

RESPON FISILOGI TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN DENGAN INDUKSI PAKLOBUTRAZOL DAN INTERVAL PENYIRAMAN PADA KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)

RITA NINGSIH*, HARDIANTY FAIZAL

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Halu Oleo, Kampus Bumi Tridharma Anduonohu
Jl. H.E.A Mokodompit Kota Kendari 93232
Provinsi Sulawesi Tenggara Indonesia

*Corresponding author: ririet77@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to observe the combination effect of watering interval, and paclobutrazol toward chlorophyll, alkaloid and anthocyanin content of soybean leaves (*Glycine max* (L.) Merrill) growing in ultisol soil. This experimental research used a factorial complete randomized design with three replicates. There were two factors: watering interval (H1: every day, H2: 2 days and H3: 3 days) and paclobutrazol concentrations (P0: 0 ppm, P1:100 ppm, and P2: 200 ppm). The data analysed by two way Anova (Analysis of Variance) and continued with Tukey test. The result showed that watering interval and paclobutrazol had significantly interaction effect on chlorophyll, alkaloid and anthocyanin. Treatment combination which gives the highest content of chlorophyll was H2P2 (33.2 CCI), alkaloid was H3P2 (0.0177 g), and also anthocyanin was H3P2 (0.721%). It can be concluded that the application of paclobutrazol can stimulate physiological responses in the form of increasing the content of chlorophyll, anthocyanins and alkaloids so that the survival capacity of soybeans increases under drought stress conditions.

Keywords: *watering interval, paclobutrazol, chlorophyll, alkaloid and anthocyanin, soybean*

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan salah satu komoditas pangan berbasis biji-bijian yang kaya kandungan lemak dan protein (Setyawan dan Huda 2002; Kharisma 2018). Kedelai banyak digunakan untuk olahan pangan seperti tempe, tahu, tauco, oncom, dan kedelai hitam untuk kecap (Astuti 2012; Salman 2018). Menurut BPS (2023) produksi kedelai

di Indonesia pada tahun 2015 sebesar 963.183 ton meningkat dari tahun sebelumnya. Untuk menutupi kebutuhan konsumsi kedelai, pemerintah Indonesia mengimpor kedelai dari beberapa negara seperti Amerika Serikat, Kanada, Argentina, Brasil, Malaysia, Perancis, dan India. Di antara negara tersebut, Amerika Serikat masih mendominasi impor kedelai oleh Indonesia. Impor kedelai

pada tahun 2022 (2,3 juta ton) mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yang mencapai 2,4 juta ton.

Rendahnya produktivitas kedelai di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor seperti luas area tanam yang mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Menurut Kementan pada tahun 2021 proyeksi luas panen kedelai sebesar 362.612 hektar kemudian jumlahnya turun 5% menjadi 344.612 hektar pada tahun 2022 (Rizaty 2022). Selain itu juga disebabkan pembudidayaan kedelai dilakukan dalam lingkungan tanah yang kurang sesuai. Menurut Hardjowigeno (2004), Indonesia memiliki 9 dari 14 jenis tanah menurut sistem klasifikasi Dudal Soeprahardjo yaitu organosol, latosol, regosol, aluvial, litosol, grumusol, renzina, andosol, dan ultisol (podzolik merah kuning).

Semua jenis tanah organosol, latosol, regosol, aluvial, litosol, grumusol, renzina, andosol, dan ultisol memiliki persebaran yang tidak merata di setiap pulau. Tanah organosol paling banyak terdapat di Kalimantan, Sumatra Selatan, Riau, Jambi dan Papua bagian Selatan. Tanah latosol tersebar di kawasan Bukit Barisan (Sumatra), Jawa, Bali dan Papua. Tanah litosol meliputi Jawa, Nusa Tenggara, dan

Maluku Selatan. Tanah grumusol meliputi Sumatra Barat, Cianjur, Demak, Jawa Timur serta di Nusa Tenggara Timur. Tanah renzina terdapat di Maluku, Papua, Aceh, Sulawesi Selatan dan Lampung. Tanah andosol terdapat di Sumatra bagian Barat, Jawa, Bali, dan sebagian Nusa Tenggara. Tanah ultisol tersebar di dataran-dataran tinggi Sumatera, Papua, Kalimantan, Jawa Barat, Maluku, Nusa Tenggara dan Sulawesi (Hardjowigeno 2004).

Tanah yang ada di Pulau Sulawesi, khususnya Sulawesi Tenggara lebih dominan tanah ultisol. Ultisol merupakan jenis tanah di Indonesia yang memiliki potensi bagi pengembangan pertanian dengan luas sekitar 45,7 juta hektar atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo *et al.* 2000). Tanah jenis ini memiliki horizon argilik atau kandik bersifat masam dengan kejenuhan basa rendah. Kejenuhan basa (jumlah kation) pada kedalaman 1,8 m dari permukaan tanah kurang dari 35%, sedang kejenuhan basa pada kedalaman kurang dari 1,8 m dapat lebih rendah atau lebih tinggi dari 35% (Hardjowigeno 2004).

