



# Respon Fisiologi Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Terhadap Cekaman Kekeringan Dengan Induksi Paklobutrazol dan Interval Penyiraman Pada Tanah Bekas Tambang Emas

Rita Ningsih\*<sup>1</sup>, Sri Ambardini<sup>1</sup>, dan La Riadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Halu Oleo, Kampus Bumi Tridharma Anduonohu  
Jl. H.E.A Mokodompit Kota Kendari 93232  
Provinsi Sulawesi Tenggara Indonesia.

\*Email Koresponding Author: [ningsihrita77@gmail.com](mailto:ningsihrita77@gmail.com)

Diterima: 02-10-2024

– Disetujui: 25-11-2024

– Dipublikasi: 28-11-2024

© 2024 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Halu Oleo Kendari

## 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 Bombana's gold post mining 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 show that H1P1 has highest chlorophyll content (31.904 CCI) and lowest at H3P1 was 23.022 CCI. However, the combination of watering interval and paclobutrazol did not have a significant effect on chlorophyll content. Tukey test showed that treatment combination which gives the highest content of both alkaloid and anthocyanin is H3P2 with values of 0.027 g and 0.400 % respectively. 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 in Bombana's gold post mining soil.

**Key words:** watering interval, paclobutrazol, chlorophyll, alkaloid and anthocyanin, soybean.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi interval penyiraman dan paklobutrazol terhadap kadar klorofil, alkaloid, dan antosianin daun kedelai yang tumbuh pada tanah pasca tambang emas Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian eksperimental ini menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama yaitu interval penyiraman (H1: setiap hari, H2: 2 hari, H3: 3 hari). Faktor kedua yaitu konsentrasi paklobutrazol (P0: 0 ppm, P1: 100 ppm, dan P2: 200 ppm). Data dianalisis menggunakan *Anova* (*Analysis of Variance*) dua arah dilanjutkan dengan uji Tukey. Hasil menunjukkan perlakuan H1P1 memiliki kandungan klorofil paling tinggi (31,904 CCI) dan paling rendah pada H3P1 yaitu 23,022 CCI. Namun kombinasi interval penyiraman dan paklobutrazol tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil. Hasil Uji Tukey menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan H3P2 menunjukkan kandungan tertinggi baik pada alkaloid maupun antosianin dengan nilai secara berurutan yaitu 0,027 g dan 0,400 %. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa paklobutrazol dapat menstimulasi respon fisiologi dalam bentuk peningkatan kandungan klorofil, alkaloid dan antosianin sehingga kapasitas bertahan hidup kedelai pun meningkat di bawah kondisi cekaman kekeringan pada tanah pasca tambang emas Bombana.

**Kata Kunci:** interval penyiraman, paklobutrazol, klorofil, alkaloid and antosianin, kedelai

## PENDAHULUAN

Kabupaten Bombana merupakan salah satu daerah di Sulawesi Tenggara yang memiliki potensi pertambangan yang cukup besar. Penemuan emas di Kabupaten Bombana pada pertengahan bulan Mei 2008 telah mendorong aktivitas penambangan individu maupun perusahaan yang meliputi area cukup luas. Beberapa wilayah potensi emas di Bombana merupakan wilayah aliran sungai dan hutan di sekitar pemukiman penduduk, sehingga dampak kerusakannya menjadi sangat merugikan bagi kehidupan atau aktivitas manusia yang berada di daerah tersebut.

Kegiatan pertambangan yang semakin meluas menyebabkan kesuburan tanah menjadi rendah akibat kerusakan sifat fisik dan kimia tanah serta hilangnya lapisan atas tanah. Menurut Salam (2020) lapisan atas tanah yaitu horizon O dan A (*Top Soil*) umumnya berwarna gelap mengandung bahan organik tinggi dan tempat akumulasinya unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Upaya revegetasi diperlukan untuk mengembalikan kesuburan tanah misalnya menggunakan tanaman kedelai. Tanaman ini tergolong dalam famili Legum yang dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Bakteri ini memiliki peran penting bagi tanaman kedelai yaitu mampu menambat  $N_2$  bebas di udara menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman inangnya (Sutanto, 2002).

