

Morfologi, Fisiologi, dan Produksi Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Kultivar Grobogan yang Ditanam di Daerah Pantai Cilacap

Didi Ramadani, Juwarno*, Rochmatino

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 63 Purwokerto 53122

*Correspondent email : juwarno@unsoed.ac.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 15/08/2022

Disetujui : 02/09/2023

Abstract

Soybean is one of the vegetable protein commodities which is widely used in Indonesia. Currently, most of the domestic soybean needs are fulfilled from imports. Fulfillment of domestic soybean needs can be done by increasing soybean cultivation on marginal land, especially saline land. The land has the potential as a soybean planting area, but soybean is a plant that is sensitive to salt toxicity. The aim of this study was to determine the morpho-physiological characters and production of salinity-resistant Grobogan soybeans cultivar grown on Coastal Lengkong, Cilacap. The study was conducted on two areas of different salinity located on the Coastal Lengkong, Cilacap using the Completely Randomized Design (CRD) experimental method with 10 replications. Measurement of environmental factors (salinity, pH, moisture, temperature, humidity and light intensity) was carried out with 5 replications. The study have been conducted in March – May 2021. The observed variables were morphology, physiology, and production with the parameters measured were plant height, stem diameter, number of leaves, leaf length, leaf width, content of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, and the number of pods. The data were analyzed using the mean test (t-test) with 95% confidence level. The results of this study showed that the parameters of stem diameter, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, and the number of soybean pods at 30 mM salinity were lower than 20 mM salinity and there were no significant differences in other parameters. The number of pods correlated with the levels of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids.

Key Words: *morphology, physiology, production, salinity, soybean*

Abstrak

Kedelai merupakan salah satu komoditas protein nabati yang pemanfaatannya sangat luas di Indonesia. Saat ini sebagian besar kebutuhan kedelai dalam negeri dipenuhi dari hasil impor. Pemenuhan kebutuhan kedelai dalam negeri dapat dilakukan dengan cara meningkatkan produksi dengan cara penanaman kedelai pada lahan marginal, khususnya lahan salin. Lahan tersebut dapat digunakan sebagai lahan tanam kedelai, akan tetapi kedelai merupakan tanaman yang peka terhadap toksisitas garam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi, fisiologi, dan produksi kedelai kultivar Grobogan tahan salinitas yang ditanam di Pantai Lengkong, Cilacap. Penelitian dilakukan pada dua lahan dengan salinitas 20 mM dan 30 mM yang berada di pantai Lengkong Cilacap dengan menggunakan metode eksperimental Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 kali ulangan. Pengukuran faktor lingkungan (salinitas, pH, kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya) dilakukan dengan 5 kali ulangan. Penelitian dilakukan pada bulan Maret – Mei 2021. Variabel yang diamati adalah morfologi, fisiologi, dan produksi dengan parameter yang diukur adalah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, kadar klorofil a, klorofil b, total klorofil, karotenoid, dan jumlah polong. Data dianalisis menggunakan uji rerata (uji-t) dengan taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada parameter diameter batang, klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan jumlah polong tanaman kedelai pada salinitas 30 mM lebih rendah dibandingkan dengan salinitas 20 mM dan tidak ada perbedaan yang nyata pada parameter lainnya. Jumlah polong berkorelasi dengan kadar klorofil a, klorofil b, dan karotenoid.

Kata kunci: *fisiologi, kedelai, morfologi, produksi, salinitas*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber karbohidrat, protein, dan lemak terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Era modern seperti saat ini, masyarakat mulai mengurangi konsumsi makanan tinggi karbohidrat dan menggantinya dengan makanan tinggi protein. Proses perubahan komposisi makanan tersebut disebabkan oleh meningkatnya kesadaran akan pentingnya

keseimbangan gizi. Kurangnya asupan protein dapat berpengaruh terhadap terjadinya masalah kurang gizi (Ernawati *et al.*, 2016).

Kedelai merupakan salah satu sumber nabati yang memiliki pemanfaatan sangat luas di Indonesia. Sekitar 90% kedelai dimanfaatkan untuk bahan pangan dan 10% digunakan untuk kebutuhan lain. Produk olahan kedelai menjadi menu makanan penting bagi masyarakat Indonesia (Dianawati *et al.*, 2013). Nefasa *et al.* (2013) menyebutkan bahwa

minyak kedelai memiliki kandungan Omega-6 lebih tinggi dibandingkan dengan minyak nabati lain seperti minyak kacang tanah dan minyak jagung. Hal ini didukung oleh Jooyandeh (2011) dan Waqas *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa selain tinggi protein dan minyak, kedelai mengandung lemak tak jenuh, rendah kalori, bebas lemak dan kolesterol, serta mengandung metabolit sekunder seperti isoflavon, saponin, antosianin, dan lignin.

Indonesia pada tahun 2020 lalu telah mengimpor sebanyak 2475,3 ton kedelai dari berbagai Negara (BPS, 2021). Data tersebut menunjukkan bahwa produksi kedelai nasional belum dapat memenuhi kebutuhan konsumsi nasional. Hal ini dikarenakan kedelai hanya ditanam pada lahan subur dan kurangnya pemanfaatan lahan marginal sebagai lahan tanam kedelai. Lahan marginal merupakan lahan yang memiliki mutu rendah baik dari segi kesuburan tanah, potensi dan produktivitasnya. Meningkatnya lahan marginal di Indonesia seperti lahan salin di pesisir pantai memiliki potensi sebagai lahan tanam kedelai. Akan tetapi kedelai merupakan tanaman yang sangat peka terhadap toksisitas garam (Na^+ dan Cl^-) (Purwaningrahyu & Taufiq, 2017). Untuk itu, perlu dilakukannya upaya untuk mendapatkan kedelai tahan salinitas yang dapat dilakukan dengan menanam secara langsung pada lahan salin. Seleksi tanaman dilakukan dengan cara menanam langsung kedelai di daerah pantai. Kedelai yang digunakan merupakan kedelai kultivar Grobogan yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi).