Selain tanah ultisol, faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan kedelai yaitu ketersediaan air. Kebutuhan air

bagi tumbuhan berbeda-beda, tergantung jenis tumbuhan dan fase pertumbuhannya. Pada musim kemarau, tumbuhan sering mendapatkan cekaman air (*water stress*) karena kekurangan pasokan air di daerah perakaran dan laju evapotranspirasi yang melebihi laju absorpsi air oleh tumbuhan. Air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman budidaya. Respon tumbuhan terhadap kekurangan air menyebabkan penurunan akumulasi karbon, penurunan pengembangan jaringan, dan penurunan jumlah sel. Beberapa proses makroskopik tersebut melibatkan sejumlah besar gen, enzim, hormon, dan metabolit (Skirycz & Inze 2010). Oleh karena itu diperlukan zat pengatur tumbuh agar kedelai mempunyai kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap cekaman air. Salah satu contoh zat pengatur tumbuh adalah paklobutrazol.

Paklobutrazol merupakan retardan yaitu zat penghambat pertumbuhan dan berperan menghambat sintesis giberilin dan pemanjangan sel di daerah meristem sub apikal pada batang tanaman (Harpitaningrum *et al.* 2014; Kinasih dan Elfarisna 2020). Selain itu, senyawa tersebut dapat mempersingkat masa vegetatif, sehingga pertumbuhan

lebih terfokus pada fase generatif (Gani dan Fauzi 2023). Penelitian oleh (Gani dan Fauzi 2023) menunjukkan pemberian paklobutrazol mampu meningkatkan jumlah biji kedelai edamame dibandingkan dengan tanpa pemberian paklobutrazol. Peningkatan tersebut dikarenakan pemberian perlakuan paklobutrazol dapat menekan titik tumbuh tanaman, sehingga memacu proses pembungaan dan pembentukan buah lebih cepat (Harpitaningrum *et al.* 2014). Dengan pemberian paklobutrazol diharapkan dapat menambah hasil produksi kedelai nasional terutama pada musim kemarau panjang akibat El Nino.

Respon umum tanaman jika berada dalam kondisi cekaman seperti kekeringan atau serangan patogen yaitu dengan memproduksi metabolit sekunder seperti alkaloid dan flavonoid serta metabolit primer yang disimpan dalam batang, biji, dan akar. Salah satu flavonoid yang berperan dalam proses tersebut adalah antosianin. Sintesis kedua jenis metabolit tersebut tidak terlepas dari peran klorofil sebagai pigmen hijau daun yang berperan dalam fotosintesis. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa cekaman kekeringan dan pemberian paklobutrazol dapat meningkatkan

kadar klorofil daun dan metabolit sekunder seperti alkaloid dan fenolik (Zhu *et al.* 2023). Namun, penelitian terkait respon fisiologis tanaman kedelai yang diberi perlakuan paklobutrazol pada tanah ultisol dengan kondisi cekaman kekeringan belum banyak dilakukan. Menurut Irawan *et al.* (2019) simulasi kondisi cekaman kekeringan dapat dilakukan melalui variasi perlakuan penyiraman baik dalam hal volume maupun intervalnya. Volume penyiraman terdiri dari 100%, 50%, 25% dari kapasitas lapang dan interval penyiraman 1 hari, 3 hari dan 5 hari sekali. Hasilnya menunjukkan penghambatan secara nyata perlakuan interaksi keduanya terhadap pertumbuhan semaian tanaman uji. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengetahui respon fisiologis tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap cekaman kekeringan dengan induksi paklobutrazol dan interval penyiraman pada tanah ultisol.

METODE PENELITIAN

Eksperimen dilakukan di rumah plastik dan analisis sampel parameter fisiologi dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari.

Desain penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial. Faktor pertama yaitu tiga taraf konsentrasi paklobutrazol (P0 : 0 ppm, P1 : 100 ppm, P2 : 200 ppm) dan faktor kedua yaitu tiga taraf interval penyiraman (H1: setiap hari, H2: 2 hari sekali, H3: 3 hari sekali). Percobaan diulang 3x sehingga terdapat 27 unit percobaan (polybag). Urutan prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

Penyiapan Media Tanam. Media yang digunakan berupa tanah ultisol dari Fakultas Peternakan UHO yang diambil dari 5 titik dengan kedalaman 0 – 20 cm. Tanah tersebut dikeringanginkan, dihancurkan, dan disaring kemudian ditimbang sebanyak 6 kg/polybag dicampur dengan 0,3 g pupuk organik, 0,3 g urea, 0,3 g KCl, 0,3 g dolomit, 0,3 g SP 36, dan 0,3 g furadan. Dosis semua jenis pupuk yang digunakan masing-masing 100 kg/ha yang dikonversi ke dalam 6 kg tanah dengan perhitungan berdasarkan Hanafiah (2005) dan (Supandji, 2018). Campuran tanah dan pupuk tersebut dimasukkan ke dalam polybag.

Penanaman dan Pemeliharaan. Benih kedelai dipilih berdasarkan ukuran dan berat yang relatif sama. Biji tersebut direndam dalam air selama semalam, kemudian direndam dalam

pastalegin selama beberapa menit. Penanaman dilakukan dengan meletakkan 3 biji pada setiap polybag dengan kedalaman lubang 2 cm. Tahap penjarangan dilakukan setelah tujuh hari setelah tanam, sehingga terdapat hanya satu tanaman pada setiap polybag. Pemilihan tanaman saat penjarangan berdasarkan kriteria vigour dan keseragaman tahap perkembangan yaitu telah muncul daun trifoliolatus pertama.