Namun terdapat permasalahan lain di lahan pasca pertambangan emas yaitu kekurangan air akibat lemahnya daya ikat tanah terhadap air karena kerasnya struktur tanah. 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).

Selain kurangnya ketersediaan air, tanah pasca tambang emas telah terkontaminasi dengan logam berat salah satunya adalah merkuri. Konsentrasi logam merkuri (Hg) pada media tanah penelitian ini adalah 0,48 ppm. Konsentrasi logam merkuri (Hg) tersebut hampir berada pada batas atas kisaran kritis. Hal ini sesuai dengan pendapat Mirdat *et al.* (2013) menyatakan bahwa konsentrasi normal merkuri dalam tanah 0,03 ppm dan konsentrasi kritis 0,3-0,5 ppm. Pencemaran tanah oleh merkuri dapat menghambat atau mengganggu tumbuhan yang ada di sekitarnya. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu perbaikan pada komposisi tanah melalui pengapuran dan pemupukan. Ambardini *et al.* (2018) melaporkan penggunaan pupuk kotoran sapi memberikan hasil terbaik dalam mendukung pertumbuhan tanaman Mahoni. Selain itu, solusi alternatif lainnya yaitu dengan pemberian zat protektor terhadap cekaman misalnya paklobutrazol agar tanaman kedelai dapat meningkatkan kemampuan bertahan hidup pada kondisi cekaman kekeringan (Ningsih & Faizal, 2024) dan cekaman logam berat.

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. Penelitian oleh (Gani dan Fauzi 2023) menunjukkan pemberian paklobutrazol mampu meningkatkan jumlah biji kedelai edamame.

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; Ningsih & Faizal, 2024). Namun, penelitian terkait respon fisiologis tanaman kedelai yang diberi perlakuan paklobutrazol pada tanah pasca tambang emas dengan kondisi cekaman kekeringan pernah 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 pasca tambang

emas Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

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 pasca tambang Bombana yang diambil dari 5 titik di lokasi pertambangan dengan kedalaman 0 – 20 cm. Tanah tersebut dikeringanginkan, dihancurkan, dan diayak dengan saringan pori-pori 2 mesh untuk memisahkan bebatuan dan potongan kayu. Tanah lalu 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 pasta legum 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 Paklobutrazol

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:

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

$W_1$  = Berat kertas saring

$W_2$  = Berat kertas saring + 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:

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

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

A = Absorbansi sampel

$\epsilon$  = 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)

Wt = Berat bahan awal (g)

#### Analisis Data

Data dianalisis secara statistika dengan analisis sidik ragam dua arah (Anova) pada taraf kepercayaan 95%,



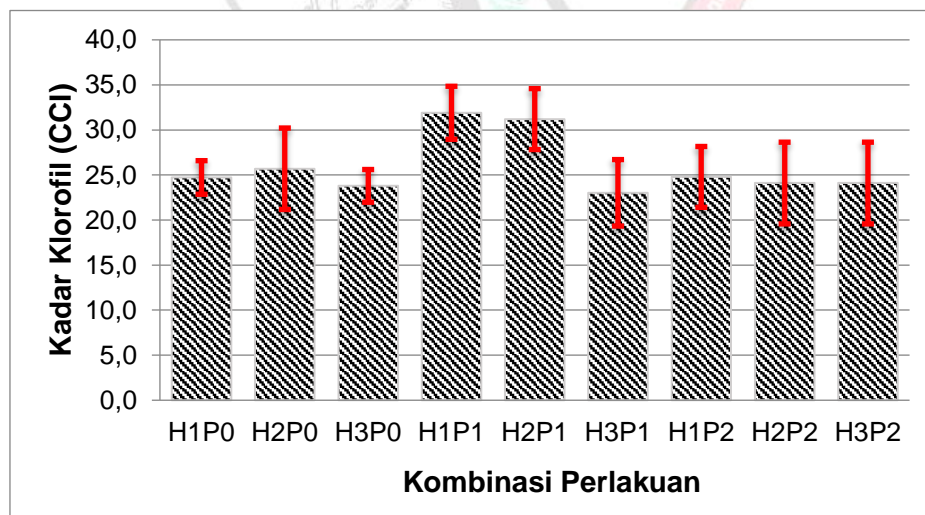
dilanjutkan uji Tukey menggunakan perangkat lunak Minitab 16.