Kadar garam (NaCl) yang tinggi pada suatu lahan dapat berpengaruh terhadap kadar pigmen fotosintesis pada tanaman. Garam dalam kadar yang tinggi seperti pada lahan salin membuat tanaman kesulitan untuk mendapatkan unsur lain terutama unsur-unsur makro seperti N dan Mg yang digunakan oleh tanaman sebagai bahan penyusun klorofil. Defisiensi unsur tersebut membuat tanaman memiliki kadar klorofil yang rendah sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan terganggu akibat tidak maksimalnya proses fotosintesis. Hal ini akan menurunkan biomassa tanaman dan jumlah produksinya (Gu-wen *et al.*, 2014).

Menurut Purwaningrahyu & Taufiq (2017) salinitas yang tinggi dapat berpengaruh terhadap morfologi dan fisiologi tanaman dikarenakan akumulasi ion Na^+ dan Cl^- akan menyebabkan daun mengalami nekrosis sehingga tepi daun akan mengering. Lebih lanjut Zahra & Mehdi (2011), menyatakan bahwa stress garam dapat menyebabkan penurunan produksi hingga 30% dan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap karakter morfologi, fisiologi dan produksi kedelai kultivar Grobogan yang ditanam di daerah pantai dengan salinitas berbeda untuk menguji dan membandingkan karakter kedelai tahan salinitas.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kedelai kultivar Grobogan hasil *screening*, sampel tanah salin, aseton 80%, akuades, spektrofotometer, *soil tester*, *environment tester*, dan *hand-refractometer*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan penanaman pada 2 lahan, salinitas 20 mM dan 30 mM. Perlakuan diulang sebanyak 10 kali ulangan dengan total unit percobaan yang diperoleh sebanyak 20 unit percobaan.

1. Penanaman dan perawatan Kedelai

Biji kedelai ditanam di pantai Lengkong dengan jarak lubang tanam 25 cm. Setiap lubang tanam berisi 2 biji kedelai. Tanaman diberi pupuk sebanyak 2 kali menggunakan pupuk NPK pada minggu ke 2 dan ke 5 setelah tanam. Penyiangan gulma dilakukan pada minggu ke 5 serta tidak dilakukan penyiraman dan pemberian pestisida pada tanaman.

2. Pengukuran karakter morfologi

Karakter morfologi diukur setelah tanaman berumur 51 HST. Karakter yang diukur meliputi tinggi tanaman (cm), panjang daun (cm), dan lebar daun (cm) diukur menggunakan penggaris 30 cm. Pengukuran diameter batang (cm) dilakukan dengan menggunakan jangka sorong. Jumlah daun (helai) dan jumlah polong (buah) dihitung secara langsung. Setiap pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.

3. Analisis kadar klorofil dan karotenoid

Sampel daun diambil dari tanaman berumur 31 HST. Waktu pengambilan sampel daun merujuk pada Hendriyani *et al.* (2018) bahwa kadar klorofil tertinggi dicapai pada fase vegetatif saat tanaman berumur sekitar 4 minggu setelah tanam. Sampel daun kemudian ditimbang sebanyak 0,02 g setiap daunnya menggunakan timbangan analitik. Daun kemudian dihaluskan menggunakan *mortar* dan *pestle* dengan ditambahkan aseton 80%. Setelah halus, daun disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ekstrak dari padatan yang tidak larut. Ekstrak daun ditambah dengan aseton 80% hingga volumenya mencapai 4 mL dalam gelas beker. Ekstrak kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditutup dengan aluminium foil. Ekstrak kemudian diukur absorbansinya pada spektrofotometer UV-vis dengan panjang gelombang 646 nm, 663 nm dan 470 nm. Pengukuran absorbansi dilakukan sebanyak 10 kali ulangan. Kadar klorofil dan karotenoid dihitung menggunakan rumus berikut (Lichtenthaler & Wellburn, 1983; Harborne, 1984):

$$\text{Klorofil a } (\mu\text{g. ml}^{-1}) = 12,21(A663) - 2,81(A646)$$

$$\text{Klorofil b } (\mu\text{g. ml}^{-1}) = 20,13(A646) - 5,03(A663)$$

$$\text{Total Klorofil } (\mu\text{g. ml}^{-1}) = 17,3(A646) - 7,18(A663)$$

Tabel 1. Nilai Rerata Faktor Edafik dan Klimatik Lahan Tanam Kedelai

Lahan Tanam	Faktor Edafik			Faktor Klimatik		
	Salinitas (mM)	pH	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya (lx)
1	20	6,10	80,00	34,06	72,48	10.414
2	30	5,12	78,00	36,14	71,18	14.116

Tabel 2. Rerata Karakter Morfologi Kedelai secara Kuantitatif pada Salinitas Berbeda

Salinitas (mM)	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)	Jumlah Daun (helai)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
20	24,45±5,47 ^a	3,76±0,78 ^a	18,60±3,59 ^a	9,06±1,00 ^a	5,54±0,57 ^a
30	21,30±2,45 ^a	2,99±0,49 ^b	16,80±2,78 ^a	8,52±0,87 ^a	4,90±0,85 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama antar perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf uji dengan tingkat kepercayaan 95%.

