yang tersedia bagi tanaman. Didukung dengan hasil penelitian yaitu pada perlakuan genangan selama 14 hari pH tanah akan netral dan menjadikan sebagian unsur hara menjadi lebih tersedia (lihat gambar 2.8).

4.2.3 Ketersediaan unsur kalium pada tanah tergenang

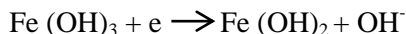
Unsur K memiliki peranan yang penting pada tanaman, diantaranya adalah berfungsi dalam metabolisme karbohidrat, metabolisme nitrogen dan sintesa protein, menetralkan asam organik yang penting bagi proses fisiologi, mengatur berbagai aktifitas unsur mineral, mengaktifkan berbagai enzim (invertase, peptase, diatase, dan katalase), mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik, mengatur pergerakan stomata, menjaga tekanan turgor dalam tanaman, menambah resisten tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Tanaman yang kekurangan unsur K, ujung daun berubah menjadi kekuningan gejala mulai tampak mulai dari ujung daun kemudian kepinggir daun hingga kebagian dasar daun hingga daun menjadi berwarna coklat (Dobermann & Fairhurst, 2000).

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa jumlah unsur K tanah kontrol dan tanah tergenang tidak berbeda jauh. Pada tanah tergenang 200%, jumlah unsur K yaitu 3,7 me/100g lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kontrol yaitu 3,66 me/100g. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa penggenangan tanah akan menurunkan potensial redoks (Eh) tanah sehingga meningkatkan kelarutan Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Kation-kation ini dapat menggantikan K yang diadsorpsi liat sehingga K dilepaskan dalam larutan. Oleh sebab itu, penggenangan dapat meningkatkan ketersediaan K tanah (Prasetyo dkk, 2004).

4.2.4 Perubahan pH tanah pada tanah tergenang

pH tanah menunjukkan derajat keasaman tanah atau keseimbangan antara konsentrasi H^+ dan OH^- dalam larutan tanah. Pada pengukuran pertama (1 minggu setelah penggenangan), pH tanah tergenang 200% cenderung asam ($pH = 4,5$) dibandingkan dengan tanah kontrol ($pH =$). Pada saat penggenangan, pH tanah akan menurun selama beberapa hari pertama hingga mencapai titik minimum, setelah beberapa minggu kemudian pH akan meningkat kembali untuk mencapai nilai pH netral yaitu sekitar 6,7–7,2. Penurunan pH pada awal penggenangan disebabkan oleh akumulasi CO_2 dan terbentuknya asam organik (Prasetyo, dkk, 2004). Asam organik yang terbentuk menyebabkan pH tanah menjadi masam akibat perubahan jalur metabolisme dari respirasi aerobik menjadi respirasi fermentasi anaerob pada saat tanaman mengalami stres genangan. Ketika kondisi hipoksia atau anoksia terjadi, pH sitoplasma menunjukkan penurunan awal yang dikaitkan dengan produksi awal asam laktat melalui fermentasi. Menurut "teori pH-stat Davies-Roberts", penurunan pH memungkinkan pengalihan dari laktat ke fermentasi etanol dengan menghambat *laktat dehidrogenase* (LDH) dan aktivasi ADH (Chang *et al.*, 2000).

Pada pengukuran kedua (2 minggu setelah penggenangan), pH tanah tergenang 200% berubah menjadi netral ($pH = 6,8$). Peningkatan nilai pH pada tanah tergenang 200% disebabkan adanya kontribusi bahan organik yang melepaskan ion OH^- karena terjadi proses reduksi. Dalam kondisi demikian, pH pada tanah masam dapat meningkat hingga pH menjadi netral bila tergenang beberapa minggu dan pada penelitian ini tanah mengalami genangan selama 2 minggu. Keberadaan ion Fe^{3+} dalam tanah tereduksi akan berubah menjadi Fe^{2+} sehingga berpeluang melepaskan OH^- dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi kemasaman (pH) tanah yang tergenang dipengaruhi oleh konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dalam air. Jika kadar CO_2 dalam air berada pada titik kesetimbangan dengan kadar CO_2 di atmosfer, pH-nya mendekati 7,0 atau mendekati netral. pH larutan tanah pada tanah tereduksi mungkin stabil pada pH antara 6,5 sampai 7,00. Perubahan ini, terutama disebabkan oleh reduksi besi (Fe^{3+} menjadi Fe^{2+}) atau komponen tanah lainnya yang menghasilkan kelebihan OH^- pada tanah masam sehingga dapat menetralkan kemasaman. Peningkatan pH pada tanah masam dapat menguntungkan bagi tanaman kedelai, diantaranya dapat menekan keracunan aluminium, mangan, besi, karbon dioksida, dan asam organik serta meningkatkan ketersediaan P, Si, dan Mo; serta mendukung proses mikroorganisme yang melepaskan berbagai nutrisi (Prasetyo dkk, 2004).

Potensial redoks (E_h) memberikan ukuran kecenderungan suatu zat untuk menerima atau memberi elektron, dan merupakan salah satu indikator yang paling tepat dari perubahan kimia yang dihasilkan selama genangan air dari tanah (Pezeshki & DeLaune, 1998). Reaksi potensial redoks dan pH pada tanah tergenang selalu bekerja bersama-sama, dan keadaan ini sangat berpengaruh terhadap keseimbangan reaksi kimia tanah. Meningkatnya nilai pH pada tanah masam dan berkurangnya nilai pH pada tanah alkalin akibat penggenangan akan membantu pengambilan unsur hara oleh tanaman (Patrick & Reddy, 1978).

4.3 Pengaruh Cekaman Genangan terhadap Sifat Biologi Tanah

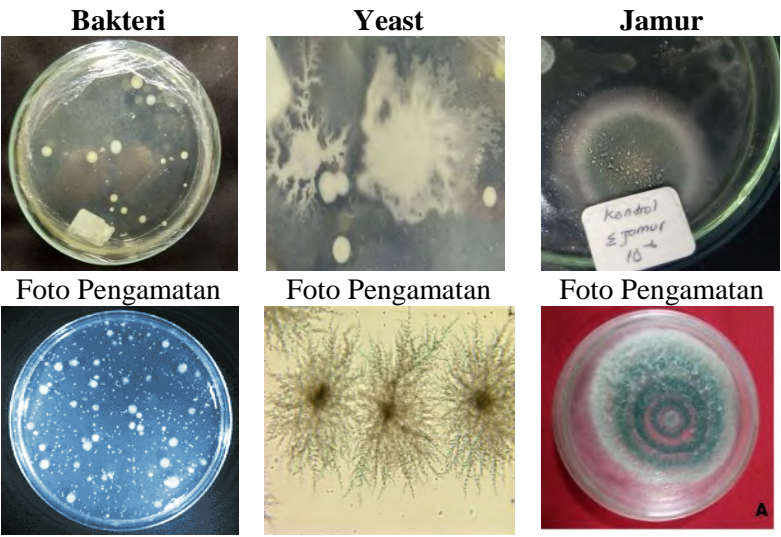
Penggenangan merupakan salah satu faktor perubahan komunitas kelompok mikroorganisme dalam tanah. Menurut Stahl *et al.*, (2006), penggenangan tanah akan menurunkan secara perlahan konsentrasi oksigen yang diikuti oleh proses reduksi berbagai komponen mineral tanah. Berkurangnya O_2 pada kondisi tergenang akan menurunkan populasi mikroba aerob obligat dan meningkatkan populasi mikroba anaerob (fakultatif dan obligat).

Berikut merupakan hasil analisis perhitungan jumlah koloni mikroorganisme tanah pada kondisi normal dan tergenang.

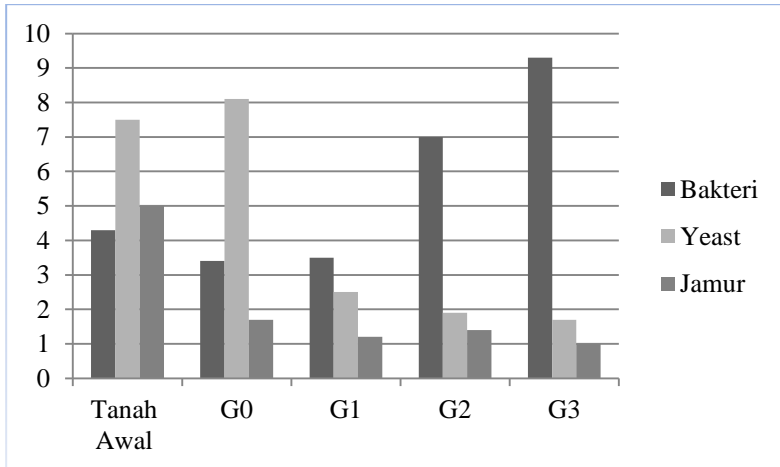
Tabel 4.3 Perhitungan Jumlah Koloni Mikroorganisme Tanah (10² CFU/ml)

M.O Tanah	Sampel Tanah Awal	Sampel Tanah Akhir			
		G0	G1	G2	G3
Bakteri	4,3	3,4	3,5	7,0	9,3
Yeast	7,5	8,1	2,5	1,9	1,7
Jamur	5,0	1,7	1,2	1,4	1,0

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%



Gambar Literatur Gambar Literatur Gambar Literatur
Gambar 4.2 Hasil Pengamatan Makroskopis Mikroorganisme Tanah.



Gambar 4.3 Grafik Jumlah Koloni Mikroorganisme Tanah (10^2 CFU/ml).

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%.

Pada tanah dengan aerasi yang baik, O_2 yang masuk dan CO_2 yang keluar cukup cepat untuk menghambat kekurangan oksigen dan toksisitas karena CO_2 berlebih. Pada umumnya, ketika lebih dari 90% dari ruang berpori di tanah penuh air, maka akan mengurangi aerasi yang merupakan hambatan serius untuk menurunkan pertumbuhan karena ketersediaan oksigen rendah (Dexter, 1988; Cook & Knight, 2003). Pergerakan gas dalam tanah adalah peristiwa yang dinamis di mana gas yang diangkut terutama melalui difusi; parameter utama untuk dipertimbangkan adalah koefisien difusi gas dalam tanah, yang tergantung pada tekstur, struktur, distribusi, ukuran dan pori-pori konektivitas, dan tortuositas. Dengan demikian, peningkatan pori-pori jenuh dengan air akan menurunkan gerakan oksigen, karena difusi dalam air adalah 10.000 kali lebih lambat daripada di udara (Moldrup *et al*, 2000; Nickum *et al*, 2010) menghasilkan lingkungan anaerob dalam beberapa jam jika oksigen dikonsumsi oleh aktivitas mikroorganisme dan akar (Drew, 1992; Nickum *et al*, 2010).

Pada grafik 4.2 menunjukkan semakin tinggi perlakuan genangan yang diberikan menyebabkan jumlah koloni bakteri meningkat. Jumlah bakteri antara tanah awal dengan tanah G0 mengalami penurunan yaitu $4,3 \times 10^2$ CFU/ml menjadi $3,4 \times 10^2$ CFU/ml, hal ini dapat terjadi karena bahan organik pada tanah G0 lebih banyak dibandingkan dengan bahan organik pada tanah G1 yang sebagian unsur hara diserap oleh tanaman kedelai untuk pertumbuhannya. Semakin banyaknya bahan organik sebagai suplai makanan atau energi di dalam tanah menyebabkan semakin meningkatnya pertumbuhan populasi mikroorganisme yang kemudian akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Hanafiah *et al.*, 2009). Pemanfaatan tanah secara terus menerus, maka unsur hara yang terkandung di dalamnya sedikit demi sedikit akan berkurang dan akan mempengaruhi jumlah koloni bakteri yang hidup di tanah. Sedangkan jumlah koloni bakteri pada tanah G0 dengan G1, G2 dan G3 mengalami perbedaan yaitu semakin tinggi perlakuan genangan yang diberikan maka semakin tinggi jumlah koloni bakteri yang didapatkan. Jumlah koloni bakteri tertinggi yaitu pada perlakuan G3 (tanah tergenang 200%) sebanyak $9,3 \times 10^2$ CFU/ml.

Pada kondisi tergenang, kebutuhan oksigen yang tinggi dibandingkan dengan laju penyediaannya yang rendah yang menyebabkan terbentuknya dua lapisan tanah yang sangat berbeda, yaitu lapisan permukaan yang oksidatif atau aerobik dimana tersedia oksigen dan lapisan reduktif atau anaerobik dibawahnya dimana tidak tersedia oksigen bebas. Jumlah koloni bakteri pada tanah tergenang 200% lebih tinggi dibandingkan dengan dengan jumlah koloni bakteri pada tanah awal dan kontrol, sangat dimungkinkan terdapat bakteri penambat N yang bersifat anaerob, di dukung dengan data jumlah N total pada tanah tergenang masih dalam kondisi sedang atau masih mencukupi untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, terdapat beberapa mikroorganisme yang terlibat pada kondisi tergenang seperti *Mn-reducing bacteria*, *Fe-reducing bacteria* dan *sulfate reducing bacteria* (lihat gambar 2.7).