## 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. Hal ini dapat berdampak pada biosintesis klorofil oleh tanaman. Aplikasi paklobutrazol pada media tumbuh diharapkan dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman kedelai yang baik pada tanah pasca tambang emas dengan kondisi cekaman kekeringan dan logam berat. Baik tidaknya kondisi pertumbuhan selain dapat dilihat dari kandungan klorofil

juga pada beberapa metabolit penting lainnya yaitu alkaloid, dan antosianin. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium lebih tepatnya di dalam rumah plastik menggunakan sistem penanaman dalam polibag. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi gambaran pada skala penerapan yang lebih luas dan realistis yaitu di lahan pasca tambang emas khususnya di Bombana Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan paklobutrazol dan interval penyiraman mempengaruhi biosintesis klorofil. Kombinasi penyiraman setiap hari dan paklobutrazol 100 ppm (H1P1) menunjukkan kadar klorofil tertinggi disusul oleh H2P1, namun pada perlakuan lainnya menunjukkan kadar yang lebih rendah dibandingkan H1P0 sebagai kontrol. Meski demikian berdasarkan hasil uji statistik ANOVA, baik masing-masing faktor tunggal maupun interaksi keduanya tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil daun kedelai (Gambar 1, Tabel 1).



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

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Variansi (Anova) Kadar Klorofil, Alkaloid dan Antosianin Tanaman Kedelai

Sumber Keragaman	Nilai P-value		
	Kadar Klorofil	Kadar Alkaloid	Kadar Antosianin
Penyiraman (H)	0,127	0,000*	0,000*
Paklobutrazol (P)	0,054	0,000*	0,000*
Penyiraman*Paklobutrazol (H*P)	0,292	0,000*	0,002*

Keterangan : \* menunjukkan nilai P-value signifikan karena lebih kecil dari nilai P-value pada  $\alpha$  (0,05)

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. Ningsih & Faizal (2024) pun melaporkan hal yang selaras dimana semakin tinggi konsentrasi paklobutrazol yang dikombinasikan dengan interval penyiraman semakin tinggi kadar klorofil daun kedelai pada tanah ultisol. Kombinasi perlakuan yang menunjukkan kadar klorofil tertinggi pada H2P2 sebesar 33,2 CCl. Berbeda dengan hasil penelitian ini dimana kombinasi perlakuan yang memberikan kadar klorofil tertinggi yaitu H1P1 (31,9 CCl) dan seiring peningkatan konsentrasi paklobutrazol dan interval penyiraman justru kadar klorofil menurun. Hal ini diduga peran paklobutrazol dan faktor pendukung lainnya seperti pupuk dalam media tumbuh tanaman kedelai tidak tampak akibat penambahan cekaman berupa kontaminasi logam berat salah satunya merkuri (Hg).

Konsentrasi logam merkuri pada sampel tanah berdasarkan hasil analisis laboratorium adalah 0,48 ppm. Olivares

(2003) melaporkan berbagai penelitian diketahui adanya kecenderungan terjadinya penurunan kadar klorofil pada konsentrasi logam berat yang melebihi ambang batas (0,1 – 0,3 ppm) . Walaupun mengalami penurunan kadar klorofil tetapi tidak sampai signifikan. Hal ini diduga adanya efek paklobutrazol terhadap kadar klorofil daun tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). 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).

Selain faktor utama juga ada faktor pendukung lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) seperti konsentrasi sifat fisika dan kimia tanah serta faktor – faktor lingkungan lainnya seperti suhu, intensitas cahaya dan kelembaban. Berdasarkan hasil analisis laboratorium sesuai dengan panduan analisis kimia tanah bahwa media tanah pada penelitian ini memiliki kandungan N –Total sangat rendah (0,020 %), N-Tersedia rendah (0,11ppm), P-Total tinggi (49 mg/100 g), P-Tersedia sangat rendah (5,55 ppm), K-Total rendah (10,52 Mg/100 g), K-Tersedia tinggi (0,56 me/100 g) , KTK sedang (20,34 me/100g), Fe (0,0488 ppm), Hg (0,48 ppm), Al-dd (0,65 me/100g), tekstur tanah lempung berpasir dan pH bersifat asam (4,5) (Anonim, 2005).