Karotenoid ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)

$$= \frac{(1000(A470)) - 3,27(\text{Klorofil a}) - 104(\text{Klorofil b})}{229}$$

4. Pengukuran faktor edafik dan klimatik

Faktor edafik yang diukur berupa salinitas (mM), pH, dan kelembapan tanah (%). Pengukuran salinitas tanah dilakukan dengan menggunakan *hand-refraktometer*. Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm dari permukaan tanah. Pengukuran pH dan kelembapan tanah menggunakan *soil tester*. Faktor klimatik yang diukur meliputi suhu (°C), kelembapan udara (%), dan intensitas cahaya (lx). Pengukuran dilakukan menggunakan *environment tester*. Semua pengukuran dilakukan satu kali dengan 5 ulangan saat tanaman berumur 51 HST antara pukul 10.00 hingga 11.00 WIB.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran karakter morfologi, fisiologi dan produksi dianalisis menggunakan uji rerata (uji-t) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk membandingkan rata-rata antara 2 kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan data edafik dan klimatik lahan tanam satu memiliki nilai salinitas, suhu, dan intensitas cahaya yang lebih rendah dibandingkan dengan lahan tanam dua akan tetapi lebih tinggi untuk nilai pH dan kelembapan (Tabel 1). Perbedaan pada komponen faktor lingkungan tersebut dapat menyebabkan perbedaan pada morfologi, fisiologi, dan produksi dari tanaman yang ditanam pada lahan tersebut. Hal ini didukung oleh Taufik & Sundari (2012) yang menyatakan bahwa komponen-komponen faktor lingkungan mempengaruhi pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dapat berupa perubahan morfologis maupun fisiologis. Berdasarkan hasil analisis rerata pada karakter morfologi kedelai menunjukkan nilai rerata diameter batang berbeda nyata pada salinitas 20 mM dan

salinitas 30 mM dan tidak berbeda nyata untuk parameter lainnya (Tabel 2). Perbedaan diameter batang kedelai pada salinitas 20 mM dan salinitas 30 mM terjadi karena adanya perbedaan kondisi lingkungan tumbuh.

Kedelai termasuk tanaman tidak tahan salinitas (glikofita), sehingga stress salinitas berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Semakin tinggi salinitas suatu lahan menyebabkan semakin terganggunya pertumbuhan kedelai. Terganggunya pertumbuhan kedelai tersebut dapat terlihat pada parameter diameter batang yang menurun pada salinitas 30 mM. Penurunan tersebut terjadi karena stress salinitas menyebabkan penurunan potensial air pada tanah yang dengan demikian akan mencegah penyerapan air oleh akar dan memicu respon yang sama seperti respon defisiensi air. Respon tanaman terhadap defisiensi air dapat berupa menurunkan luas permukaan batang, daun dan jumlah daun guna mengurangi proses transpirasi yang terjadi. Respon tersebut akan membuat diameter batang, panjang dan lebar daun berukuran lebih kecil serta jumlah daun yang lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman yang ditanam pada lahan subur. Hal ini didukung oleh pernyataan Ellouzi *et al.* (2014) dan Sujinah & Jamil (2016) yang menyatakan bahwa defisiensi air menyebabkan tanaman melakukan adaptasi berupa memperkecil luas permukaan tanaman dan merangsang peningkatan sintesis dan pelepasan hormon ABA dari mesofil daun. Hormon ini berperan dalam penutupan stomata guna mengurangi transpirasi dan mempercepat penuaan dan senesens daun.

Tanaman yang tumbuh pada tempat dengan kandungan air yang minim memiliki pembuluh xilem dengan diameter yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pembuluh xilem berfungsi untuk distribusi air dari akar ke organ lainnya, sehingga ukurannya akan menyesuaikan dengan volume air yang dapat diserap oleh akar. Salinitas yang tinggi membuat tanaman kesulitan untuk menyerap air, sehingga tanaman akan

beradaptasi dengan memperkecil diameter pembuluh xilem. Pengecilan diameter pembuluh xilem ini akan berpengaruh terhadap diameter batang tanaman tersebut. Oleh karena itu, tanaman kedelai pada salinitas 30 mM memiliki diameter batang yang lebih kecil dibandingkan pada tanaman kedelai yang tumbuh pada salinitas 20 mM. Hal ini didukung oleh penelitian El-Rodeny & El-Okkiah (2012) yang menunjukkan bahwa diameter batang kedelai akan mengecil seiring dengan peningkatan salinitas karena penurunan ketebalan korteks dan penurunan diameter pembuluh xilem. Penurunan diameter xilem tersebut disebabkan karena adanya represi terhadap pembentukan pembuluh xilem. Pengurangan produksi pembuluh xilem disebabkan oleh pengurangan ekspansi seluler akibat kadar garam yang tinggi sehingga menghasilkan diameter pembuluh yang lebih kecil.

Tanaman tingkat tinggi yang tumbuh pada kondisi non-salin mengandung K sebesar 100 - 200 mM dan mengandung Na sebesar 1 - 10 mM. Konsentrasi Cl yang tinggi pada tanah salin membuat tanaman kekurangan K dikarenakan Cl dapat mengikat K, selain itu konsentrasi Na yang tinggi dapat menggantikan Ca pada membran plasma yang menyebabkan terjadinya *efflux* K sehingga menurunkan permeabilitas membran plasma. Membran plasma yang menurun permeabilitasnya akan membuat sel rapuh dan lisis (Taiz & Zeiger, 2010). Hal ini menimbulkan terjadinya nekrosis pada daun kedelai yang ditunjukkan dengan matinya sel pada ujung-ujung daun kedelai (Gambar 1).