Terdapat tiga kelompok mikroba tanah yang sangat berperan dalam proses perubahan kimia tanah tergenang yaitu mikroba aerob yang terdapat dalam lapisan atas tanah yang tipis disebut lapisan oksidasi, dan dalam air genangan yang memanfaatkan oksigen yang terdapat dalam air genangan. Pada lapisan tipis ini proses oksidasi secara biologis terjadi seperti misalnya oksidasi NH_4^+ menjadi NO_3^- atau S^{2-} menjadi SO_4^{2-} . Sedangkan lapisan dibawahnya disebut lapisan reduksi dimana hidup mikroba-mikroba fakultatif dan obligat anaerob yang mendapatkan sumber energinya melalui reduksi biologis dari senyawa-senyawa NO_3^- , SO_4^{2-} , Fe^{3+} , dan Mn^{4+} menjadi NO_2^- , SO_2^{2-} , S^{2-} , Fe^{2+} dan Mn^{2+} .

Pada masa penggenangan terjadi peningkatan pH tanah masam dan menurunkan pH tanah basa sampai mendekati pH netral (Ponnamperuma, 1972; Patrick dan Reddy, 1978). pH tanah mempengaruhi perkembangan organisme. Pada umumnya bakteri tumbuh dengan baik pada pH sekitar 7 meskipun dapat tumbuh pada kisaran pH 5-8. Bakteri akan berkembang biak pada pH lebih dari 5,5 dan perkembangannya akan berhenti pada pH kurang dari 5,5 (Lay, 1994). Pada penggenangan selama 1 minggu menunjukkan nilai 4,5 dimungkinkan bakteri tanah mengalami penurunan jumlah karena tidak mampu hidup pada pH kurang dari 4,5. Kemudian jumlah koloni bakteri pada tanah tergenang 200% menunjukkan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan tanah awal, hal ini dapat terjadi karena pH tanah setelah penggenangan selama 2 minggu yaitu 6,8 (netral), dimana pertumbuhan bakteri akan optimum apabila tanah memiliki pH netral dan meningkat seiring dengan meningkatnya pH (Simanungkalit *et al.*, 2006).

Perubahan pH mendekati nilai 7 ini meningkat ketersediaan fosfat yang semula banyak terikat pada Fe-P atau Al-P pada tanah masam dan Ca-P pada tanah basa (Ponnamperuma, 1972). Beberapa mikroba yang aktivitasnya tertekan pada tanah bereaksi masam atau basa meningkat pesat pada masa penggenangan (Kyuma, 2004). Peningkatan jumlah koloni bakteri pada tanah tergenang 200% juga dapat dipengaruhi oleh meningkatnya

bakteri denitrifikasi. Bakteri denitrifikasi berkembang dalam kondisi tergenang. Hal ini disesuaikan dengan cara sintesis O_2 bakteri denitrifikasi yang dapat mengubah nitrat menjadi gas nitrogen dan gas oksigen. Akibatnya, bakteri denitrifikasi memiliki keunggulan mampu berkompetitif dalam kondisi tergenang air.

Pada grafik 4.2 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan jumlah koloni jamur antara tanah awal, G0, G1, G2 dan G3. Efek penggenangan menyebabkan penurunan jumlah koloni jamur yaitu pada tanah G3 jumlah koloni jamur yang didapatkan lebih sedikit dibandingkan dengan tanah awal. Menurut Elaine R. Ingham (2003), jamur merupakan organisme aerob, tanah yang menjadi anaerob untuk periode yang signifikan umumnya kehilangan komponen jamur. Selain faktor ketersediaan oksigen, pH tanah juga mempengaruhi pertumbuhan jamur, pada pH 5 (agak masam) jamur mampu tumbuh dengan baik, hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada tanah tergenang 200% dengan kondisi pH netral, koloni jamur tidak dapat tumbuh dengan baik sehingga mengalami penurunan jumlah koloni. Penurunan jumlah jamur atau fungi dapat dipengaruhi oleh pH tanah. Pertumbuhan jamur akan terhambat di lingkungan tanah basah di bawah kondisi anaerob karena tidak adanya oksigen dan perubahan pH tanah (asam menjadi netral), penurunan mikroba ini karena bergeser dari respirasi aerob menjadi anaerob. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Lubis (2008), didapatkan hasil bahwa dengan meningkatnya pH tanah maka jumlah jamur yang terdapat dalam tanah tersebut akan menurun, dimana jamur biasanya paling suka dengan pH yang masam. Berdasarkan peran jamur dalam tanah, jumlah koloni jamur yang menurun pada tanah tergenang 200% menyebabkan rendahnya kemampuan mengikat partikel tanah, rendahnya konversi bahan organik, dan tidak menghasilkan agregat yang stabil yang membantu meningkatkan infiltrasi dan kapasitas tanah menahan air (Handayanto & Hairah, 2007).

Selain menurunkan jumlah koloni jamur, efek dari penggenangan juga menurunkan jumlah yeast dalam tanah. Hal ini dapat diakibatkan oleh perubahan pH tanah menuju netral dan menurunnya kadar oksigen dalam tanah akibat perlakuan penggenangan. Kebanyakan khamir lebih cepat tumbuh pada pH 4,0 – 4,5, selain itu Yeast bersifat fakultatif yang artinya dapat hidup dalam keadaan anaerob maupun aerob, namun dapat tumbuh baik pada substansi dengan kelembaban rendah. Keberadaan mikroorganisme yeast di tanah tidak begitu tinggi jika dibandingkan dengan bakteri dan jamur. Namun, khamir di tanah memegang peranan penting dalam menstimulasi dekomposisi dan mineralisasi senyawa organik di dalam tanah. Selain itu khamir juga memegang peran penting dalam hidrolisis selulosa yang berada di dalam tanah (Kanti, 2007). Dengan menurunnya jumlah koloni yeast pada tanah tergenang 200%, maka dekomposisi dan mineralisasi senyawa organik menjadi yang akan menurun sehingga mempengaruhi tingkat kesuburan tanah.

4.4 Respon Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Grobogan pada Kondisi Tergenang

4.4.1 Tinggi tanaman

Pertumbuhan tanaman digunakan sebagai indikator untuk mengetahui karakteristik tanaman dan hubungannya dengan faktor lingkungan. Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam mengukur pertumbuhan tanaman. Hal ini terkait dengan penambahan jumlah sel dan ukurannya. Data tinggi tanaman kedelai pada perlakuan cekaman genangan, secara lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Tinggi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) Varietas Grobogan Pada Kondisi Tergenang

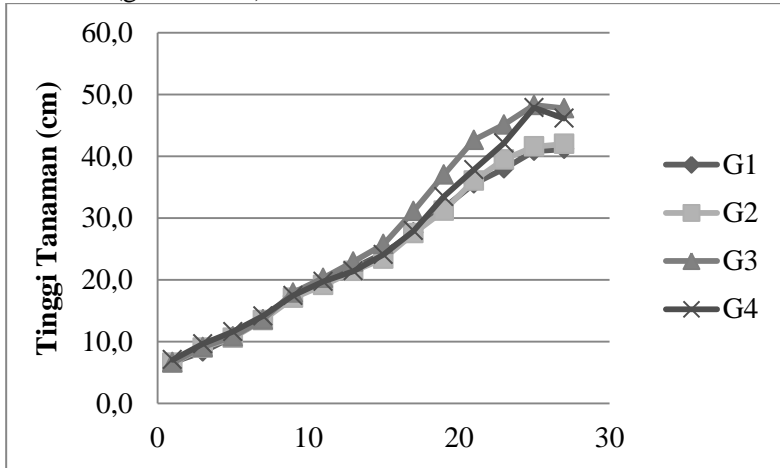
Perlakuan (G)	Tinggi Tanaman (cm)
G0	24.18
G1	24.21
G2	27.24
G3	25.95

Keterangan: Angka yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 0,05%.

Berdasarkan uji Anova *One way* perlakuan genangan terhadap tinggi tanaman kedelai menunjukkan nilai signifikansi lebih dari 0,05% (gagal tolak H_0). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan genangan tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman kedelai, sehingga tidak diperlukan uji lanjut DMRT untuk mengetahui besar pengaruh antara genangan dengan tinggi tanaman. Pada perlakuan G0, G1, G2 dan G3 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap tinggi tanaman, akan tetapi terdapat kecenderungan bahwa tanaman mengalami pemanjangan batang pada kondisi genangan. Pemanjangan batang terjadi pada perlakuan genangan G1 dan G2. Menurunnya kadar oksigen dalam tanah yang tergenang, tumbuhan melakukan adaptasi dengan memacu elongasi batang yang digunakan untuk meningkatkan serapan oksigen sebagai salah satu strategi penghindaran (*escape strategy*) terhadap kelebihan air untuk membantu mencukupi kebutuhan O_2 untuk respirasi dan CO_2 mendukung fotosintesis (Kawano *et al*, 2009).

Pertambahan tinggi tanaman diukur setiap dua hari sekali, dari pengukuran ini didapatkan bahwa penambahan konsentrasi genangan berkorelasi positif dengan penambahan tinggi tanaman. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan G1 dan G2 dimana jika dibandingkan dengan G0 akan mengalami pertambahan lebih besar. Akan tetapi pada G3 menunjukkan kecenderungan turun

jika dibandingkan dengan G1 dan G2, meski tetap lebih tinggi dibandingkan dengan G0 tidak menutup kemungkinan bahwa pada konsentrasi cekaman mengakibatkan penurunan tinggi tanaman (gambar 4.3)



Gambar 4.4 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kedelai.

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%

Pemanjangan batang selama penggenangan menggunakan energi dan tampaknya menggunakan CO_2 di daun yang berkembang sebelum terjadi penggenangan. Pemanjangan batang selama penggenangan diperantarai oleh interaksi etilen dan giberelin (Kawano *et al.*, 2002). Etilen tidak memacu pertumbuhan batang secara langsung tetapi melalui aksi giberelin. Fukao dan Bailey-Serres (2008) melaporkan bahwa cekaman genangan menyebabkan kandungan etilen dan asam giberelin (GA) meningkat sehingga memacu pertambahan tinggi tanaman. Gen *Sub-1* mempunyai peran menghambat kerja hormon etilen dan GA tersebut, sehingga laju pemanjangan batang varietas yang memiliki gen *Sub-1* lebih lambat dibandingkan varietas yang tidak memiliki gen *Sub-1* dalam kondisi cekaman genangan. Menurut Setter *et al.*, (1987), cekaman genangan menyebabkan

meningkatkan produksi hormon etilen dan GA pada tanaman. Selanjutnya menurut Fukao dan Bailey-Serres (2008), cekaman genangan mengakibatkan akumulasi etilen yang kemudian menginduksi transkripsi gen *Sub1A* sehingga terjadi akumulasi protein *Sub1A*. Selanjutnya *Sub1A* menghambat ekspansi A (*ExpA*) dan sukrosa sintase (*Sus 3*) sehingga menghambat pertumbuhan. Pemanjangan batang tanaman pada kondisi tergenang, selain dipengaruhi oleh hormon etilen dan giberelin juga dipengaruhi oleh adanya hormon auksin. Peran utama dari jalur sinyal giberelin dalam respon terhadap stres abiotik adalah untuk mengintegrasikan informasi dari sejumlah jalur hormon sinyal yang lain (Achard *et al.*, 2006).

Peningkatan tinggi tanaman kedelai pada perlakuan genangan juga dapat di akibatkan ketersediaan nutrisi pada tanah (media pertumbuhan). Genangan menyebabkan perubahan salah satu sifat kimia tanah yaitu pH menjadi netral. Nilai pH pada kondisi tergenang selama beberapa minggu akan menyebabkan salah satu unsur hara menjadi lebih tersedia. Tersedia nya unsur hara meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Namun, pada perlakuan G3 (genangan 200%) mengalami penurunan tinggi tanaman. Pada periode awal penggenangan, air yang tersedia untuk tanaman banyak sehingga penyerapan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman baik. Setelah mencapai kapasitas berlebih pada air tanah sehingga menyebabkan tanaman kedelai menurunkan pertumbuhannya. Penurunan tinggi tanaman kedelai pada perlakuan G3 dapat diakibatkan oleh kekurangan O₂ yang menyebabkan berkurangnya laju fotosintesis pada tanaman. Dampak dari berkurangnya fotosintesis pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat menyebabkan disfungsi fisiologis seperti penghambatan transportasi air dan perubahan keseimbangan hormon (Vuylsteker *et al.*, 1998; Kato-Noguchi., 2000; Else *et al.*, 2001; Gunawardena *et al.*, 2001).



Gambar 4.5 Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang.

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%

4.4.2 Bobot basah, bobot kering, dan root-shoot ratio tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis ANOVA *One Way* dengan uji lanjut DMRT untuk perlakuan genangan berbeda nyata pada bobot basah dan bobot kering tanaman. Data secara lebih detail dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Bobot Basah, Bobot Kering, dan *root-shoot ratio* Tanaman Kedelai

Perlakuan (G)	Bobot Basah (g)	Bobot Kering (g)	<i>root-shoot ratio</i> (%)
G0	7.42 ^c	1.44 ^a	0,92
G1	5.14 ^b	1.02 ^{ab}	2,3
G2	3.00 ^{ab}	0,57 ^b	3,25
G3	2,71 ^a	0,57 ^b	1,52

Keterangan: Angka yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 0,05%.