Perlakuan Penyiraman dan Pemberian Paklobutazol. Perlakuan penyiraman akuades sebanyak 200 mL/polybag (kapasitas lapang) dilakukan dengan interval waktu yang berbeda (H1, H2, & H3) saat kedelai berumur dua minggu setelah tanam. Aplikasi paklobutrazol pada berbagai konsentrasi (P0, P1, & P2) hanya dilakukan satu kali pada saat tanaman berusia dua minggu setelah tanam sebanyak masing-masing perlakuan 200 mL/polybag dengan cara menyiram langsung ke media tanam di sore hari. Perlakuan P0 (kontrol) berupa akuades saja.

Penentuan Kadar Klorofil. Sampel daun yang digunakan merupakan daun kedelai trifoliolatus kedua dari bawah, helaian anak daun tengah, yang telah memasuki umur 6 minggu setelah

tanam. Pengukuran kadar klorofil dilakukan menggunakan digital klorofil meter CCM-200 Plus (Sever *et al.* 2016).

Penentuan Kadar Alkaloid. Pengukuran kadar alkaloid dilakukan berdasarkan metode Harbone (1987). Daun kedelai yang telah dipanen ditimbang sebanyak 0,2 g kemudian ditambahkan asam asetat 10% dalam etanol sebanyak 10 mL dalam wadah sampel lalu ditutup. Campuran tersebut didiamkan selama 4 jam dan kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh dipekatkan dengan penangas air hingga volume menjadi seperempat dari volume awal. Ammonium hidroksida pekat ditambahkan ke dalam filtrat sampai mengendap sempurna dan dilakukan sentrifugasi selama 3 menit. Endapan diambil dan dicuci dengan ammonium hidroksida kemudian disaring dan residu dikeringkan dalam oven 60°C selama 30 menit lalu dibiarkan sampai dingin. Endapan yang mengering ditimbang dengan neraca analitik hingga diperoleh bobot konstan. Kadar alkaloid total dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Berat alkaloid (g)} = W_2 - W_1$$

$$W_1 = \text{Berat kertas saring}$$

$$W_2 = \text{Berat kertas saring} + \text{endapan (g)}$$

Penentuan Kadar Antosianin.

Pengukuran kadar antosianin berdasarkan Tensiska dan Wijaya (2006). Daun kedelai ditimbang sebanyak 0,2 g dan ditambahkan asam asetat 25% sebanyak 10 mL kemudian dilakukan penggerusan. Campuran tersebut disentrifugasi selama 10 menit dan disaring dengan kertas saring Whatman 41. Filtrat diukur absorbansinya pada panjang gelombang 510 nm. Kadar antosianin dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Total Kadar Antosianin (\%)} =$$

$$\frac{A}{\epsilon \times L} \times MW \times DF \times \frac{V}{W_t} \times 100\%$$

A = Absorbansi sampel

ϵ = Absorptivitas molar Sianidin-3-glukosida = 26900 L/(mol.cm)

L = Lebar kuvet (1 cm)

MW = Berat molekul Sianidin-3-glukosida = 449,2 g/mol

DF = Faktor pengenceran

V = Volume akhir atau volume ekstrak pigmen (L)

W_t = Berat bahan awal (g)

Analisis Data. Data dianalisis secara statistika dengan analisis sidik ragam dua arah (Anova) pada taraf kepercayaan 95%, dilanjutkan uji Tukey menggunakan perangkat lunak Minitab 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