Gambar 1. Tanaman Kedelai Kultivar Grobogan 51 HST
Keterangan: (I) Tepi daun yang mengalami nekrosis; (II) Helai daun; (III) Polong; dan (IV) Batang.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi morfologi tanaman kedelai adalah pH tanah. Kedelai secara umum dapat tumbuh optimal pada pH mendekati normal. pH yang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi dapat mengganggu proses metabolisme tanaman yang akan memicu perubahan morfologis pada tanaman. Menurut Irwan & Nurmala (2018), tanaman kedelai tumbuh optimal pada pH 6,8, akan

tetapi masih dapat tumbuh dan berproduksi pada pH 5,5 hingga 6,5. Penelitian Lubis *et al.* (2015) menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang ditanam pada media dengan pH 5,65 memiliki berat kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam pada media dengan pH 4,83. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah pH tanah semakin rendah pula biomassa tanaman. Biomassa tanaman salah satunya dipengaruhi oleh diameter batang, semakin besar diameter batang maka semakin tinggi biomassa tanaman tersebut.

Nilai pH dapat berpengaruh terhadap tingkat kelarutan dari berbagai unsur dalam tanah. Semakin rendah nilai pH suatu tempat maka kelarutan unsur Al akan semakin meningkat. Menurut Bachtiar *et al.* (2016) bahwa pH yang terlalu rendah pada lahan berpengaruh terhadap meningkatnya kelarutan unsur Al, Fe, dan Mn dalam tanah. Kelarutan yang terlalu tinggi pada unsur tersebut dapat menyebabkan efek keracunan pada tanaman dan mengganggu penyerapan unsur hara seperti P dan K. Menurut Malik *et al.* (2017) unsur P digunakan oleh tanaman untuk membentuk ATP dan NADPH yang berlangsung di grana. ATP dan NADPH tersebut dibutuhkan untuk mereduksi CO₂ pada saat reaksi gelap yang berlangsung di stroma yang kemudian menghasilkan karbohidrat. Sehingga jika terjadi defisiensi unsur P tanaman akan kesulitan membentuk energi dan menghambat pertumbuhan tanaman. Unsur K berfungsi sebagai media transportasi hara termasuk P dari akar ke daun dan mentranslokasikan asimilat dari daun ke seluruh bagian tumbuhan yang akan digunakan untuk proses pertumbuhan. Selain itu menurut Silahooy (2008), unsur K juga memiliki fungsi meningkatkan sklerenkim pada batang. Sklerenkim berfungsi memberi penebalan pada batang dan kekuatan pada jaringan. Hal ini menjelaskan mengapa kedelai yang ditanam pada pH 5,12 memiliki diameter batang yang lebih kecil dibandingkan dengan pada pH 6,10.

Intensitas cahaya juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi karakter morfologi. Intensitas cahaya yang terlalu rendah akan menyebabkan tanaman mengalami etiolasi dan jika intensitas cahaya terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Hal ini terjadi karena di dalam jaringan tumbuhan terdapat hormon auksin yang dapat terurai jika mendapat paparan cahaya yang tinggi dan sebaliknya konsentrasi auksin akan meningkat jika tanaman tidak mendapat cahaya. Hormon auksin berfungsi untuk pemanjangan sel. Hasil penelitian Ningrum *et al.* (2020) terhadap kedelai kultivar Dena 1 yang ditanam di lahan pasir pantai tanpa pemberian pupuk menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada intensitas cahaya siang hari sebesar 18.445 lx, yaitu 37,50 cm lebih rendah dibandingkan dengan yang ditanam pada intensitas cahaya 12.331 lx, yaitu sebesar 45,60 cm. Intensitas cahaya yang tinggi dapat merusak hormon auksin

Tabel 3. Rerata Kandungan Klorofil dan Karotenoid Kedelai pada Salinitas Berbeda

Salinitas (mM)	Klorofil a ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Klorofil b ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Total Klorofil ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Karotenoid ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)
20	6,36 \pm 1,01 ^a	3,51 \pm 0,52 ^a	1,31 \pm 0,26 ^a	1,08 \pm 0,22 ^a
30	4,14 \pm 0,97 ^b	2,81 \pm 0,68 ^b	1,29 \pm 0,38 ^a	0,53 \pm 0,19 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama antar perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf uji dengan tingkat kepercayaan 95%.

dalam tanaman yang diperlukan untuk pemanjangan batang. Menurut Ariany *et al.* (2013), auksin berperan merangsang pompa proton yang mengakibatkan penurunan pH dinding sel sehingga enzim yang berfungsi memecah ikatan silang pada mikrofibril selulosa akan aktif. Proses tersebut akan membuat serat-serat dinding sel melonggar. Sel akan bersifat lebih lentur dan bebas menyerap air secara osmosis sehingga sel akan bertambah panjang. Oleh karena itu, intensitas cahaya rendah akan membuat tanaman lebih tinggi sedangkan intensitas cahaya yang lebih tinggi menyebabkan tanaman lebih pendek.

Peningkatan intensitas cahaya diikuti dengan peningkatan suhu dan penurunan kelembapan (Tabel 1). Suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman karena dapat mempengaruhi kerja enzim dan hormon tumbuh dalam tanaman tersebut. Kedelai dapat tumbuh dengan baik pada rentang suhu 21-34°C, akan tetapi suhu optimum bagi pertumbuhan kedelai adalah 23-27°C dan suhu optimum untuk pembentukan polong adalah 26,6-32°C (Widiastuti & Latifah, 2016). Naiknya suhu di atas suhu optimum akan mereduksi sintesis protein dan berimbas terhadap menurunnya tingkat pertumbuhan (Juneja *et al.*, 2013). Hal ini dapat terjadi karena dengan meningkatnya suhu enzim RuBisCO (*Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase*) mengikat banyak oksigen sehingga memicu fotorespirasi yang menyebabkan tanaman kehilangan karbon dan nitrogen yang berujung pada menurunnya tingkat pertumbuhan tanaman (Taufiq & Sundari, 2012).