Berdasarkan uji Anova *One Way* perlakuan genangan terhadap bobot basah dan bobot kering tanaman kedelai menunjukkan nilai signifikan kurang dari 0,05% (tolak H_0). Hal ini menunjukkan bahwa genangan memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah dan kering tanaman kedelai, sehingga diperlukan uji lanjut DMRT untuk mengetahui besar pengaruh antara genangan dengan bobot basah dan bobot kering tanaman. Pada uji lanjut DMRT, hasil bobot basah tanaman berbeda nyata antara perlakuan G0 dengan G1, G2 dan G3. Bobot basah perlakuan G1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan G2 dan bobot basah perlakuan G2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan G3. Bobot basah tanaman kedelai tertinggi yaitu pada perlakuan G0. Hal ini disebabkan oleh efek genangan yang berpengaruh pada kerusakan akar tanaman, dengan adanya kerusakan akar maka akan menyebabkan penyerapan nutrisi unsur hara menjadi terganggu sehingga bobot berat basah antara tanaman yang tergenang lebih kecil dibandingkan pada tanaman pada perlakuan kontrol (G0) yang tidak mengalami kerusakan akar tanaman akibat genangan.

Kelembaban tanah yang baik akan meningkatkan metabolisme tanaman yang diikuti dengan meningkatnya pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan karena proses penyerapan zat hara dapat berlangsung baik. Pada kelembaban tanah yang baik, akar akan lebih mudah menyerap unsur hara tanaman seperti unsur nitrogen dan fosfat. Kelembaban tanah yang sesuai akan memberikan pertumbuhan tanaman yang baik dan produksi yang tinggi (Cahyono, 2003). Pada tabel 4.4 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi genangan yang diberikan, maka akan semakin kecil berat basah tanaman yang didapatkan. Hal ini dapat diakibatkan oleh kelebihan air yang akan mengganggu keseimbangan kimiawi dalam tanaman yang berakibat proses-proses fisiologis berjalan tidak normal. Apabila keadaan ini berjalan terus, maka akibat yang terlihat, misalnya tanaman kerdil, layu, produksi rendah, kualitas turun dan sebagainya.

Bobot basah tanaman dipengaruhi oleh morfologi tanaman. Pada perlakuan kontrol (G0) morfologi daun lebih lebar dan akar tanaman lebih panjang dibandingkan dengan perlakuan genangan. Perbedaan morfologi mempengaruhi akumulasi air pada organ tanaman. Air merupakan komponen utama penyusun organ tumbuhan, dan sekitar 70% - 90% berat segar tanaman adalah berupa air. Salisbury dan Ross (1995) serta Sitompul dan Guritno (1995) menyatakan bahwa berat basah tanaman dapat menunjukkan aktivitas metabolisme tanaman dan nilai berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan air jaringan, unsur hara dan hasil metabolisme. Perakaran tanaman kontrol yang lebih panjang dan daun yang lebih lebar dibandingkan dengan tanaman yang tergenang sehingga meningkatkan bobot basah tanaman.

Produksi tanaman biasanya lebih akurat dinyatakan dengan ukuran berat kering daripada berat basah tanaman, karena berat basah tanaman sangat dipengaruhi oleh kelembaban (Sitompul dan Guritno, 1995). Hasil berat kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis mengakibatkan peningkatan berat kering tanaman karena pengambilan CO_2 sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO_2 (Gardner *et al.*, 1991). Berat kering tanaman menunjukkan produktivitas tanaman karena 90% hasil fotosintesis terdapat dalam bentuk berat kering. Hasil fotosintesis ini umumnya disimpan pada batang, buah dan biji tanaman.

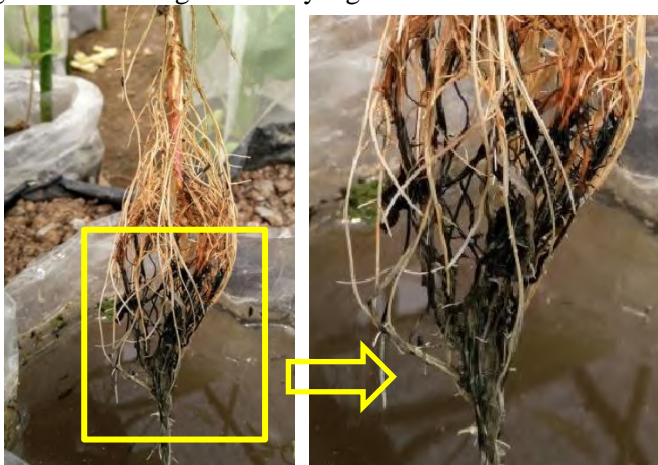
Hasil produksi tanaman kedelai varietas Grobogan ditunjukkan dengan berat kering yang didapatkan dengan cara menimbang berat keseluruhan tanaman kedelai yang di panen (akar, batang dan daun) yang merupakan berat basah tanaman kemudian dioven pada suhu 105°C sampai didapatkan berat konstan. Pada tabel 4.5 rata-rata berat kering tanaman kedelai tertinggi yaitu pada perlakuan G0 dan rata-rata berat kering tanama terendah yaitu pada perlakuan G2 dan G3. Perlakuan genangan mempengaruhi berat kering tanaman, hal ini dapat dilihat pada uji lanjut DMRT, dimana hasil bobot kering tanaman

perlakuan G0 berbeda nyata dengan perlakuan G2 dan G3. Bobot kering perlakuan G2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan G1, G2 dan G3. Perlakuan G2 dan G3 mengalami penurunan berat kering secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan G0. Penurunan berat kering tanaman kedelai pada G0 dan G1 diakibatkan oleh kerusakan akar dan distribusi akar yang kurang baik akibat perlakuan cekaman genangan. Apabila akar tanaman mengalami kerusakan maka akan menghambat penyerapan hara dan air maka pertumbuhan tanaman akan menurun yang berakibat pada sedikitnya berat kering tanaman yang didapatkan. Perbedaan perlakuan cekaman genangan (G0, G1, dan G2) akan menurunkan berat kering tanaman. Pengaruh cekaman genangan menyebabkan tanaman kedelai varietas Grobogan jenuh dengan air dan akhirnya serapan hara oleh akar tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman kedelai varietas Grobogan kurang toleran ditanam pada kondisi tergenang, karena penggenangan selama 14 hari pertumbuhan tanaman kedelai masih berjalan, namun mengalami penurunan berat hingga 60,41%. Menurut Adisarwanto dan Suhartina (2008), penurunan hasil kedelai pada kondisi tergenang (jenuh air) berkisar antara 15-25% pada umur 15-30 hari (fase vegetatif).

Akar adalah bagian tanaman yang pertama mencapai air dan unsur hara yang tersedia didalam tanah sedangkan tajuk adalah bagian tanaman yang pertama mencapai cahaya dan CO₂ atau faktor-faktor iklim. Gardner dkk. (1991) menyatakan bahwa rasio tajuk akar mempunyai pengertian bahwa pertumbuhan suatu bagian tanaman diikuti dengan pertumbuhan tanaman lainnya, dimana berat tajuk meningkat secara linier mengikuti penambahan berat akar. Rasio tajuk akar merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman yang menunjukkan kemampuan dalam penyerapan unsur hara serta metabolisme yang terjadi dalam tanaman. Hasil berat kering tajuk akar menunjukkan bagaimana air dan unsur hara oleh akar ditranslokasikan ke tajuk tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi nya perlakuan penggenangan yang dilakukan dapat

meningkatkan rata-rata rasio shoot/root tanaman kedelai. Hal ini berhubungan erat dengan pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi dari tanah. Beberapa varietas menunjukkan respons yang negatif terhadap kondisi cekaman tergenang. Hal ini menunjukkan pada kondisi tergenang mendorong beberapa varietas untuk mendistribusikan hasil-hasil fotosintesis dan unsur hara lainnya cenderung lebih banyak ditujukan ke bagian tajuk. Menurunnya bobot kering tajuk akibat cekaman genangan disebabkan oleh kondisi akar yang mengalami kerusakan akibat dari kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara di dalam tanah. Selanjutnya, menurunnya kemampuan tanaman disebabkan oleh ketersediaan air berkurang karena menurunnya kemampuan akar sebagai organ penyerap air dan mineral. Menurunnya kemampuan akar terutama disebabkan oleh kerusakan dan metabolisme akar yang terganggu akibat kurangnya ketersediaan oksigen pada kondisi tergenang. Cekaman air menyebabkan transfer unsur hara dalam tanaman terganggu yang berakibat pada proses biokimia yang menunjukkan dengan bobot kering tanaman yang rendah.



Gambar 4.6 Akar Tanaman Kedelai akibat Cekaman Genangan.

4.4.3 Panjang akar tanaman kedelai

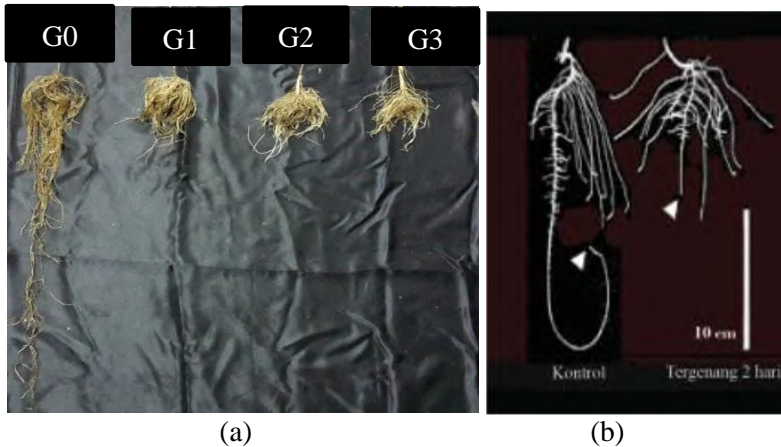
Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis Anova *One way* dengan uji lanjut DMRT untuk perlakuan genangan berbeda nyata terhadap panjang akar tanaman kedelai. Data secara lebih detail dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Panjang Akar Tanaman Kedelai

Perlakuan (G)	Panjang Akar (cm)
G0	44.85 ^b
G1	19.00 ^a
G2	17,85 ^a
G3	15.57 ^a

Keterangan: Angka yang ditandai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 0,05%.

Pada uji lanjut DMRT, hasil panjang akar tanaman kedelai perlakuan G0 berbeda nyata dengan perlakuan G1, G2, dan G3. Panjang akar tanaman kedelai perlakuan G1, G2, G3 tidak berbeda nyata. Akar mempunyai fungsi untuk menyerap air dan mineral dalam tanah. Kemampuan menyerap air dipengaruhi oleh kadar O₂ dalam tanah. Pada kondisi tergenang, kandungan O₂ yang tersisa dalam tanah lebih cepat habis bila terdapat tanaman karena laju difusi O₂ di tanah basah 10.000 kali lebih lambat dibandingkan dengan di udara (Dennis *et al.*, 2000). Pada perlakuan G0, kadar oksigen lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan genangan (G1, G2, dan G3). Hal ini dapat terjadi karena akar tanaman yang mendapat O₂ yang cukup proses penyerapan air oleh akar akan berlangsung dengan baik. Sebaliknya apabila kadar O₂ sedikit dalam tanah, maka penyerapan air oleh akar akan lambat atau tidak terjadi sama sekali. Pada kondisi tergenang, fungsi akar dalam menyerap air akan terganggu. Hal ini dapat terjadi karena pada perlakuan genangan akan mengurangi kadar oksigen tanah yang dapat merusak akar dan menyebarkan sistem akar dangkal.



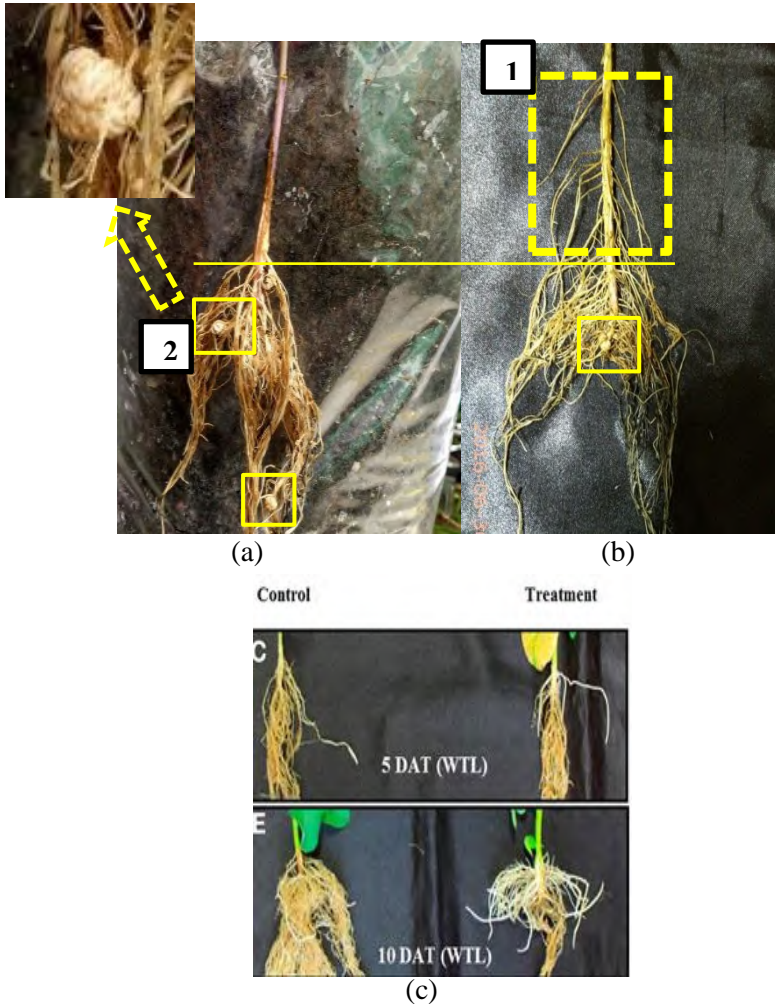
Gambar 4.7 Morfologi Akar Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang (a) Foto Hasil Penelitian (b) Foto Literatur Morfologi Akar Tanaman Kedelai.