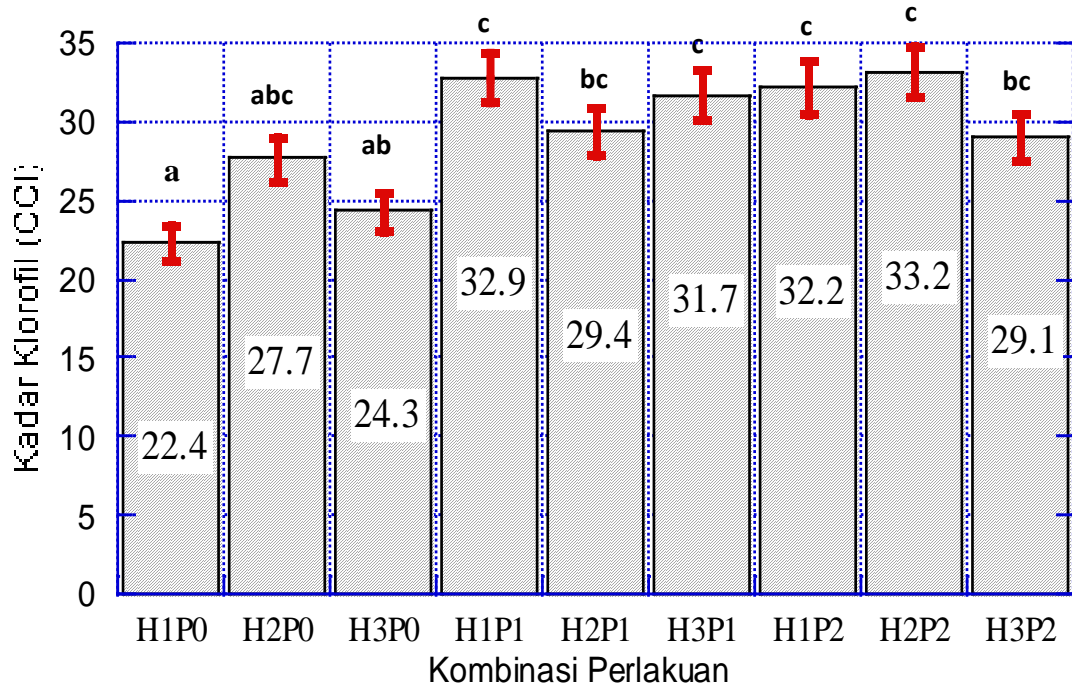
Kadar Klorofil

Klorofil merupakan zat hijau daun yang berperan dalam proses fotosintesis. Biosintesis klorofil dipengaruhi berbagai faktor diantaranya adalah ketersediaan air dan karakteristik tanah. Variasi ketersediaan air dapat diwujudkan dengan berbagai interval waktu penyiraman. Jumlah ketersediaan air yang rendah dapat memicu cekaman kekeringan pada tanaman. Aplikasi paklobutrazol pada media tumbuh diharapkan dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman kedelai yang baik pada tanah ultisol dengan kondisi cekaman kekeringan. Baik tidaknya kondisi pertumbuhan dapat dilihat dari kandungan beberapa metabolit penting diantaranya klorofil, alkaloid, dan antosianin.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan paklobutrazol dan interval penyiraman dapat mempengaruhi biosintesis klorofil. Berdasarkan hasil uji statistik ANOVA, interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil daun kedelai. Kombinasi perlakuan interval penyiraman dan paklobutrazol 100 ppm atau pun 200 ppm terlihat

meningkatkan kadar klorofil dibanding tanpa paklobutrazol (H1P0, H2P0, H3P0) (Gambar 1). Berdasarkan uji lanjut *Duncan Multi Range Test* (DMRT) nilai kadar tertinggi klorofil

terlihat pada kombinasi H2P2 namun tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan H1P1, H2P1, H3P1, H1P2, dan H3P2.



Gambar 1. Pengaruh kombinasi interval penyiraman dan konsentrasi paklobutrazol terhadap kadar klorofil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Keterangan: P0= 0 ppm (tanpa paklobutrazol); P1=paklobutrazol 100 ppm; P2= paklobutrazol 200 ppm; H1= penyiraman setiap hari; H2= Penyiraman 2 hari sekali; H3= Penyiraman 3 hari sekali

Hasil tersebut sejalan dengan (Abu-Muriefah 2015) menyatakan bahwa kadar klorofil daun kedelai pada perlakuan kombinasi cekaman kekeringan dan paklobutrazol, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan cekaman tanpa pemberian paklobutrazol. Cekaman kekeringan tersebut diinduksi melalui penyiraman air sebanyak 60% volume kapasitas

lapang. Didukung pula oleh penelitian Nouriyani *et al.* (2012), Cázarez (2015) dan Dinler *et al.* (2022) menyatakan peningkatan konsentrasi paklobutrazol yang diberikan akan meningkatkan kadar klorofil daun. Selain klorofil, paklobutrazol juga akan meningkatkan enzim yang berperan sebagai antioksidan dalam tumbuhan (López-Gramaje 2015; Soumya *et al.* 2017).

Perlakuan Paklobutrazol meningkatkan klorofil dengan cara merangsang biosintesis sitokinin sehingga produksi kloroplas mengalami peningkatan serta menghambat sintesis etilen dan asam absisat (Fletcher *et al.* 1999; Dinler *et al.* 2022; Párraga *et al.* 2022). Adanya penghambatan sintesis etilen dan asam absisat menyebabkan tertundanya kerontokan daun yang sering terjadi karena adanya cekaman kekeringan, sehingga produksi tetap dapat dilakukan saat musim kemarau. Penurunan sitokinin yang terjadi sebagai respon tanaman terhadap cekaman kekeringan (Li *et al.* 2019) dapat dihindari dengan aplikasi paklobutrazol bahkan sebaliknya dapat merangsang biosintesis sitokinin (Dinler *et al.* 2022; Párraga *et al.* 2022) sehingga produksi klorofil terbukti meningkat.

Paklobutrazol (PBZ) tergolong dalam kelas triazola yang merupakan senyawa penghambat sintesis hormon. Paklobutrazol sendiri bekerja menghambat biosintesis giberilin (Soumya *et al.* 2017). Paklobutrazol bekerja secara sistemik melalui xilem pangkal menuju daun (López 2019). Adanya pergerakan sistemik dari senyawa tersebut ke daun menyebabkan

pertumbuhan tanaman jadi lebih lambat (Presser 2016). Hal tersebut menyebabkan perubahan jumlah klorofil dalam jaringan, sehingga keadaan ini memacu tanaman meningkatkan fase asimilasi dan fotosintesis (López 2019).