Kelembapan udara optimal bagi pertumbuhan kedelai adalah 75-90% dan saat fase pengisian polong dibutuhkan kelembapan udara sekitar 65-75% (Sumarno & Manshuri, 2016). Kelembapan tanah optimal yang dibutuhkan adalah antara 70-85% dari kapasitas lapang tanah. Hasil pengukuran kelembapan menunjukkan bahwa kelembapan lahan tanam telah sesuai dengan kebutuhan kedelai. Kelembapan tanah berkaitan dengan kadar air dalam tanah. Air merupakan bagian penting dalam proses pertumbuhan tanaman yang mana sekitar 70-90% dari bobot tanaman adalah air. Kelembapan yang terlalu rendah tidak hanya berpengaruh terhadap pertumbuhan akan tetapi juga berpengaruh terhadap tingkat perkecambahan biji kedelai (Taufiq & Sundari, 2012).

Hasil pengukuran terhadap kadar klorofil dan karotenoid menunjukkan perbedaan yang nyata pada

semua parameter fisiologis kecuali total klorofil (Tabel 3). Kadar klorofil a, klorofil b, dan karotenoid pada salinitas 20 mM lebih rendah dibandingkan pada salinitas 30 mM. Kadar klorofil dan karotenoid pada tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungannya seperti ketersediaan unsur pembentuk klorofil, intensitas cahaya, salinitas dan pH tanah. Menurut Mlodzinska (2009) dan Juneja *et al.* (2013) kadar pigmen fotosintesis bergantung pada intensitas cahaya, pH, suhu, salinitas, dan ketersediaan mineral seperti magnesium (Mg) dan normalnya kadar klorofil a adalah 2-4 kali klorofil b.

Peningkatan salinitas pada tanah akan berpengaruh terhadap karakter kimia tanah seperti peningkatan yang signifikan pada kadar Na dan Cl. Menurut Purwaningrahyu & Taufiq (2017) dan Otie *et al.* (2021) kadar Na dan Cl yang tinggi pada tanah berpotensi meracuni tanaman. Tanaman akan mengakumulasi banyak ion Na dan Cl yang akan mengganggu penyerapan ion lain seperti Ca, K, N, Mg, dan P sehingga tanaman akan mengalami defisiensi ion-ion tersebut. Hal serupa dilaporkan oleh Saufalian *et al.* (2013) bahwa kenaikan salinitas membuat jumlah K, N, klorofil a, dan klorofil b menurun. Seperti yang telah diketahui bahwa unsur N dan Mg digunakan sebagai bahan pembuatan klorofil (Firmansyah *et al.*, 2017). Defisiensi unsur tersebut menyebabkan klorofil sulit terbentuk yang berujung pada rendahnya proses fotosintesis yang terjadi. Hal ini akan menurunkan biomassa tanaman dan jumlah produksi bijinya (Gu-wen *et al.*, 2014). Akan tetapi, tidak hanya salinitas yang dapat mempengaruhi kadar klorofil dan karotenoid. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi adalah keasaman tanah.

Tanah yang bersifat asam mengandung unsur Al dan Fe yang tinggi yang berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara makro seperti P dan N. Menurut Bachtiar *et al.* (2015), hal ini dapat terjadi karena semakin rendah pH suatu tanah maka kelarutan dari unsur Al, Fe, dan Mn akan semakin meningkat. Sehingga semakin rendah pH tanah maka tanaman akan semakin kekurangan unsur-unsur makro. Hal ini didukung oleh penelitian Lubis *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa kedelai yang ditanam pada media dengan pH 4,84 memiliki serapan N dan P yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ditanam pada pH 5,65.

Selain karena salinitas dan pH, kadar klorofil dan karotenoid juga dapat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Intensitas cahaya

yang tinggi diduga dapat merusak pigmen tumbuhan. Pigmen fotosintesis yang menerima cahaya dengan intensitas yang tinggi mengalami degradasi menjadi molekul turunannya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bestari *et al.* (2018) menunjukkan bahwa kedelai varietas Grobogan yang ditanam pada tempat dengan intensitas cahaya 1.568,22 lx dan 534 lx memiliki total klorofil sebesar 1,89 ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) dan 2,15 ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) dengan kadar karotenoid sebesar 477,76 ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) dan 526,67 ($\mu\text{mol.g}^{-1}$). Hendriyani *et al.* (2018) menyatakan bahwa karotenoid selain sebagai pigmen fotosintesis juga berfungsi melindungi klorofil dari intensitas cahaya tinggi dan kerusakan akibat oksidasi oleh O_2 , sehingga kadar karotenoid pada tanaman menyesuaikan dengan kadar klorofilnya.

Menurut Pizarro & Stange (2009), penurunan pigmen fotosintesis pada intensitas cahaya tinggi tersebut disebabkan oleh adanya peningkatan foto-oksidasi saat intensitas cahaya meningkat sehingga menyebabkan terjadinya degradasi terhadap pigmen fotosintesis. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Fitriyani *et al.* (2017), yang menyebutkan bahwa paparan cahaya yang tinggi dapat mendegradasi klorofil menjadi senyawa phaeophytin akibat hilangnya ion Mg^{2+} pada klorofil. Tanaman yang mendapatkan intensitas cahaya yang tinggi cenderung memiliki pigmen fotosintesis yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang mendapatkan intensitas cahaya yang lebih rendah. Kuat dan lemahnya intensitas cahaya akan mempengaruhi suhu dan kelembapan.