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%

4.4.4 Akar adventif tanaman kedelai

Pada kondisi tergenang (kekurangan O_2), tanaman melakukan adaptasi morfologi dengan membentuk akar adventif yang berfungsi menggantikan akar utama. Pada saat tanaman hipoksia (kekurangan O_2), akar adventif akan terbentuk pada bagian atas akar mendekati permukaan tanah dimana tekanan oksigen tinggi. Akar adventif yang terbentuk dapat mengurangi pengaruh buruk genangan dengan memperluas area perakaran ke udara, meningkatkan respirasi aerob dan mengoksidasi rizosfer (Bacanamwo & Purcell, 1999). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa pada perlakuan genangan mampu membentuk akar adventif pada tanaman kedelai (Gambar 4.5). Pembentukan akar khusus ini terjadi ketika sistem perakaran asli tidak mampu memasok air dan mineral yang dibutuhkan tanaman (Mergermann & Sauter, 2000). Akar adventif biasanya terbentuk di dekat pangkal pangkal batang atau di wilayah di mana lentisel

berlimpah, dan pertumbuhan mereka adalah lateral, sejajar dengan permukaan air/tanah.

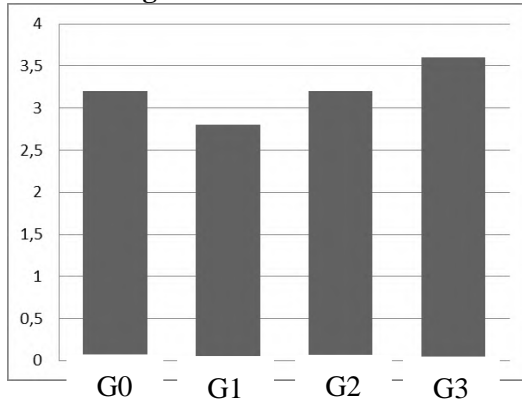


Gambar 4.8 Akar Tanaman Kedelai (a) Pada Kondisi Normal (b) Pada Kondisi Tergenang (c) Literatur Akar Tanaman Kedelai (1) Akar Adventif (2) Bintil Akar (Yoon *et al.*, 2015).

Kehadiran akar adventif di perbatasan antara permukaan tanah jenuh air dengan atmosfer mencerminkan pentingnya akar ini dalam menggantikan sistem akar yang normal baik di dalam air maupun jauh di permukaan air tanah. Selain itu, 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 & Sauter 2000; Steffens *et al.*, 2006). Pada penelitian ini semakin tinggi perlakuan genangan yang diberikan, semakin banyak akar adventif yang terbentuk. Kemampuan untuk membentuk akar adventif umumnya terkait dengan meningkatnya toleransi terhadap genangan (Steffens *et al.*, 2006).

Pada tanaman kedelai, genangan tidak hanya menghambat pertumbuhan akar juga menghambat perkembangan dan fungsi bintil akar, dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwa jumlah bintil akar yang terbentuk pada tanaman kedelai dengan perlakuan genangan 200% lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah bintil akar pada perlakuan kontrol atau tanpa genangan. Fungsi bintil akar terganggu karena terhambatnya aktifitas enzim *nitrogenase* sehingga kemampuan fiksasi N_2 akan menurun.

4.4.5 Diameter batang tanaman kedelai



Gambar 4.9 Diameter Batang Tanaman Kedelai Pada Kondisi Tergenang (mm).

Keterangan: G0 = tanah kontrol, G1 = tanah tergenang 100%, G2= tanah tergenang 150%, G3 = tanah tergenang 200%

Pada grafik 4.7 menunjukkan bahwa diameter batang tanaman kedelai pada perlakuan G0, G1, G2 dan G3 menunjukkan perbedaan. Diameter batang tertinggi yaitu pada perlakuan G3 sebesar 3,6 mm. Pengaruh perlakuan penggenangan menyebabkan diameter batang tanaman kedelai lebih tebal dibandingkan pada perlakuan kontrol (G0). Menurut Bradford & Yang (1981) mengemukakan bahwa ketika tanaman terkena genangan air, maka biosintesis etilen pada tumbuhan memulai penebalan pangkal batang dan pembentukan jaringan aerenkim. Pembengkakan pada bagian pangkal batang dan penampilan lentisel hipertrofi akan memfasilitasi masuknya oksigen kedalam aerenkim dari akar adventif terdekat.

Lampiran 1. Ukuran Biji dan Komposisi Kimia Beberapa Varietas Kedelai

Varietas	Bobot 100 biji (g)	Warna Kulit biji	protein (%bk)	Lemak (%bk)	Potensi hasil (t/Ha)	Tahun dilepas
Argomulyo	18.0 - 19.0	Kuning	37.0 - 40.2	19.3 - 20.8	2.0	1998
Grobogan	18.0	Kuning	43.9	18.4	3.4	2008
Mulyowilis	17.0	Kuning	43.0		3.5	2009
Panderman	15.0 - 17.0	Kuning	36.9	17.7	2.4	2003
Kedelai impor	14,8 - 15.8	Kuning	35.0 - 36.8	21.4 - 21.7	-	-
Anjasmoro	14.8- 15.3	Kuning	41.8 - 42.1	2.3	2.3	2001
Bromo	14.4 - 15.3	Kuning	37.8 - 42.6	2.5	2.5	1998
Malika	9.0 - 10.0	Hitam	37.0	20.0	2.9	2007
Merapi	8.0 - 9.5	Hitam	41.0 - 42.6	7.5 - 13.0	1.0	1983
Krakatrau	8.0 - 9.1	Kuning	36.0 - 44.3	16.0 - 17.0	1.9	1992

Lampiran 2. Kedelai Varietas Grobogan

Dilepas tahun	: 2008
SK Mentan	: 238/Kpts/SR 120/3/2008
Asal	: Pemurnian populasi Lokal Malabar Grobogan
Tipe pertumbuhan	: Determinit
Warna hipokotil	: Ungu
Warna epikotil	: Ungu
Warna daun	: Hijau agak tua

Warna bulu batang	: Coklat
Warna bunga	: Ungu
Warna kulit biji	: kuning muda
Warna polong tua	: coklat
Warna hilum biji	: coklat
Bentuk daun	: Lanceolate
Umur berbunga	: 30-32 hari
Umur polong matang	: \pm 76 hari
Tinggi tanaman	: 50 – 60 cm
Bobot 100 biji	: \pm 18 gram
Rata-rata hasil	: 2,77 ton/Ha
Potensi hasil	: 3,40 ton/Ha
Kandungan protein	: 43,9 %
Kandungan lemak	: 18,4 %
Daerah sebaran	: Beradaptasi baik pada beberapa kondisilingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik.
Sifat lain	: - Polong masak tidak mudah pecah - Saat panen > 95 % daunnya telah luruh

Lampiran 3. Alat dan Bahan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Peralatan Sifat Fisik Tanah (Tekstur Tanah) :

- Mesin pengaduk khusus dengan piala logam
- Silinder sedimentasi atau gelas ukur 500 ml
- Pengaduk khusus untuk suspensi
- Alat hidrometer tanah tipe 152 H dan timer atau stopwatch

Peralatan Sifat Kimia Tanah (N,P, dan K Tanah) :

- Peralatan untuk penetapan N (Nitrogen Kjeldahl) :
 - Neraca analitik tiga desimal

- b.** Tabung *digestion & blok digestion*
- c.** Labu didih 250 ml
- d.** Erlenmeyer 100 ml bertera
- e.** Buret 10 ml
- f.** Pengaduk magnetik
- g.** Dispenser
- h.** Tabung reaksi
- i.** Pengocok tabung
- j.** Alat destilasi
- Peralatan untuk penetapan Fosfor Tersedia (Bray I):
 - a.** Dispenser 25 ml
 - b.** Dispenser 10 ml
 - c.** Tabung reaksi
 - d.** Pipet 2 ml
 - e.** Kertas saring
 - f.** Botol kocok 50 ml
 - g.** Mesin pengocok
 - h.** Spektrofotometri
- Peralatan Penetapan Unsur K (Ekstrak Morgan-Wolf):
 - a.** Neraca tiga desimal
 - b.** Tabung reaksi
 - c.** Dispenser 25 ml
 - d.** Kertas saring
 - e.** Botol kocok plastik 100 ml,
 - f.** Pipet volume 1, 2 dan 5 ml,
 - g.** Pipet ukur 10 ml,
 - h.** Mesin kocok bolak balik 180 goyangan per menit
 - i.** Spektrofotometer serapan atom (SSA), Spektrofotometer UV-Vis.
- Peralatan Penetapan pH Tanah:
 - a.** Botol kocok 100 ml
 - b.** Dispenser 50 ml/gelas ukur

- c. Mesin pengocok
- d. Labu semprot 500 ml
- e. pH meter

Paket Reagen Penetapan Sifat Fisik dan Kimia Tanah :

a. Paket reagen untuk penetapan sifat fisik tanah :

- Paket reagen untuk penetapan tekstur 3 fraksi cara hidrometer yaitu Larutan pendispersi natrium pirofosfat 4% di larutkan 40 g $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ dengan air bebas ion dan diimpitkan hingga 1L.

b. Paket reagen untuk analisis sifat kimia tanah :

- Reagen penetapan N (Nitrogen Kjeldahl) tahap destruksi yaitu Asam sulfat pekat (95-97 %) dan Campuran selen p.a. sedangkan paket reagen untuk pengukuran N kjeldahl dengan cara destilasi yaitu asam borat 1%, Natrium hidroksida 40%, batu didih dan penunjuk conway, H_2SO_4 4 N, Larutan baku asam sulfat 0,050 N .
- Paket reagen untuk penetapan Fosfor Tersedia Metode Bray I yaitu HCl 5 N, Pengekstrak Bray dan Kurts I (larutan 0,025 N HCl + NH_4F 0,03 N), Pereaksi P pekat, Pereaksi pewarna P, Standar induk 1.000 ppm PO_4 (Titrisol), Standar induk 100 ppm PO_4 dan Deret standar PO_4 (0-20 ppm).
- Paket reagen untuk penetapan hara makro (Unsur K) ekstrak Morgan-Wolf yaitu Pengekstrak Morgan-Wolf, Karbon aktif, Pengekstrak Morgan-Wolf pekat dua kali, Standar pokok 1.000 ppm N-NH_4^+ , Standar 20 ppm N-NH_4^+ , Deret standar 0-20 ppm N-NH_4^+ , Larutan Na-fenat, Larutan sangga Tartrat, Natrium hipoklorit (NaOCl) 5%, Standar pokok 1.000 ppm N-NO_3^- , Standar pokok 1.000 ppm S-SO_4^{2-} , Standar campur 50 ppm S-SO_4^{2-} dan 10 ppm N-NO_3^- , Deret standar campur SO_4^{2-} (0-50 ppm S) dan NO_3^- (0-10 ppm N), Larutan brucine 2%, H_2SO_4 pekat (95-97%) p.a., Larutan BaCl_2 -Tween, Larutan asam campur, Standar campur 250 ppm K (25,0 ml standart pokok 1.000 ppm K, Deret standar campur K (0-250 ppm), Larutan standar 2 ppm B, Larutan sangga, Azomethine-H.

- Paket reagen untuk penetapan pH tanah yaitu Larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0; KCl 1 M. Dilarutkan 74,5 g KCl p.a. dengan air bebas ion hingga 1 L.