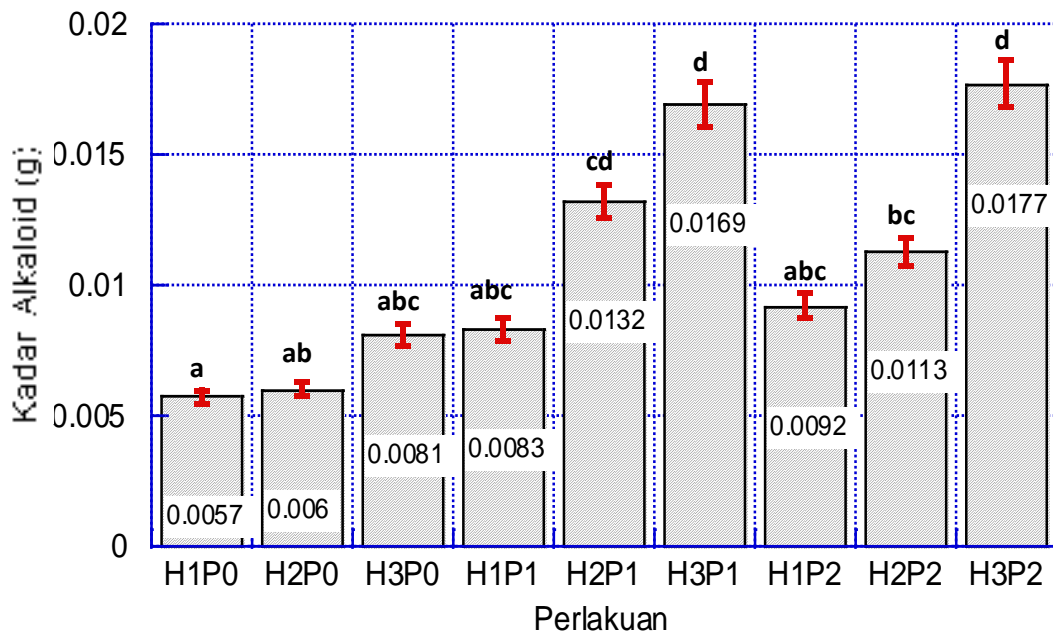
Sifat fisika tanah merupakan salah satu faktor penunjang produksi tanaman yang tergolong sangat penting. Tanah ultisol adalah salah satu tanah yang mempunyai sifat fisik bermasalah. Usaha pertanian pada jenis tanah ini akan menghadapi masalah utama yaitu pH tanah rendah yang menyebabkan kandungan Al, Fe dan Mn terlarut tinggi sehingga dapat meracuni tanaman. Selain itu, ultisol memiliki kapasitas tukar kation rendah dan kandungan kation basa tanah (Na, K, Ca, Mg) rendah sampai sangat rendah. Pada tanah ultisol juga sangat kekurangan unsur-unsur hara makro yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman salah satunya yaitu unsur hara Nitrogen. Unsur hara nitrogen ini berperan penting dalam pembentukan klorofil yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis tanaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi paklobutrazol pada awal penanaman dapat meningkatkan kandungan klorofil

daun tanaman kedelai yang tumbuh pada tanah ultisol dengan kondisi cekaman kekeringan.

Kadar Alkaloid dan Antosianin

Alkaloid merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman. Senyawa ini mengandung unsur N dalam struktur siklik dan bersifat basa serta ditemukan dalam jumlah kecil (Matsuura dan Fett-Neto 2013; Gusmiarni *et al.* 2021; Maisarah *et al.* 2023). Senyawa ini berfungsi sebagai pertahanan diri terhadap predator dan patogen, faktor pengatur tumbuhan, serta digunakan sebagai penyimpanan dan penyuplai unsur nitrogen dan unsur lainnya yang diperlukan oleh tanaman (Matsuura dan Fett-Neto 2013).

Seperti halnya kadar klorofil, interaksi perlakuan interval penyiraman dan paklobutrazol pun berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 95% terhadap kadar alkaloid daun kedelai. Interaksi kedua perlakuan menghasilkan kadar alkaloid tinggi dan berbeda secara signifikan dibanding kombinasi perlakuan tanpa paklobutrazol. Kombinasi perlakuan yang menunjukkan kadar sangat tinggi yaitu H3P1 (0,0169 g) dan H3P2 (0,0177 g), namun nilai keduanya tidak berbeda signifikan. Kombinasi perlakuan lainnya secara umum meningkatkan kandungan alkaloid meski pun tidak berbeda secara signifikan (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh kombinasi interval penyiraman dan paklobutrazol terhadap kadar alkaloid tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Keterangan: P0=0 ppm tanpa paklobutrazol; P1=paklobutrazol 100 ppm; P2=paklobutrazol 200 ppm; H1= penyiraman Setiap hari; H2= Penyiraman 2 hari sekali; H3= Penyiraman 3 hari sekali.

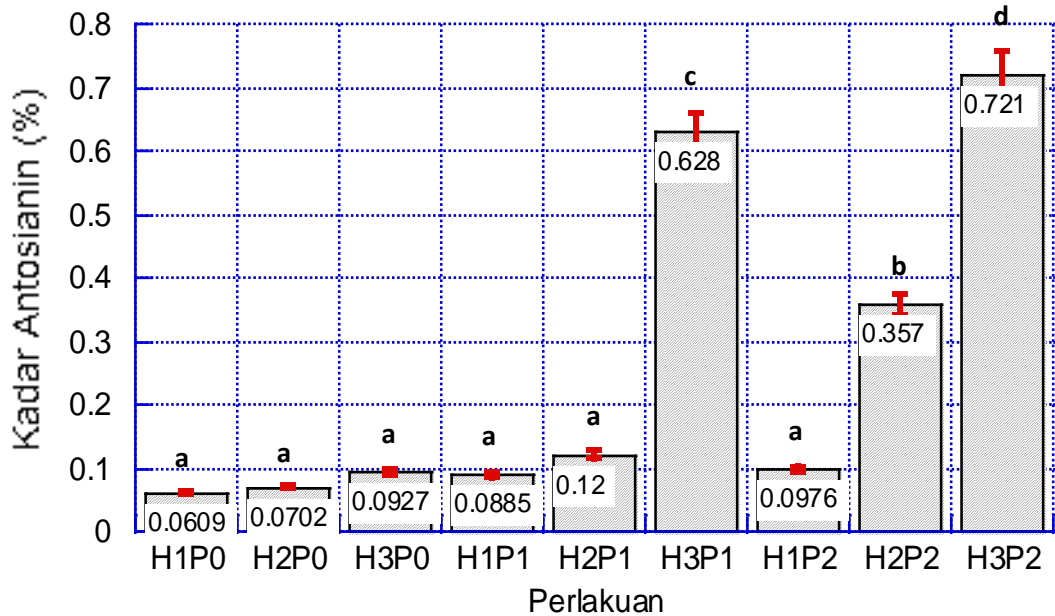
Seperti alkaloid, antosianin juga termasuk metabolit sekunder yang tergolong dalam kelompok senyawa flavonoid. Senyawa ini sangat berperan penting bagi tumbuhan dan manusia. Bagi tumbuhan, antosianin berperan dalam memberikan warna bunga, daun, dan menarik serangga penyerbuk. Senyawa ini juga dihasilkan dalam jumlah tinggi ketika ada cekaman kekeringan (Solichatun *et al.* 2021), tingginya kadar nutrisi (NPK) dalam tanah, dan serangan pathogen. Hasil Anova menunjukkan bahwa faktor utama interval penyiraman (H) dan paklobutrazol (P) serta interaksi