Suhu dan kelembapan dapat mempengaruhi kandungan klorofil dan karotenoid. Suhu yang tinggi dapat merusak klorofil dan karotenoid dalam tanaman. Selain itu suhu tinggi juga dapat menghambat ataupun merusak enzim yang berperan dalam pembentukan pigmen klorofil, sehingga kadar klorofil akan menurun pada suhu yang tinggi. Menurut Rohmat *et al.* (2014) suhu yang melebihi batas optimum dapat mendegradasi pigmen fotosintetik seperti klorofil a, klorofil b, dan karotenoid menjadi molekul-molekul turunannya. Selain itu, suhu juga mempengaruhi kelembapan

Kelembapan yang sesuai akan menyediakan air yang cukup bagi tanaman. Tidak terpenuhinya air akan menyebabkan metabolisme tanaman terganggu karena air berfungsi sebagai pelarut unsur hara dan fotosintat. Terganggunya metabolisme tanaman akan berpengaruh terhadap produksi pigmen fotosintesis. Hal ini didukung oleh Song & Banyo (2011) yang menyatakan bahwa ketersediaan air yang minim akan menghambat sintesis klorofil pada daun karena laju fotosintesis menurun dan terjadinya peningkatan suhu dan transpirasi yang menyebabkan disintegrasi klorofil. Sedangkan menurut Meher *et al.* (2018) kelembapan yang berada dibawah batas akan menyebabkan defisit air bagi tanaman yang akan memicu produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS)

seperti O_2 dan H_2O_2 yang dapat menjadi penyebab peroksidasi lipid dan destruksi klorofil.

Klorofil dan karotenoid digunakan oleh tanaman untuk mengabsorpsi cahaya. Penurunan kadar pigmen fotosintesis tersebut menyebabkan menurunnya absorpsi cahaya oleh tanaman. Menurut Maman *et al.* (2014) berkurangnya absorpsi cahaya matahari akan menyebabkan penurunan efisiensi reaksi fotokimia pada fotosistem II yang terdiri dari proses fotolisis air dan fosforilasi. Hambatan pada kedua proses tersebut menyebabkan pemecahan air dan pembentukan ATP menjadi tidak maksimal. Atom hidrogen hasil fotolisis air digunakan untuk mereduksi NADP menjadi NADPH_2 . ATP bersama NADPH_2 diperlukan dalam fiksasi CO_2 saat siklus Calvin terjadi. Hal ini membuat produk fotosintesis yang berupa molekul gula menjadi sulit terbentuk. Keadaan demikian jika terus menerus terjadi maka akan menurunkan produktivitas dari tanaman tersebut.

Parameter produksi juga menunjukkan adanya perbedaan jumlah polong yang nyata dengan rata-rata jumlah polong pada salinitas 20 mM lebih besar dibandingkan dengan salinitas 30 mM (Tabel 4.4), (Lampiran 3). Penelitian Wahyuni *et al.* (2018) pada berbagai kultivar kedelai yang ditanam pada lahan sawah menunjukkan bahwa kedelai kultivar Grobogan dapat menghasilkan rata-rata polong sebanyak 39,33 buah pertanaman. Hal ini menunjukkan bahwa produksi polong baik pada salinitas 20 mM maupun salinitas 30 mM masih jauh dari jumlah polong optimal yang dapat dihasilkan oleh kedelai kultivar Grobogan tersebut. Produksi polong yang tidak optimal dapat berhubungan dengan parameter morfologi ataupun dengan parameter fisiologi.

Tabel 4. Rerata Jumlah Polong Kedelai pada Salinitas Berbeda

Salinitas (mM)	Jumlah polong (buah)
20	22,40 \pm 5,56 ^a
30	11,70 \pm 2,75 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama antar perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf uji dengan tingkat kepercayaan 95%.

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa parameter morfologi menunjukkan hubungan yang tidak signifikan dengan jumlah polong ($p>0,05$), (Lampiran 4). Uji yang sama dilakukan terhadap parameter fisiologi berupa kadar klorofil a dan karotenoid menunjukkan hubungan yang sangat signifikan dengan jumlah polong ($p<0,01$) dengan nilai korelasi $r = 0,63$ dan $r = 0,61$, sedangkan untuk klorofil b menunjukkan hubungan yang signifikan dengan jumlah polong ($p<0,05$) dengan nilai korelasi $r = 0,50$, dan total klorofil menunjukkan hubungan yang tidak signifikan dengan jumlah polong ($p>0,05$), (Lampiran 4). Nilai koefisien korelasi 0,41-

0,70 diinterpretasikan sebagai hubungan sedang (Astuti, 2017). Semua parameter fisiologi memiliki tingkat hubungan sedang dengan jumlah polong kecuali untuk total klorofil. Uji korelasi tersebut menunjukkan bahwa parameter fisiologis berupa kadar klorofil a, klorofil b, dan karotenoid berpengaruh terhadap jumlah polong yang dihasilkan.

Klorofil dan karotenoid memiliki hubungan dengan jumlah polong karena klorofil berperan secara langsung dalam metabolisme pembentukan energi dan karbohidrat yang akan disimpan dalam biji. Kadar klorofil dan karotenoid pada tanaman akan menentukan banyaknya fotosintat yang akan diakumulasi pada polong yang diproduksi oleh tanaman tersebut. Hal ini didukung oleh Ningrum *et al.* (2020) menyebutkan bahwa klorofil memiliki peran penting sebagai penangkap energi matahari untuk menghasilkan ATP dan NADPH pada proses fotosintesis. Klorofil a berperan sebagai pusat reaksi yang mengabsorpsi dan mengkonversi energi cahaya menjadi energi kimia. Klorofil b berperan dalam reorganisasi fotosistem selama proses adaptasi terhadap kualitas dan intensitas cahaya yang lebih rendah. Selanjutnya, menurut Hendriyani *et al.* (2018) karotenoid dalam fotosintesis berperan sebagai pigmen pelengkap yang membantu mengabsorpsi energi cahaya. Energi yang diserap akan diteruskan ke klorofil sehingga energi yang digunakan pada proses fotosintesis menjadi lebih besar. Menurut Mastur (2015), fotosintesis selain menghasilkan energi untuk pertumbuhan organ juga menghasilkan fotosintat berupa karbohidrat yang akan banyak didistribusikan ke buah, biji, dan organ seksual dan oleh karena itu kadar pigmen fotosintesis pada suatu tanaman akan mempengaruhi produksi buah dan biji pada tanaman tersebut.