Lampiran 4. Komposisi Medium NA,PDA, dan YMEA

- Medium *Natrium Agar* (NA)

Komposisi	Gram/Liter
1. Peptic digest of animal tissue	5.00
2. Sodium chloride	5.00
3. Beef extract	1.50
4. Yeast extract	1.50
5. Agar	15.00

- Medium *Potato Dextrose Agar* (PDA)

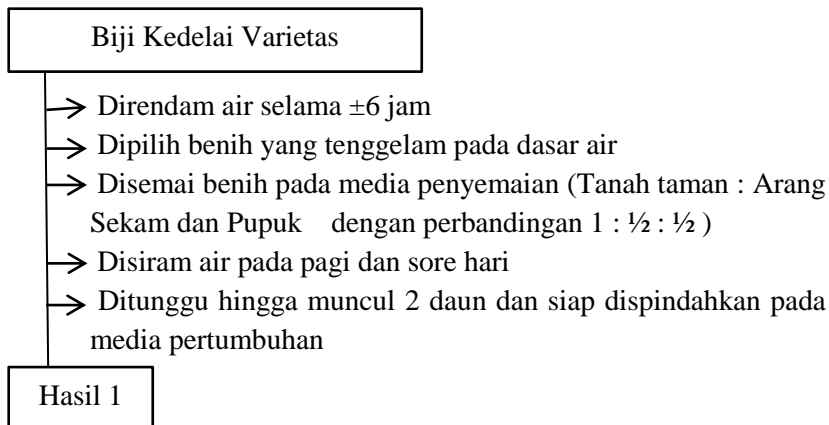
Komposisi	Gram/Liter
1. Potatoes infusion From	200.00
2. Dextrose	20.00
3 Agar	15.00

- Medium *Yeast Malt Extrac Agar* (YMEA)

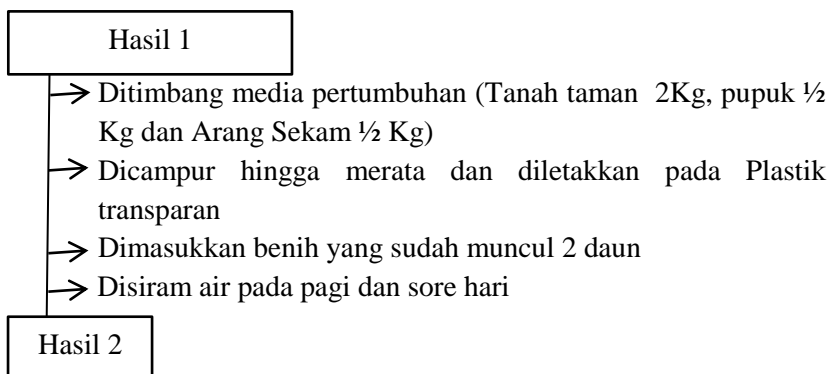
Komposisi	Gram/Liter
1. Pepton / Pepton water	5.00
2. Glukosa	10.00
3. Malt extract	3.00
4. Yeast extract	3.00
5. Agar	20.00
6. Kloramfenikol	0.5

Lampiran 5. Skema Kerja Penelitian Cekaman Genangan

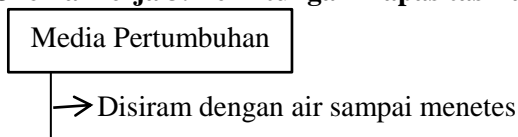
Skema Kerja 1. Persiapan Benih dan Penyemaian



Skema Kerja 2. Persiapan Media Pertumbuhan dan Penanaman



Skema Kerja 3. Perhitungan Kapasitas Lapang



- Didiamkan selama kurang lebih 3 hari sampai tidak ada air yang menetes lagi
- Ditimbang berat basah dan berat kering
 - Berat Basah :** ditimbang setelah tidak ada air yang menetes lagi dari dalam polybag
 - Berat Kering :** ditimbang setelah media tanam di oven pada suhu 105°C selama 24 jam sampai di dapatkan berat konstan
- Dihitung kapasitas lapang dengan menggunakan rumus

Hasil

Skema Kerja 4. Pemberian Perlakuan

Kedelai Grobogan

- Diadaptasikan pada media pertumbuhan selama 10 hari
- Diberikan cekaman genangan dengan konsentrasi 100%, 125%, 150%, 175% dan 200%
- Ditambahkan air setiap konsentrasi yang telah ditentukan berkurang
- Dicekam selama 14 hari
- Dilakukan analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah akibat genangan

Hasil

Skema Kerja 5. Pengambilan Sampel Tanah

Tanah (Media Pertumbuhan)

Untuk analisis sifat biologi tanah:

- Dibersihkan pipa dengan diameter 2 cm dengan alkohol

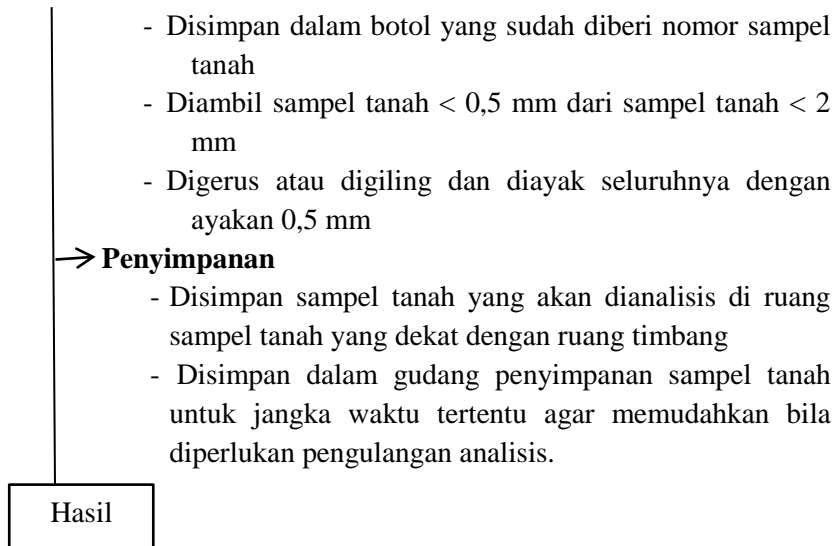
- Ditancapkan pipa kedalam tanah hingga kedalaman ± 15 cm
- Diangkat perlahan pipa, dan dimasukkan tanah yang berada didalam pipa kedalam ziplock
- Untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah:
- Dicampur hingga merata tanah hasil penanaman kedelai
- Ditimbang tanah sebanyak $\frac{1}{2}$ kg
- Dimasukkan kedalam plastik dan siap untuk di analisis

Hasil

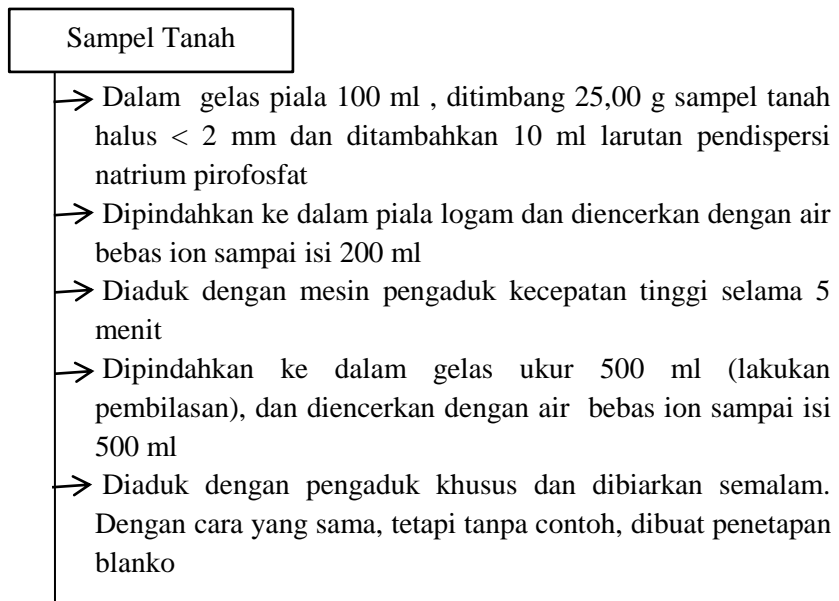
Skema Kerja 5. Persiapan Sampel Tanah di Laboratorium

Sampel Tanah

- **Pencatatan Sampel**
Diterima oleh administrasi laboratorium (untuk dicatat nomer permintaan analisis dan jumlah sampel tanah)
- **Pengeringan**
 - Disebarkan sampel tanah di atas tampah yang dialasi kertas sampul
 - Dibuang Akar-akar atau sisa tanaman segar, kerikil dan kotoran lain
 - Dikecilkan bongkahan besar dengan tangan
 - Disimpan pada rak di ruangan khusus bebas kontaminan yang terlindung dari sinar matahari atau dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40°C .
- **Penumbukan/Pengayakan**
 - Disiapkan sampel- sampel tanah dengan ukuran partikel < 2 mm dan $< 0,5$ mm.
 - Ditumbuk sampel tanah pada lumpang porselen atau mesin giling dan diayak dengan ayakan dengan ukuran lubang 2 mm



Skema Kerja 6. Analisis Sifat Fisik Tanah (Tekstur Tanah)



→ Diukur fraksi campuran debu+ liat

- Keesokan harinya setiap suspensi tanah dalam gelas ukur diaduk selama 30 detik dengan pengaduk
- Disiapkan stopwatch untuk pengukuran fraksi campuran debu dan liat
- Dikocok suspensi hingga homogen dengan pengaduk selama 20 detik
- Dimasukkan hidrometer tanah ke dalam suspensi dengan perlahan dan hati-hati
- Dicatat angka skala hidrometer yang berimpit dengan permukaan suspensi (Tepat 40 detik setelah pengocokan) (pembacaan 1). Angka tersebut menunjukkan jumlah g fraksi campuran debu+liat per liter suspensi
- Diukur larutan blanko untuk koreksi suhu fraksi debu+liat.

→ Diukur fraksi liat

- Dibiarkan suspensi selama 2 jam agar diperoleh suspensi liat dan segera diukur dengan alat hidrometer.
- Dicatat angka skala hidrometer yang berimpit dengan permukaan suspensi (pembacaan 2). Angka tersebut adalah jumlah g fraksi liat dalam 1 l suspensi
- Diukur larutan blanko untuk koreksi suhu fraksi liat.

→ Dihitung % pasir, debu dan liat

Hasil

Skema Kerja 7. Analisis Sifat Kimia Tanah (Penetapan Nitrogen)

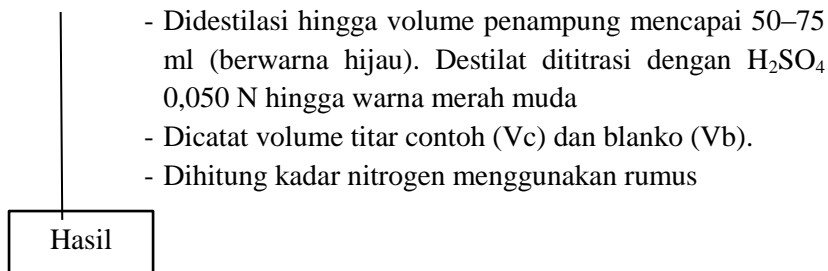
Sampel Tanah

→ Destruksi sampel tanah

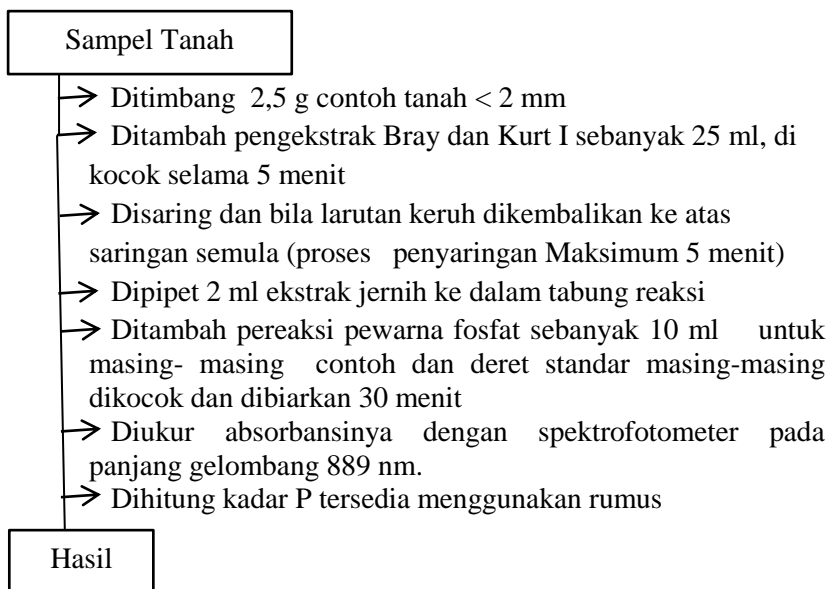
- Ditimbang 0,5 g sampel tanah ukuran < 0,5 mm, dimasukkan ke dalam tabung digest
- Ditambahkan 1 g campuran selen dan 3 ml asam sulfat pekat
- Didestruksi hingga suhu 350°C (3-4 jam). Destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam)
- Tabung diangkat, didinginkan dan kemudian ekstrak diencerkan dengan air bebas ion hingga tepat 50 ml.
- Dikocok sampai homogen, biarkan semalam agar partikel mengendap. Ekstrak digunakan untuk pengukuran N dengan cara destilasi.