keduanya berpengaruh signifikan pada taraf kepercayaan 95% terhadap kadar antosianin. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi kedua perlakuan tersebut berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar antosianin daun kedelai.

Berdasarkan hasil uji lanjut Tukey menunjukkan adanya perbedaan kadar antosianin yang signifikan pada beberapa kombinasi perlakuan. Adapun kombinasi perlakuan tersebut yaitu H3P1 (0,628 %), H2P2 (0,356 %), dan H3P2 (0,721%), sedangkan kombinasi perlakuan lainnya tidak signifikan perbedaan kadar antosianinnya.

Meskipun kadar antosianin pada kombinasi perlakuan tersebut tidak berbeda signifikan namun menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan perlakuan kontrol yaitu disiram setiap hari tanpa pemberian

paklobutrazol (H1P0). Kadar tertinggi antosianin terdapat pada kombinasi perlakuan H3P2 namun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan H3P1 (Gambar 3).



Gambar 3. Histogram kombinasi interval penyiraman dan paklobutrazol terhadap kadar antosianin tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Keterangan: P0= 0 ppm tanpa paklobutrazol; P1=paklobutrazol 100 ppm; P2=paklobutrazol 200 ppm; H1= penyiraman Setiap hari; H2= Penyiraman 2 hari sekali; H3= Penyiraman 3 hari sekali.

Selain faktor air, terdapat beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai seperti pH, suhu serta kadar N, P, K tanah. Berdasarkan hasil analisis awal sifat fisik tanah ultisol yaitu N-total sebanyak 0,33% (sangat rendah), N-tersedia 0,22 ppm (sedang), P-total 55,6 mg/100g (tinggi), P-tersedia 5,56 ppm (sangat rendah), K-total 14,28 mg/100g

(rendah), K-tersedia 0,59 mg/100g (tinggi), Fe sebanyak 0,30 ppm, KTK 22,57 mg/100g (sedang), C-organik 0,114%, Al sebanyak 2,37 mg/100 g, dan pH tanah adalah 4,62.

Berdasarkan hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan C-organik dan P-tersedia yang sangat rendah, kadar N yang sedang, kandungan unsur hara mikro Al yang

tinggi serta pH tanah yang asam memperlihatkan media tanam untuk pertumbuhan yang digunakan sangat miskin akan unsur hara. Selain itu media tanam untuk pertumbuhan semakin memburuk akibat kandungan air tanah yang tidak optimal. Oleh karena itu pemberian zat pengatur tumbuh paklobutrazol diharapkan dapat membuat tanaman lebih bertahan hidup dalam keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan tersebut.

Unsur-unsur yang terkandung dalam tanah juga memengaruhi biosintesis alkaloid dan flavonoid seperti antosianin. Hasil analisis awal tanah menunjukkan kandungan unsur nitrogen rendah, sehingga kadar antosianin dan alkaloid tanpa perlakuan pemberian paklobutrazol lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pemberian paklobutrazol. Sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhu *et al.* (2023) menunjukkan dengan penambahan paklobutrazol mampu meningkatkan kadar flavonoid pada padi yang telah diinduksi wereng coklat (*Nilaparvata lugens*). Sasi *et al.* (2021) menyatakan paklobutrazol mampu meningkatkan 30-80% kandungan fenolik total pada biji padi yang berada pada kondisi cekaman kekeringan.

Selain pada padi (Zhu *et al.* 2023) dan kedelai (Dinler *et al.* 2022), paklobutrazol juga meningkatkan kadar flavonoid pada kentang hingga 14,4 - 19,7% dibandingkan tanpa pemberian paklobutrazol (Araujo *et al.* 2019; Dinler *et al.* 2022).