SIMPULAN

Karakter morfologi kedelai yang ditanam pada salinitas 20 mM memiliki diameter batang yang lebih besar secara signifikan dibandingkan pada salinitas 30 mM dan tidak berbeda pada parameter tinggi batang, jumlah daun, lebar daun, dan panjang daun. Karakter fisiologi tanaman kedelai yang ditanam pada salinitas 20 mM memiliki kadar klorofil a, klorofil b, dan karotenoid yang lebih tinggi dibandingkan pada salinitas 30 mM serta tidak berbeda pada parameter total klorofil. Rerata produksi polong pada salinitas 20 mM sebanyak 22,4 buah dan pada salinitas 30 mM sebanyak 11,7 buah.

DAFTAR REFERENSI

Ariany, S.P., Sahiri, N. & Syakur, A., 2013. Pengaruh Kuantitas Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Kadar Antosianin Daun Dewa. *Jurnal Agrotekbis*, 1(5), pp.413-20.

- Astuti, C.C., 2017. Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keeratan Hubungan antara Keaktifan Mahasiswa dengan Hasil Belajar Akhir. *Journal of Information and Computer Technology Education*, 1(1), pp.1-7.
- Bachtiar G., M., Melati, M., Guntoro, D. & Sutandi, A., 2016. Kebutuhan Nitrogen Tanaman Kedelai pada Tanah Mineral dan Mineral Bergambut dengan Budidaya Jenuh Air. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(3), pp.217-27.
- Bestari, A.V., Darmanti, S. & Parman, S., 2018. Respon Fisiologis Kedelai [*Glycine max* (L.) Merr.] Varietas Grobogan terhadap Tingkat Naungan yang Berbeda. *Biospecies*, 11(2), pp.53-62.
- BPS, 2021. *Impor Kedelai Menurut Negara Asal Utama*. [Online] Available at: <https://www.bps.go.id/statistictable/2019/02/14/2015/impor-kedelai-menurut-negara-asal-utama-2010-2019.html> [Accessed 26 November 2021].
- Dianawati, M., Handayani, D.P., Matana, Y.R. & Belo, S.M., 2013. Pengaruh Cekaman Salinitas Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Dua Varietas Kedelai (*Glycine max*. L)). *AGROTROP*, 3(2), pp.35-41.
- Ellouzi, H., Hamed, K.B., Hernandez, I., Cela, J., Muller, M., Magne, C., Abdelly, C. & Bosch, S.M., 2014. A Comparatives Study of The Early Osmotic, Ionic, Redox and Hormonal Signaling Response in Leaves and Roots of Two Halophytes and A Glycophyte to Salinity. *Planta*, 240(6), pp.1299-317.
- El-Rodeny, W.M. & EL-Okkiah, A.F.S., 2012. Physiological and Anatomical Changes in *Glycine max* L. Under Salinity Stress. *Egyptian Journal of Botany. 2nd International Conference*, pp.37-50.
- Ernawati, F., Prihatini, M. & Yuristia, A., 2016. Gambaran Konsumsi Protein Nabati dan Hewani pada Anak Balita Stunting dan Gizi Kurang di Indonesia. *Nutrition and Food Research*, 39(2), pp.95-102.
- Firmansyah, I., Syakir, M. & Lukman, L., 2017. Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Hortikultura*, 27(1), pp.69-78.
- Fitriyani, W., Harpeni, E. & Muhaemin, M., 2017. Pengaruh Intensitas cahaya terhadap Pigmen Karotenoid, Fucoxanthin, dan Phaeophytin *Zooxanthellae* dari Isolat Karang Lunak *Zoanthus* sp. *Maspari Journal*, 9(2), pp.121-30.