→ Destilasi

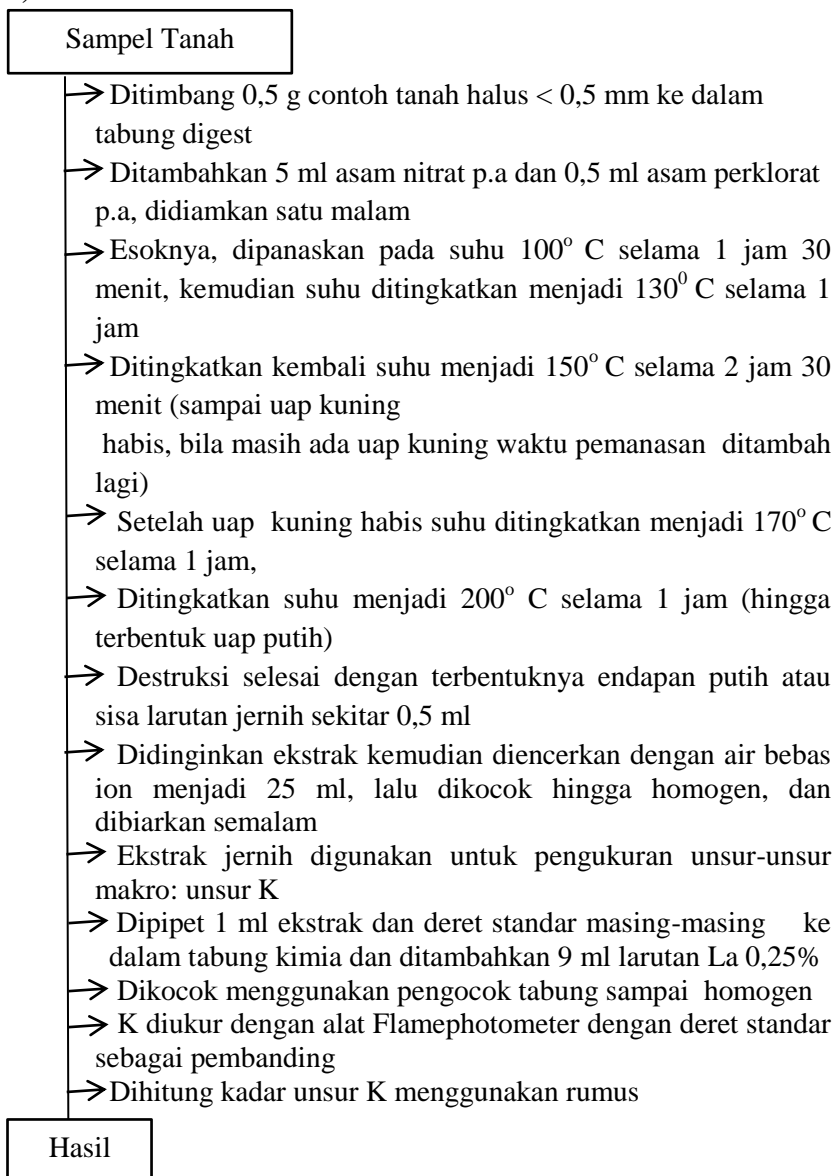
- Dipindahkan secara kualitatif seluruh ekstrak contoh ke dalam labu didih (gunakan air bebas ion dan labu semprot)
- Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu
- Disiapkan penampung untuk NH_3 yang dibebaskan yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% yang ditambah tiga tetes indikator *Conway* (berwarna merah) dan dihubungkan dengan alat destilasi
- Ditambahkan NaOH 40% sebanyak 10 ml ke dalam labu didih yang berisi contoh dan secepatnya ditutup



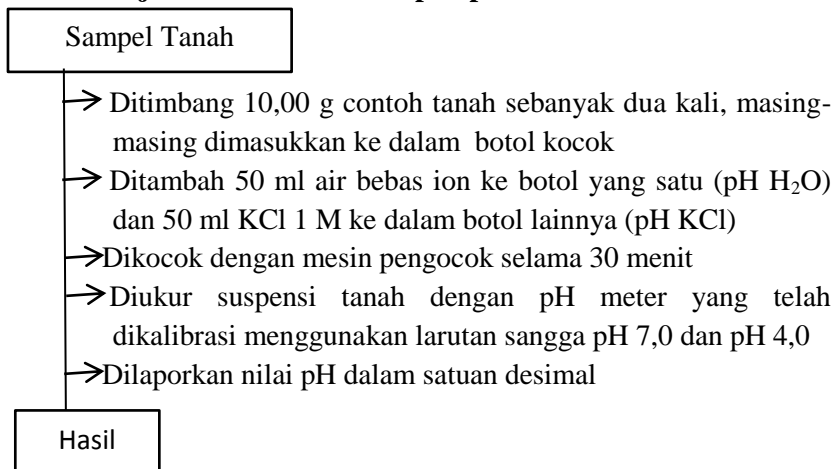
Skema Kerja 8. Analisis Sifat Kimia Tanah (Penetapan Unsur P tersedia)



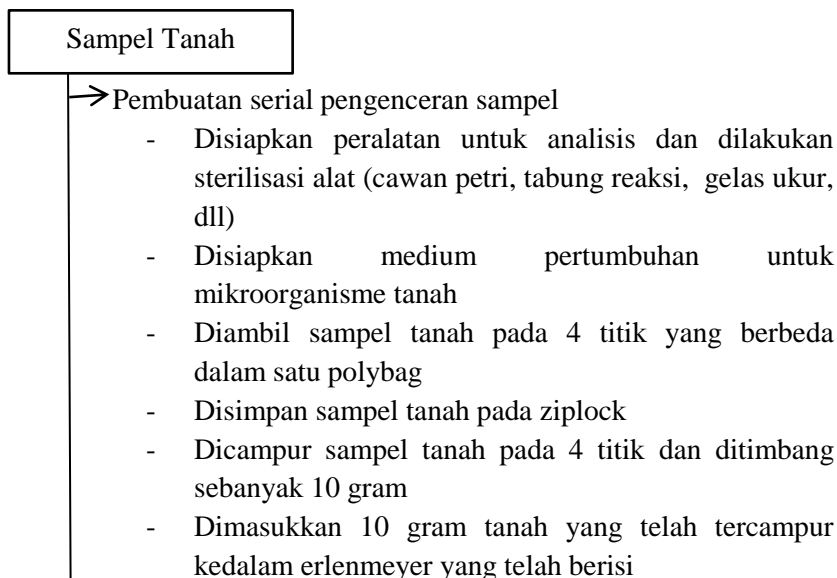
Skema Kerja 9. Analisis Sifat Kimia Tanah (Penetapan Unsur K)



Skema Kerja 10. Analisis Penetapan pH tanah



Skema Kerja 11. Analisis Sifat Biologi Tanah (Jumlah Koloni Mikroorganisme Tanah)



- aquades steril 90 ml
- Dihomogenkan dengan spatula
- Diambil 1 ml larutan tanah kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquades steril dan
- di vortex (pengenceran 10^{-1})
- Dilakukan serial pengenceran hingga 10^{-7}

→ Pembuatan medium biakan

- Medium biakan masing-masing mikroorganisme berbeda. Medium biakan bakteri tanah digunakan medium NA (*Medium agar*), medium biakan yeast digunakan medium YMEA ditambahkan dengan kloramfenikol dan untuk medium biakan jamur digunakan medium PDA

→ Inokulasi Mikroorganisme

- Diambil 1 ml larutan tanah dari serial pengenceran 10^{-3} sampai 10^{-7} dan dimasukkan kedalam cawan petri steril
- Dituangkan kurang lebih 7 – 10 ml medium biakan ke cawan petri berisi 1 ml larutan tanah.
- Diberi label pada masing-masing cawan petri.

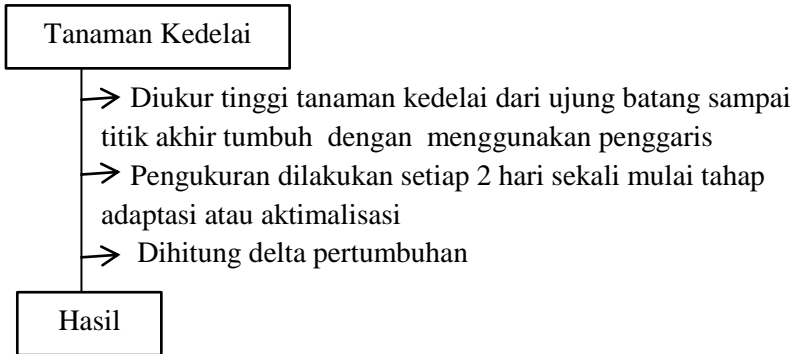
→ Kegiatan isolasi mikroorganisme dan pembuatan serial pengenceran dilakukan pada ruangan steril yaitu LAF (*lamina air flow*)

→ Di inkubasi biakan mikroorganisme pada suhu ruang. Inkubasi bakteri dan yeast yaitu membutuhkan waktu 24 – 48 jam sedangkan inkubasi jamur selama 5 – 7 hari

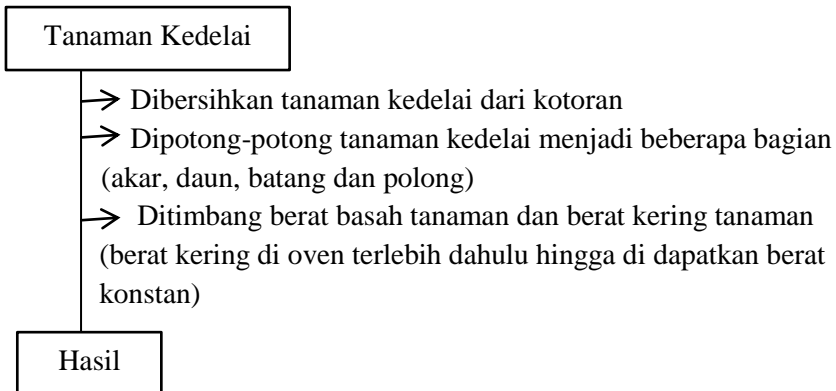
→ Dilakukan perhitungan jumlah koloni mikroorganisme dengan menggunakan rumus

Hasil

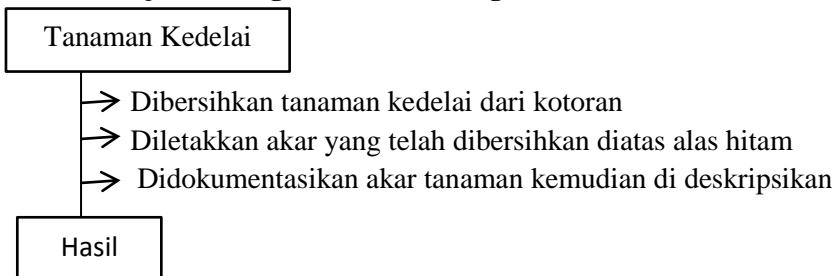
Skema Kerja 12. Pengamatan Tinggi Tanaman Kedelai



Skema Kerja 13. Pengukuran Berat Basah dan Kering Tanaman



Skema Kerja 14. Pengamatan Morfologi Akar Tanaman



Lampiran 6. Perhitungan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Perhitungan Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah :

1. Perhitungan Sifat Fisik Tanah (Tekstur)

Dari hasil pengukuran akan diperoleh fraksi campuran debu - liat = A g/l dan blanko = a g/l, sedangkan pada pembacaan 2 diperoleh fraksi liat = B g/l dan blankonya = b g/l. Diketahui bahwa persen bahan organik = C (% Corganik x 1,724) dan faktor koreksi kelembapan (faktor koreksi kadar air) = fk.

Dalam 25 g tanah kering udara terdapat:

$$\begin{aligned}
 \text{Tanah kering } 105^0\text{C} &= \frac{25}{fk} \text{ gram} \\
 \text{Bahan organik} &= \frac{25C}{100} \text{ gram} \\
 \text{Pasir + debu + liat} &= \frac{25}{fk} - \frac{25C}{100} \text{ gram} \\
 \text{Liat} &= \frac{(B-b)}{2} \text{ gram} \\
 \text{Debu} &= \frac{(A-a)}{2} - \frac{(B-b)}{2} \text{ gram} \\
 \text{Pasir} &= \frac{25}{fk} - \frac{25C}{100} - \frac{(A-a)}{2} \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian:

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir (\%)} &= \left(\frac{\frac{25}{fk} - \frac{25C}{100} - \frac{(A-a)}{2} \text{ gram}}{\frac{25C}{100} \text{ gram}} \right) \times 100 \\
 \text{Debu (\%)} &= \left(\frac{\frac{(A-a)}{2} - \frac{(B-b)}{2} \text{ gram}}{\frac{25}{fk}} - \frac{25C}{100} \right) \times 100 \\
 \text{Liat (\%)} &= \left(\frac{(B-b) \text{ gram}}{\frac{25}{fk}} - \frac{25C}{100} \right) \times 100
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- A = fraksi campuran debu – liat (g l⁻¹)
- a = blanko pada pembacaan 1
- B = fraksi liat (g l⁻¹)
- b = blanko pada pembacaan 2
- C = persen bahan organik (% C-organik x 1,724)

fk = faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$
 2 = konversi kadar suspensi dari g l^{-1} ke g 500 ml^{-1}
 100 = konversi ke %

2. Perhitungan Sifat Kimia Tanah

a. Perhitungan Unsur N

Cara destilasi:

$$\begin{aligned}\text{Kadar nitrogen (\%)} &= (V_c - V_b) \times N \times \text{bst N} \times 100/\text{mg contoh} \times \text{fk} \\ &= (V_c - V_b) \times N \times 14 \times 100/500 \times \text{fk} \\ &= (V_c - V_b) \times N \times 2,8 \times \text{fk}\end{aligned}$$