Peningkatan kadar alkaloid dan antosianin juga terjadi dengan bertambah lamanya interval penyiraman. Hal tersebut membuktikan dengan adanya cekaman kekeringan, maka produksi metabolit sekunder akan lebih tinggi. Namun, tidak lebih tinggi dibandingkan dengan adanya pemberian paklobutrazol (Karimi *et al.* 2019). Hal tersebut dapat disebabkan karena peningkatan penyerapan unsur nitrogen yang digunakan dalam sintesis asam amino dalam biosintesis antosianin dan alkaloid. Selain itu, paklobutrazol juga meningkatkan produksi prolin yang merupakan asam amino alifatik. Asam amino tersebut merupakan salah satu prekursor dalam biosintesis alkaloid. Rady dan Gaballah (2012) menunjukkan proses evapotranspirasi 60% dengan pemberian paklobutrazol sebesar 40 mg/L mampu meningkatkan kadar prolin hingga 94,01 $\mu\text{g/g}$ berat kering dibandingkan tanpa pemberian

paklobutrazol (61,27 $\mu\text{g/g}$ berat kering). Selain sebagai prekursor alkaloid, prolin juga berperan dalam regulator osmotik dan dapat mengurangi kerusakan osmotik akibat cekaman kekeringan (Surender Reddy *et al.* 2015). Dengan demikian pemberian paklobutrazol dapat menjaga tanaman dari cekaman kekeringan dengan meningkatkan produksi prolin (Teshahun 2018). Hal ini diperkuat dengan fakta di lapangan bahwa tanaman yang diberi perlakuan paklobutrazol lebih bertahan hidup dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan paklobutrazol, selain itu tanaman juga terlihat lebih kuat dan kokoh meskipun perawakan lebih pendek (Sabilu *et al.* 2015).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian paklobutrazol pada awal penanaman dapat meningkatkan kemampuan bertahan hidup tanaman kedelai pada kondisi cekaman kekeringan melalui peningkatan kadar klorofil, alkaloid dan antosianin. Kombinasi perlakuan penyiraman 2 hari sekali dan paklobutrazol 200 ppm (H2P2) menunjukkan kadar klorofil tertinggi (33,2 CCI). Sedangkan kadar alkaloid dan antosianin tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi perlakuan penyiraman 3 hari sekali dan paklobutrazol 200 ppm (H3P2) berturut-turut 0,0177 g dan 0,721%. Diperlukan penelitian lanjutan pada skala lapangan untuk mengetahui kombinasi perlakuan yang tepat sehingga dapat direkomendasikan kepada petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Muriefah, S. 2015. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of Soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. *Int. J. Adv. Res. Biol.Sci.* 2(7): 81–93.
- Araujo FF, Santos MN, Costa LC, Moreira KF, Araujo MN, Martinez PAH, Finger FL. 2019. Changes on Potato Leaf Metabolism and Anatomy Induced by Plant Growth Regulators. *Journal of Agricultural Science.* 11(7):139. Doi: 10.5539/jas.v11n7p139
- Astuti S. 2012. Isoflavon kedelai dan potensinya sebagai penangkap radikal bebas. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian.* 13(2): 126–136.
- BPS. 2023. *Statistik Indonesia 2023.* Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Cázarez L. 2015. *Efectos que ocasiona el paclobutrazol aplicado foliaramente en plantas de pepino y calabaza.* [thesis] Universidad Autonoma de Sinaloa.
- Dinler BS, Cetinkaya H, Sergiev I, Shopova E, Todorova D. 2022. Paclobutrazol dependent salt tolerance is related to CLC1 and NHX1 gene expression in soybean plants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus.* 21(3): 25–38. Doi: 10.24326/asphc.2022.3.3
- Fletcher RA, Gilley A, Sankhla N, Davis TD. 1999. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews.* 55–138. Doi: 10.1002/9780470650776.ch3
- Gani L, Fauzi A. 2023. Karakter pertumbuhan dan produksi kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada perlakuan jarak tanam dan konsentrasi paclobutrazol. *Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis.* 7(1): 37–55.
- Gardner F. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya.* Jakarta: Gramedia.
- Gusmiarni A, Moralita C, Des M. 2021. Efektivitas antijamur ekstrak daun *Hyptis suaveolens* (L.) Poit terhadap koloni *Fusarium oxysporum.* *Prosiding Seminar Nasional Biologi.* 1(2): 1619–1624.
- Hanafiah KA. 2005. *Dasar Dasar IlmuTanah.* Divisi Buku Perguruan Tinggi. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Harbone J. 1987. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan.* Bandung: ITB.
- Hardjowigeno S. 2004. *Ilmu Tanah Ultisol.* Jakarta: Akademika Pressindo.
- Harpitaningrum P, Sungkawa I, Wahyuni S. 2014. Pengaruh konsentrasi paclobutrazol terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.) kultivar venus. *J Agrijati.* 25(1): 1–17.