- Gu-wen, Z., Sheng-chun, X., Qi-zan, H., Wei-hua, M. & Ya-ming, G., 2014. Putrescine Plays a Positive Role in Salt-Tolerance Mechanism by Reducing Oxidative Damage in Roots of Vegetable Soybean. *ScienceDirect: Journal of Integrative Agriculture*, 13(2), pp.349-57.
- Harborne, J.B., 1984. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. 2nd ed. New York: Chapman and Hall.
- Hendriyani, I.S., Nurchayati, Y. & Setiari, N., 2018. Kandungan Klorofil dan Karotenoid Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) pada Umur Tanam yang Berbeda. *Jurnal Biologi Tropika*, 1(2), pp.38-43.
- Irwan, A. & Nurmala, T., 2018. Pengaruh Pupuk Hayati dan Pengapuran terhadap Produktivitas Kedelai di Tanah Inceptisol Jatnagor. *Jurnal Kultivasi*, 17(2), pp.656-63.
- Jooyandeh, H., 2011. Soy Products as Healthy and Functional Foods. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7(1), pp.71-80.
- Juneja, A., Ceballos, R.M. & Murthy, G.S., 2013. Effects of Environmental Factors and Nutrient Availability on the Biochemical Composition of Algae for Biofuels Production: A Review. *Energies*, 6(1), pp.4607-38.
- Juwarno, Suparjana, T.B. & Abbas, M., 2018. Mahameru Soybean (*Glycine max*) Cultivar, High Salinity Tolerant. *Biosaintifika*, 10(1), pp.23-31.
- Lichtenthaler, H.K. & Wellburn, A.R., 1983. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls a and b of Leaf Extracts in Different Solvent. *Biochemical Society Transactions*, 11, pp.591-92.
- Lubis, D.S., Hanafiah, A.S. & Sembiring, M., 2015. Pengaruh pH terhadap Pembentukan Bintil Akar, Serapan Hara N, P, dan Produksi Tanaman pada Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Inceptisol di Rumah Kasa. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(3), pp.1111-15.
- Malik, M., Hidayat, K.F., Yusnaini, S. & Rini, M.V., 2017. Pengaruh Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Pupuk Kandang Berbagai Dosis terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5(2), pp.63-67.
- Maman, Rochmatino & Muljowati, J.S., 2014. Hubungan Intensitas Penyakit Karat dengan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada Beberapa Varietas Berbeda. *Scripta Biologica*, 1(2), pp.173-77.
- Mastur, 2015. Sinkronisasi Source dan Sink untuk Peningkatan Produktivitas Biji pada Tanaman Jarak Pagar. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 7(1), pp.52-68.
- Meher, Shivakrishna, P., Reddy, K.A. & Rao, D.M., 2018. Effect of PEG-6000 Imposed Drought Stress on RNA Content, Relative Water Content (RWC), and Chlorophyll Content in Peanut Leaves and Roots. *Saudi Journal of Biological Science*, 25, pp.285-89.
- Mlodzinska, E., 2009. Survei of Plant Pigments: Molecular and Environmental Determinants of Plant Colors. *Acta Biologica Cracoviensia*, 51(1), pp.7-16.
- Nefasa, A.N., Legowo, A.M. & Al-Baarri, A.N., 2013. Efek Penambahan Minyak Kedelai Terhadap Karakteristik Organoleptik dan Kandungan Omega-6 Susu Pasteurisasi. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 4(8), pp.35-44.
- Ningrum, S.M., Tohari & Respatie, D.W., 2020. Pengaruh Tingkat Naungan dan Takaran Pupuk Kandang Kambing Etawa terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Lahan Pasir Pantai. *Vegetalika*, 9(2), pp.373-87.
- Otie, V., Udo, I., Shao, Y., Itam, M.O., Okamoto, H., An, P. & Eneji, E.A., 2021. Salinity Effects on Morpho-Physiological and Yield Traits of Soybean (*Glycine max* L.) as Mediated by Foliar Spray with Brassinolide. *Plants*, 10(541), pp.1-22.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P. & Prasad, S.M., 2015. Effect of Salinity Stress on Plant and its Tolerance Strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6), pp.4056-75.
- Pizarro, L. & Stange, C., 2019. Light-dependent Regulation of Carotenoid Biosynthesis in Plants. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 36(2), pp.143-62.
- Purwaningrahyu, R.D., 2016. Karakter Morfofisiologi dan Agronomi Kedelai Toleran Salinitas. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), pp.35-48.
- Purwaningrahyu, R.D. & Taufiq, A., 2017. Respon Morfologi Empat Genotipe Kedelai Terhadap Cekaman Salinitas. *Jurnal Biologi Indonesia*, 13(2), pp.175-88.
- Rohmat, N., Ibrahim, R. & Riyadi, P.H., 2014. Pengaruh Perbedaan Suhu dan Lama Penyimpanan Rumput Laut *Sargassum polycystum* terhadap Stabilitas Ekstrak Kasar Pigmen Klorofil. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1), pp.118-26.

- Saufalian, O., Miandoab, P.B., Asghari, A., Sedghi, M. & Eshghi, A., 2013. Relationship between Salt Tolerance Related Physiological Traits and Protein Markers in Soybean Cultivars (*Glycine max* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 46(4), pp.47-56.
- Silahooy, C., 2008. Efek Pupuk KCl dan SP-36 terhadap Kalium tersedia, Serapan Kalium dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada Tanah Brunizem. *Buletin Agronomi*, 36(2), pp.126-32.
- Song, A.N. & Banyo, Y., 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), pp.166-73.
- Sujinah & Jamil, A., 2016. Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), pp.1-8.
- Sumarno & Manshuri, A.G., 2016. *Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Taiz, L. & Zeiger, E., 2010. *Plant Physiology*. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc.
- Taufiq, A., Kristiono, A. & Harnowo, D., 2015. Respon Varietas Unggul Kacang Tanah terhadap Cekaman Salinitas. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(2), pp.153-64.
- Taufiq, A. & Sundari, T., 2012. Respon Tanaman Kedelai terhadap Lingkungan Tumbuh. *Buletin Palawija*, 1(23), pp.13-26.
- Wahyuni, S., Trisnaningsih, U. & Prasetyo, M., 2018. Pertumbuhan dan Hasil Sembilan Kultivar Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Lahan Sawah. *Jurnal Agrosintesa*, 1(2), pp.96-102.
- Waqas, M., Khan, A.L., Kang, S.M., Kim, Y.H. & Lee, I.J., 2014. Phytohormone-producing Fungal Endophytes and Hardwood-derived Biochar Interact to Heavy Metal Stress in Soybean. *Biol Fertil Soils*, 50(7), pp.1155-67.
- Widiastuti, E. & Latifah, E., 2016. Keragaan Pertumbuhan dan Biomassa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L)) di Lahan Sawah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), pp.90-97.
- Zahra, R. & Mehdi, A., 2011. The Effect of Salinity and Seed Size on Seed Reserve Utilization and Seedling Growth of Soy Bean (*Glycine max*). *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 2(1), pp.1-4.