Keterangan:

$V_{c, b}$ = ml titar contoh dan blanko
 N = normalitas larutan baku H_2SO_4
 14 = bobot setara nitrogen
 100 = konversi ke %
 fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

b. Perhitungan Unsur P tersedia (Bray I)

$$\begin{aligned}\text{Kadar P}_2\text{O}_5 \text{ tersedia (ppm)} &= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1.000 \text{ ml} \times 1.000 \\ &\quad \text{g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times \\ &\quad 142/190 \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 25/1.000 \times 1.000/2,5 \times \text{fp} \\ &\quad \times 142/190 \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk}\end{aligned}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

fp = faktor pengenceran (bila ada)
 142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5
 fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

b. Perhitungan Unsur K

$$\text{Kadar unsur K (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1.000 \text{ ml} \times 1.000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 40/1.000 \times 1.000/20 \times \text{fp} \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 2 \times \text{fp} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

fp = faktor pengenceran (bila ada)

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Lampiran 7. Perhitungan Cekaman Genanagan

Hasil perhitungan kapasitas lapang (%) dikonversi menjadi satuan mililiter (ml) untuk menentukan banyaknya air (ml) yang ditambahkan dengan menggunakan rumus = $\frac{V (ml)}{W (g)}$

$$\text{ml } 100\% : \text{kapasitas lapang (w)} = \frac{V}{W}$$

$$(w) = \frac{V}{3000}$$

$$V = (w) \times 3.000 = \dots\dots \text{ ml}$$

$$\text{ml } 150\% = \frac{150}{100} \times \text{ml } 100\%$$

$$\text{ml } 200\% = \frac{200}{100} \times \text{ml } 100\%$$

keterangan:

V = volume air (ml)

W = berat tanah

Lampiran 8. Rata-rata Tinggi Tanaman Kedelai

Tinggi Tanaman (cm)				
	Perlakuan			
Pengulangan	Kontrol (G0)	100% (G1)	150% (G2)	200% (G3)
1	23,77	30,04	35,88	23,38
2	20,95	22,67	24,07	24,55
3	24,37	22,25	29,15	28,25
4	28,62	29,03	15,27	24,4
5	25,87	26,95	31,10	31,00
6	23,42	21,12	27,38	24,29
Rata-rata	24,50	26,19	27,14	25,98

Lampiran 9. Hasil ANOVA *One Way* Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Tinggi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)**ANOVA *One Way***

Tinggi Tanaman					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.298	3	7.433	.374	.772
Within Groups	396.953	20	19.848		
Total	419.251	23			

Lampiran 10. Hasil ANOVA *One Way* – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Panjang Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

ANOVA *One Way*

Panjang_Akar					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2897.720	3	965.907	51.596	.000
Within Groups	374.413	20	18.721		
Total	3272.133	23			

Panjang_Akar

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4	6	15.183	42.850
3	6	17.950	
2	6	20.350	
1	6		
Sig.		.063	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 11. Hasil ANOVA *One Way* – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Berat Basah Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

ANOVA One Way

Berat_Basah					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	107.939	3	35.980	8.712	.001
Within Groups	82.594	20	4.130		
Total	190.533	23			

Berat_Basah

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	6	3.30367		
3	6	3.42867		
2	6		6.00117	
1	6			8.46400
Sig.		.916	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 12. Hasil ANOVA *One Way* – DMRT Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Berat Kering Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

ANOVA *One Way*

Berat_Kering					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.182	3	1.061	10.585	.000
Within Groups	2.004	20	.100		
Total	5.186	23			

Berat_Kering

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	6	.57150		
3	6	.57267		
2	6		1.02417	
1	6			1.44767
Sig.		.995	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 13. Ilustrasi Perlakuan Cekaman Genangan pada Tanaman Kedelai



Kontrol



Genangan 100% =
Kapasitas Lapang



Genangan 150%

3 cm
Genangan
air



Genangan 200%

7 cm
Genangan
air

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa cekaman genangan mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah (media pertumbuhan) tanaman kedelai sebagai berikut:

1. Sifat fisik (tekstur tanah) tanaman kedelai kondisi awal yaitu lumpur berliat sedangkan kondisi tekstur tanah kontrol dan tergenang 200% yaitu lempung berpasir.
2. Cekaman genangan menyebabkan perubahan sifat kimia tanah, total unsur N tanah tergenang 200% lebih sedikit dibandingkan pada tanah kontrol akibat penurunan ketersediaan N dalam tanah. Unsur P dan K tanah tergenang lebih banyak dibandingkan dengan tanah kontrol, akibat penggenangan menyebabkan unsur P dan K menjadi tersedia.
3. Jumlah koloni mikroorganisme pada tanah tergenang lebih banyak, karena pada kondisi kekurangan oksigen, bakteri aerob akan mengalami penurunan jumlah koloni sedangkan bakteri anaerob (obligat dan fakultatif) akan meningkat pada kondisi tergenang.
4. Respon tanaman kedelai varietas Grobogan pada kondisi tergenang dengan memacu elongasi batang untuk meningkatkan serapan oksigen dan akar tanaman menjadi rusak sehingga penyerapan air dan mineral terganggu.
5. Perlakuan genangan 200% mengalami perubahan komposisi tekstur tanah didominasi oleh fraksi pasir yang menyebabkan kekurangan unsur hara. Namun perlakuan genangan selama dua minggu, dapat merubah pH tanah yang bersifat masam menjadi netral. pH tanah netral mempengaruhi ketersediaan unsur P tanah menjadi tersedia untuk tanaman dan koloni bakteri menjadi lebih meningkat karena bakteri dapat hidup dengan baik pada pH 5-8. Tersedianya unsur hara bagi tanaman kedelai membantu tanaman kedelai untuk tumbuh dengan baik meskipun ditumbuhkan pada tanah tergenang.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perlakuan cekaman genangan terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi media pertumbuhan serta respon morfologi tanaman kedelai varietas Grobogan.

DAFTAR PUSTAKA

Achard, P.H.C., L.D.Gwauwe, J. Decat, H. Schoutteten, T.Moritz T, D.V.D. Straeten, J. Peng dan N.P. Harberd, 2006. Integration of Plant Responses To Environmentally Activated Signals. **Science**, 311: 91 – 94.

Adie, M.M. 1997. Identifikasi Enzim Lipoksigenase Pada Beberapa Genotipe Kedelai. **Zuriat** 8: 78– 83.

Adisarwanto. 2006. **Kedelai**. Jakarta: Penebar Swadaya.

Adisarwanto. 2008. **Budidaya Kedelai Tropika**. Jakarta: Penebar Swadaya

Adisarwanto. 2014. **Kedelai Tropika Produktivitas 3 ton/ha**. Jakarta: Penebar Swadaya.

Ali, Kemas Hanafiah. 2005. **Dasar Dasar Ilmu Tanah**. Jakarta: Rajagrafindo Persada.

Alexander, M. 1977. **Introduction to Soil Microbiology**. New York: Academic Press.

Anas, I. 1989. **Biologi Tanah dalam Praktek**. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi.

Andrianto, T.T., dan I. Novo. 2004. **Budidaya dan Analisis Usaha Tani Kedelai, Kacang Hijau, Kacang Panjang**. Yogyakarta: Absolut.

Anton, J.M.P., C.H. Cox., J. Joris., Benschop, A.M.V. Robert, J. Bou dan A.C.J. Laurentius. 2002. Submergence research using *rumex palustris* As A Model: Looking Back and Going Forward. **J. Exp. Bot.** 53(368): 391-398.

Bacanamwo M, Purcell LC. 1999. Soybean Dry Matter and N Accumulation Responses to Flooding Stress, Nsources and Hypoxia. **Journal of Experimental Botany** 50, 689-696.

Balitkabi. 2008. **Deskripsi Varietas Unggul Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian**: Malang.

Boer, R., A. Buono, dan Suciantini. 2010. Pengembangan Kalender Tanaman Dinamik Sebagai Alat dalam Menyesuaikan Pola Tanam dengan Prakiraan Iklim Musiman. **Laporan Hasil Penelitian I-MHERE B2CIPB**. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Boru, G., T.T. Van Toai, J. Alves, D. Hua, dan M. Knee. 2003. Response of soybean to oxygen deficiency and elevated root-zone carbon dioxide concentration. **Annals Bot.** 91(4): 447–45.

Bradford, K.J., dan S.F. Yang. 1981. Physiological Responses of Plant to Water Logging. **Hortscirnce**. 6 (1) : 25.29.

Buckman, H.O., dan N.C. Brady. 1982. **Dasar Ilmu Tanah**. Jakarta: Bhatara Karya.

Cahyono, B. 2003. **Teknik dan Strategi Sawi Hijau (Pat-Tsai)**. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.

Chang W.P., L. Huang, M. Shen, C. Webster, A.L. Burlingame, dan J.K Roberts. 2000. Patterns of Protein Synthesis And Tolerance of Anoxia In Root Tips Of Maize Seedlings Acclimated To A Low-Oxygen Environment, And Identification Of Proteinsby Mass Spectrometry. **Plant Physiology** 122, 295-318.

Cook, F.J., dan J.H. Knight. 2003. Oxygen Transport to Plant Roots. **Soil Science Society of America Journal** 67:20-31

Darman, S. 2003. Pengaruh Penggenangan dan Pemberian Bahan Organic Terhadap Potensial Redoks, pH, Status Fe, P, dan Al Dalam Larutan Tanah Ultisol Kulawi. **J. Agroland** 10 No (2); 119-125.

Dennis, E.S., R. Dolferus, M. Ellis, M. Rahman, Y. Wu, F.U. Hoeren, A. Grover, K.P. Ismond, A.G. Good, dan W.J. Peacock. 2000. Molecular Strategies for Improving Waterlogging Tolerance In Plants. **J. Exp. Bot.** 51: 89–97.

Dexter, A.R. 1988. Advances in Characterization of Soil Structure. **Soil Tillage Res.**, 11:199-238.

Ditjen Hortikultura. 2014. **Pedoman Budidaya Kedelai Varietas Grobogan**. Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian.

Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. **Rice : Nutrient Disorders and Nutrient Management**. Potash and Potash Institute of Canada.

Donahue, R.L. 1977. **Soils an Introduction to Soils and Plant Growth. Fouth Edition**. Amerika: Prentince Hall United States.

Drew, M.C. 1992. Soil Aeration and Plant Root Metabolism. **Soil Science** 154:259-268.

Dwidjoseputro. 2005. **Dasar-dasar mikrobiologi**. Malang: Djambatan.

Elaine R. Ingham. 2003. **The Living Soil : Fungi. Natural Resources Conservation Service Soils**. United Stated Departement of Agriculture.

Else M.A, D. Coupland, L. Dutton, dan M.B. Jackson. 2001. Decreased Root Hydraulic Conductivity Reduces Leaf Water Potential, Initiates Stomatal Closure and Slows Leaf Expansion In Flooded Plants of Castor Oil (*Ricinus communis*) Despitelimited delivery of ABA From The Roots to Shoots in Xylem Sap. **Physiologia Plantarum** 111, 46-5.

Epstein, E. 2005. **Mineral Nutrition of Plants; Principles and Perspectives**. New York: Willey.

Epstein, E. dan A.J. Bloom. 2004. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2 nd edition**. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.

Fachruddin, L. 2000. **Budidaya Kacang-Kacangan**. Yogyakarta: Kanisius.

Fitter, A.H., and R.K.M. Hay. 1994. **Environmental Physiology of Plants**. Diterjemahkan oleh Andani, S., dan E.D. Purbayanti. 1994. **Fisiologi Tanaman Lingkungan**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Foth. 1994. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah**. Jakarta: Erlangga.

Foth, H.D., and B.G. Ellis. 1997. **Soil Fertility. 2nd**. Boca Raton: Lewis Publisher.

Fukou Bailey-Serres, J. & L.A.C.J. Voesenek. 2008. Flooding Stress: Acclimations and Genetic Diversity. **Annual Review of Plant Biology**. 59: 313–339.

Gardner FP, Pearce RB, dan Mitchell RL. 1991. **Physiology of Crop Plants**. Diterjemahkan oleh H.Susilo. Jakarta. Universitas Indonesia Press.

Gieve C.M., dan M.C. Shannon. 1999. Ion Accumulation And Distribution In Shoot Components of Saltstressed *Eucalyptus Clones*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**.124: 559-563.

Ginting, E., dan R. Yulifianti. 2010. **Sifat Fisik dan Kimia beberapa Varietas Unggul Kedelai dan Kualitas Susu yang Dihasilkan**. Malang: Balitkabi.

Gunawardena A, D. Pearce, M. Jackson, C. Hawes, dan D. Evans. 2001. Characterisation of Programmed Cell Death During Aerenchyma Formationinduced by Ethylene Orhypoxiain Roots of Maize (*Zea mays* L.). **Planta** 212, 205-214 Hebelstrup KH, Igamberdiev AU, Hill RD. 2007. Metabolic Effects of Hemoglobin Gene Expressioninplants. **Gene** 398, 86-93.