- Irawan A, Hidayah HN, Mindawati N. 2019. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan semai Cempaka Wasian, Nantu dan Mahoni. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 8 (1): 39 – 45
- Karimi M, Ahmadi A, Hashemi J, Abbasi A, Tavarini S, Pompeiano A, Guglielminetti L, Angelini LG. 2019. Plant growth retardants (PGRs) affect growth and secondary metabolite biosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni under drought stress. *South African Journal of Botany*. 121: 394–401. Doi: 10.1016/j.sajb.2018.11.028
- Kharisma B. 2018. Determinan produksi kedelai di Indonesia dan implikasi kebijakannya. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*. 679. Doi: 10.24843/EEB.2018.v07.i03.p03
- Kinasih LA, Elfarisna E. 2020. Pengaruh dosis paklobutrazol terhadap pertumbuhan dan produksi bunga matahari (*Helianthus annuus* L.). *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 5(1): 27. Doi: 10.24853/jat.5.1.27-35
- Li P, Yang H, Wang L, Liu H, Huo H, Zhang C, Liu A, Zhu A, Hu J, Lin Y, Liu L . 2019. *Physiological and transcriptome analyses reveal short-term responses and formation of memory under drought stress in rice*. *Front Genet*. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00055>
- López A. 2019. Síntesis de diaril-triazoles y estudio de su actividad inmunomoduladora y multidiaria. *Repositorio de la Universidad de Jaume*. [thesis] Universidad Autonoma de Sinaloa.
- López-Gramaje M. 2015. El cuajado del fruto en el aguacate (*Persea americana*) y su relación con el aporte de carbohidratos. Efecto de la aplicación de triazoles. [thesis] Universidad Autonoma de Sinaloa.
- Maisarah M, Chatri M, Advind, L, Advinda L. 2023. Karakteristik dan fungsi senyawa alkaloid sebagai antifungi pada tumbuhan. *Serambi Biologi*. 8(2): 231–236.
- Matsuura HN, Fett-Neto AG. 2013. The major indole alkaloid N, β -D-glucopyranosyl vincosamide from leaves of *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltld. is not an antifeedant but shows broad antioxidant activity. *Natural Product Research*. 27(4–5). 402–411. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.715293>
- Nouriyani H, Majidi E, Seyyednejad S, Siadat S, Naderi A. 2012. Effect of paclobutrazol under different levels of nitrogen on some physiological traits of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *W. Applied Sci J*. 16(1): 1–6.
- Párraga F, Celi A, Corozo L, Solís L. 2022. Importance of paclobutrazol in out-of-season

- citrus production. *Manglar*. 19(1): 117–127. Doi: 10.17268/manglar.2022.015
- Presser C. 2016. *Efecto de diferentes mezclas de principios activos, en la protección química de enfermedades de maíz*. [Laporan Hasil Penelitian] Universidad Nacional del Litoral.
- Rady M, Gaballah M. 2012. Improving barley yield grown under water stress conditions. *Research Journal of Recent Sciences*. 1(6). 1–6. Doi: 10.1016/j.sajb.2018.11.028
- Rizaty, M.A. 2022. Proyeksi Luas Panen Kedelai RI Terus Menurun sampai 2024. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/24/proyeksi-luas-panen-kedelai-ri-terus-menurun-sampai-2024>
- Sabilu Y, Ningsih R, Hasnia WO. 2015. Pengaruh interbal penyiraman dan konsentrasi paklobutrazol terhadap pertumbuhan generatif tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) pada tanah ultisol. *BioWallacea*. 2(2).
- Salman RW. 2018. *Faktor-faktor yang mempengaruhi impor kedelai Indonesia*. Program Studi Agribisnis Fakultas Universitas Islam Riau.
- Sasi M, Awana M, Samota MK, Tyagi A, Kumar S, Sathee L, Krishnan V, Praveen S, Singh A. 2021. Plant growth regulator induced mitigation of oxidative burst helps in the management of drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 185(104413):1-13 Doi: 10.1016/j.envexpbot.2021.104413
- Setyawan G, Huda S. 2002. Analisis pengaruh produksi kedelai, konsumsi kedelai, pendapatan per kapita, dan kurs terhadap impor kedelai di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Manajemen*. 19(2): 215–225
- Sever K, Bogdan S, Skvorc Z, Sever MZO, Franjic J. 2016. Estimation of leaf nitrogen concentration in *Quercus lobur* L. using the CCM-200 portable chlorophyll meter for different patterns of vegetative growth and acorn production. *New Forests*. 47:513-527
- Skiryecz, A. and Inze, D. (2010) More from Less: Plant Growth under Limited Water. *Current Opinion in Biotechnology*. 21. 197-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2010.03.002>
- Solichatun S, Khasanah FU, Pitoyo A, Etikawati N, Mudyantini W. 2021. Exogenous application of paclobutrazol promotes water-deficit tolerance in pepper (*Capsicum annuum*). *Cell Biology and Development*. 5(1):1-6. Doi: 10.13057/cellbioldev/v050101
- Soumya P, Kumar P, Pal M. 2017. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Indian*

- Journal of Plant Physiology*. 22(3): 267–278.
- Subagyo PM, Uliniansyah V. (2000). *Dasar-Dasar Operations Research Edisi 2*. Yogyakarta: PT. BPF.
- Supandji S. 2018. Pengaruh dosis pupuk SP-36 dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill) varietas Wilis. *Jurnal Agrinika*. 2 (2):135 – 151
- Surender Reddy P, Jogeswar G, Rasineni GK, Maheswari M, Reddy AR, Varshney RK, Kavi Kishor PB. 2015. Proline over-accumulation alleviates salt stress and protects photosynthetic and antioxidant enzyme activities in transgenic sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Plant Physiology and Biochemistry*. 94:104–113. Doi: 10.1016/j.plaphy.2015.05.014
- Tensiska SB, Wijaya K. 2006. Aplikasi ekstrak pigmen dari buah arben (*Rubus idaeus* (Linn.)) pada minuman ringan dan kestabilannya selama penyimpanan. *Seminar Nasional PATPI*.
- Tesfahun W. 2018. A review on: response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*. 4(1):1525169. Doi: 10.1080/23311932.2018.1525169
- Zhu X, Wei Q, Wan P, Wang W, Lai F, He J, Fu Q. 2023. Effect of paclobutrazol application on enhancing the efficacy of nitenpyram against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(13):10490. Doi: 10.3390/ijms241310490