Hakim, N.N., M. Yusuf Nugroho, S.G. Diha, dan M. Amin Go Ban Hong.1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Lampung: Universitas Lampung Press.

Hanafiah, A. S., T. Sabrina, dan H. Guchi. 2009. **Biologi dan Ekologi Tanah**. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Uviversitas Sumatera Utara. 409 hlm.

Handayanto, E., dan K. Hairiah. 2007. **Biologi Tanah: Landasan Pengelolaan Tanah Sehat**. Malang: Pustaka Adipura.

Hardjowigeno, Sarwono. 1995. **Ilmu Tanah**. Jakarta: Akademika Pressindo.

Hasibuan, B.A. 2006. **Ilmu Tanah**. Universitas Sumatra Utara, Medan: Fakulta Pertanian.

Hendriyani dan Setiari. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. **J.Sains Mat.** 17:145-150.

Hidajat, O.O. 1985. **Morfologi Tanaman Kedelai**, hal 73 dalam Atmaja, S.S., M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, Yuswadi dan S.O. Manurung (eds).**Kedelai**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Hillel dan Daniel. 1980. **Introduction to Soil Physics**. London: Academic Press, Inc.

Intara Y.I., A. Sapei, Erizal, N. Sembiring, dan M.H.B Djoefrie. 2011. Pengaruh Pemberian Bahan Organik pada Tanah Liat dan Lempung Berliat Terhadap Kemampuan Mengikat Air. **Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia**. Vol. 16 No.2.

Irianto, K. 2006. **Mikrobiologi: Menguk Dunia Mikroorganisme Jilid 2**. Bandung: Yrama Widya.

Kanti, A. 2006. Marga *Candida*, Khamir Tanah Pelarut Posfat Yang diisolasi dari Tanah Kebun Biologi Wamena Papua. **Biodiversitas**.7(2) 105-108

Kanti, A. 2007. Penapisan khamir Selulolitik *Cryptocoous* sp. yang diisolasi dari tanah Kebun Biologi Wamena Jaya Wijaya Propinsi Papua. **Laporan Penelitian Bidang Mikrobiologi**. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-LIPI.

Kato-Noguchi H. 2000. Absciscic acid And Hypoxicinduction of Anoxia Tolerance In Roots of Lettuce Seedlings. **Journal of Experimental Botany** 51, 1939-1944.

Kawano, N., E. Ella, O. Ito, Y. Yamauchi, dan K. Tanaka. 2002. Metabolic Changes In Rice Seedlings With Different

Submergence Tolerance After Desubmergence. **Environmental and Experimental Botany**. 47: 195-203.

Kawano, N, O. Ito, dan J-I, Sakagami. 2009. Morphological And Physiological Responses of Rice Seedlings To Complete Submergence (*Flash Flooding*). **Annals of Botany** Vol.103, No.2.

Kementerian Pertanian. 2010. **Kedelai Lokal Varietas Grobogan**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Krisdiana, R. 2005. **Preferensi Industri Tahu dan Tempe Dalam Menggunakan Bahan Baku Kedelai di Jawa Timur**. hlm. 540–548. dalam Makarim, A.K., Marwoto, M.M. Adie, A.A. Rahmianna, Heriyanto, dan I.K. Tastra (Eds). **Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Kyuma, K. 2004. **Paddy Soil Science**. Kyoto University Press. 280 pp.

Lay,W.B.1994. **Analisa Mikroba di Laboratorium**.Edisi I.Jakarta : PT.Raja Grafindo Persada

Melsted, S.W., dan T.R. Peck. 1972. The Principles of Soil testing. In Walsh, L.M., and J.D. Beaton (Eds.). Soil Testing and Plant Analysis. **Journal of Soil Science Society of America** Madison, Wisconsin.

Mengel, K., dan E.A. Kirkby. 1987. **Principles of Plant Nutrition**. 4th Edition International Potash Institute. Switzerland.

Mergemann H., dan M. Sauter. 2000. Ethylene Induces Epidermal Cell Death At The Site of Adventitious Root Rice. **Plant Physiology** 124, 609-614.

Michelle, M.O., M. Ortiz, dan G. Selles. 2015. Effects Of Transient Soil Waterlogging and its Importance for Rootstock Selection. **Chilean Journal of Agriculture Research** 75 (Supl.1)

Moldrup, P., T. Olesen, P. Schjønning, T. Yamaguchi, dan D.E. Rolston. 2000. Predicting The Gas Diffusion Coefficient In Undisturbed Soil from Soil Water Characteristics. **Soil Science Society of America Journal** 64:94-100.

Muchtadi, Deddy. 2010. **Kedelai Komponen untuk Kesehatan**. Jakarta: Alfabet.

Nickum, M.T., J.H. Crane, B. Schaffer, dan F.S. Davies. 2010. Responses Of Mamey Sapote (*Pouteria Sapota*) Trees To Continuous And Cyclical Flooding In Calcareous Soil. **Scientia Horticulturae** 123:402-411.

Patrick, W. H., dan C. N. Reddy. 1978. **Chemical Changes in Rice Soils**. p. 361-379. In IRRI (Ed.) Soil and Rice. IRRI, Los Banos. Philippines.

Peeters, A.J.M., C.H. Cox., J.J. Benschop., R.A.M. Vreeburg., J. Bou dan L.A.C.J. Voesenek. 2002. Submergence Research Using Rumex Palustris As A Model: Looking Back And Going Forward. **Journal of Experimental Botany** 53(368): 391-398.

Pelczar, J. Michael., dan E.C.S. Chan. 1986. **Dasar-dasar Mikrobiologi**. Jakarta: Universitas Indonesia.

Ponnamperuma, F. N. 1972. The Chemistry of Submerged Soils. Adv. **In Agron.** 24:29-96.

Ponnamperuma, F.N. 1976. Spesific Soil Chemical Characteristics of Rice Production in Asia. **IRRI Res.** Series 2.

Prasetyo, H.P., J.S. Adiningsih, K. Subagyono, dan R.D.M. Simanungkalit. 2004. **Mineralogi, Kimia, Fisika, dan Biologi Lahan Sawah.** hlm. 29-82 dalam **Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya.** Pusat penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

Purwaningsih, S. 2008. Populasi Bakteri *Rhizobium* di Tanah pada Beberapa Tanaman dari Pulau Buton, Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Tenggara. **Tanah Trop.** 14 (1): 65-70.

Rasaei, A., M.E. Ghobadi, S.J. Honarmand, M. Ghobadi, dan M. Saeidi. 2012. Waterlogging and its Effects on Nitrogen of Soil And Plant. **Annals of Biological Research** (1): 119-124.

Rao, S. 1994. **Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman.** Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Riche, C.J. 2004. Identification of Soybean Cultivars Tolerance to Waterlogging Through Analyses of Leaf Nitrogen Concentration. **Lousiana State University Electronic Thesis and Dissertation Collection.**

Ruijter, J dan F. Agus. 2004. **Pengenalan Tanah.** World Agroforestry Centre. Jakarta.

Sairam, R.K., D. Kumutha, dan K. Ezhilmathi. 2009. Waterlogging Tolerance: Nonsymbiotic Haemoglobin-Nitric Oxide Homeostatis and Antioxidants. **Current Science** 96(5): 674–682.

Salisbury, F. B dan Ross, C. W. 1995. **Fisiologi Tumbuhan**. Jilid 3. (Diterjemahkan oleh : Diah R, Lukman dan Sumaryono). Bandung: Penerbit ITB.

Scott, H.D., J. De Angulo, M.B. Daniels, dan L.S. Wood. 1989. Flood Duration Effect Onsoybean Growth and Yield. **Agronomy** 81: 631–636.

Setter, T.L., M.B. Jackson, I. Waters, I. Wallace, dan H. Greenway. 1987. **Floodwater Carbon Dioxide Dan Ethylene Concentrations as Factors in Chlorosis Development Dan Reduced Growth of Completely Submerged Rice**. In: Proceedings of the 1987 International Deepwater Rice Workshop. International Rice Research Institute, Los Ban Aös, Philippines, pp. 301-310

Simanungkalit, R.D.M., D.A Suryadikara, R. Saraswati, D. Setyorini dan W. Hartatik. 2006. **Pupuk Organik dan Pupuk Hayati**. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.

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

Shimamura, S., T. Mochizuki, Y. Nada, dan 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.

Sojka, R.E., dan H.D. Scott. 2000. Aeration measurement. p. 27-29. In R. Lal. (ed.) **Encyclopedia of soil science**. Marcel Dekker, New York, USA.

Stahl, D.A., M. Hullar, and S. Davidson. 2006. **The Structure And Function of Microbial Communities**. p. 299–327. *In* M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K. Schleifer, dan E. Stackebrandt (Eds.) **The Prokaryotes (3rd ed), A Handbook on the Biology of Bacteria**. Singapore: Springer.

Steffens B, Wang J, dan Sauter M. 2006. Interactions Between Ethylene, Gibberellin and Absciscic Acid Regulate Emergence And Growth Rate of Adventitious Roots In Deep Water Rice. **Planta** 223, 604-612.

Sumarno.1983. **Kedelai dan Cara Bercocok Tanamnya**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pangan.

Suprpto. 2001. **Bertanam Kedelai**. Jakarta: Penebar Swadaya.

Sutedjo, M.M., dan A.G. Kartasapoetra. 1988. **Pengantar Ilmu Tanah. Terbentuknya Tanah dan Tanah Pertanian**. Jakarta: Bina Aksara.

Sutejo. 1995. **Pupuk dan Cara Pemupukan**. Jakarta: Rineka Cipta

Sutedjo, M. Mulyani., A.G. Kartasapoetra dan RD.S. Sastroatmodjo. 1996. **Mikrobiologi Tanah**. Jakarta: Rineka Cipta.

Sutedjo, M.M. dan A.G. Kartasapoetra. 2002. **Pengantar Ilmu Tanah Cetakan Ketiga**. Jakarta: Rineka Cipta.

Tejoyuwono N., S. Soekodarmodjo dan E. Sukan., 2006. **Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan**. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Van Toai, T.T., S.K. St. Martin, K. Chase, G. Boru, V. Schnipke, A.F. Schmitthenner, dan K.G. Lark. 2001. Identification of a QTL Associated With Tolerance of Soybean to Soil Waterlogging. **Crop Science Society of America** 41: 1247–1252.

Verheij, E.W.M., dan R.E. Coronel,(Eds). 1992. Plant Resources of South-East Asia, No 2, Edible Fruits and Nuts. **PROSEA**, Bogor, Indonesia. p. 452.

Voesenek L, M. Banga, R. Thier, C. Mudde, F. Harren, G. Barendse, dan C. Blom. 1993. Submergence-Induced Ethylene Synthesis, Entrapment, and Growth In Two Plant Species with Contrasting Flooding Resistances. **Plant Physiology** 103,783-791

Vuylstekker C, Dewaele E, Rambour S. 1998. Auxin Induced Lateral Root Formation In Chicory. **Annals of Botany** 81, 449-454.

Winarsi, Heri. 2010. **Protein Kedelai dan Kecambah Manfaatnya bagi Kesehatan**. Yogyakarta: Kanisius.

Winarso, S. 2003. **Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan Dan Kualitas Tanah**. Jember: Gava Media.

Wiroatmodjo, Sulistyono, Eko. 2000. Perbaikan Budidaya Basah Kedelai. **Buletin Agronomi** 10 (1): 27-37.

Yoon H, S.J. Hwang, M. Waqas, A.L. Khan, J.H. Lee, J.D. Lee, H.T. Nguyen, dan I.J. Lee. 2015. Comparative Analysis of Endogenous Hormones Level In Two Soybean (*Glycine Max L.*) Lines Differing In Waterlogging Tolerance. **Plant Sci**.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 06 Juni 1994. Memulai pendidikan dasar di MI AL MA'ARIF Sukomulyo, Manyar Gresik. Setelah lulus, ia memulai jenjang menengah pertama di SMP Muallimat NU Gresik. Di SMP. Setelah lulus SMP, ia memulai jenjang menengah ke atas di SMA NU 1 Gresik. Kecintaan akan ilmu sains, khususnya biologi sudah muncul sejak kelas 2 SMP dan berlanjut sampai saat ini. Selain suka akan ilmu sains, ia juga sangat suka dengan kesenian mulai seni tari, seni menyanyi dan juga seni fotografi. Setelah lulus SMA, perempuan ini sempat memutuskan untuk melanjutkan kuliah di bidang seni di salah satu universitas kesenian terkenal di Jogjakarta. Karena terhalang oleh berbagai faktor untuk melanjutkan kuliah dibidang seni, akhirnya ia memutuskan untuk melanjutkan kuliahnya di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Setelah memasuki jenjang perkuliahan, banyak ilmu-ilmu baru yang dipelajari oleh penulis meliputi bidang botani, zoologi, mikrobiolog dan hingga ia terlihat tertarik dengan bidang botani. Selain itu, penulis juga mengikuti UKM (Unit Kesehatan Mahasiswa) di kampus ITS yaitu KSR. KSR merupakan singkatan dari Korp Kesukarelaaan Mahasiswa yang merupakan organisasi yang bergerak pada bidang kemanusiaan dengan bekal kepalang merah. Penulis dapat dihubungi ke alamat email sebagai berikut ainul.mufidah@yahoo.com