Hasil analisis laboratorium tersebut menunjukkan bahwa rendahnya ketersediaan unsur hara media tanah tanaman kedelai. Media tanah yang miskin hara mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini didukung dengan pendapat Herfyany *et al.* (2013) mengatakan bahwa pertumbuhan suatu tanaman berkaitan dengan ketersediaan unsur hara dan air dalam tanah yang diserap oleh akar. Pertumbuhan tanaman akan optimum jika kebutuhan tanaman terhadap unsur hara terpenuhi. Selain ketersediaan unsure hara, pH tanah yang asam mempengaruhi penyerapan unsur hara oleh tanaman.

Kelas tekstur tanah lempung berpasir juga berkaitan dengan daya simpan tanah terhadap air. Kemudian konsentrasi logam merkuri (Hg) yang melebihi ambang batas bersifat toksik sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini didukung dengan teori, Razie (2008) menyatakan bahwa gejala akibat pencemaran logam berat adalah : klorosis, nekrosis, pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.

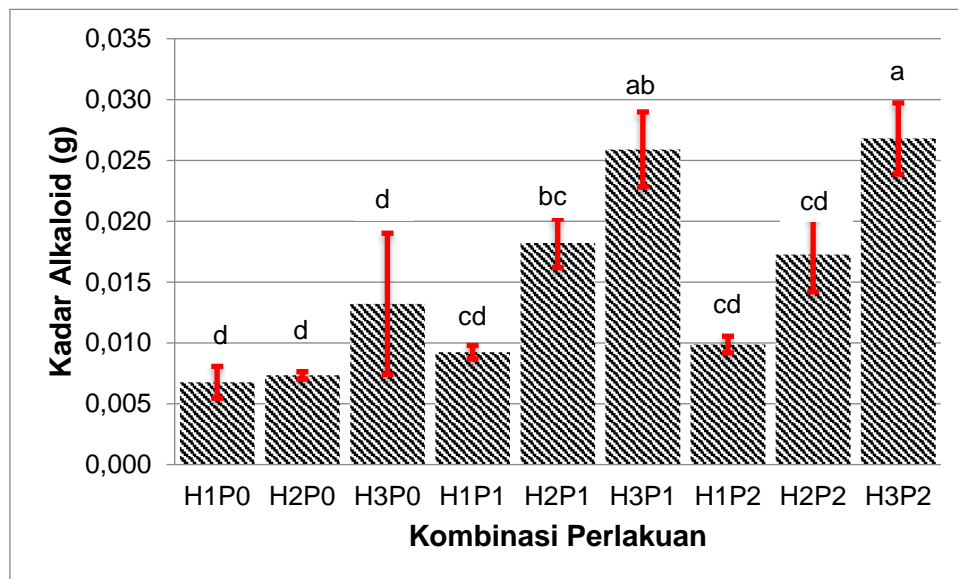
### Kadar Alkaloid dan Antosianin

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).

Berbeda halnya dengan kadar klorofil, kedua faktor tunggal yaitu interval penyiraman (H) dan konsentrasi paklobutrazol (P) serta interaksi perlakuan keduanya memberikan pengaruh yang 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 (0,026 g) dan H3P2 (0,027 g), namun nilai keduanya tidak berbeda signifikan secara statistik berdasarkan uji lanjut Tukey. Kombinasi perlakuan lainnya secara umum meningkatkan kandungan alkaloid meski pun tidak berbeda secara signifikan dibandingkan H1P0 (kontrol)

kecuali H2P1 (Gambar 2). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ningsih & Faizal

(2024) dimana kadar alkaloid tertinggi pada perlakuan H3P2 sebesar 0,0177 g.



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 (0,329 %), H2P2 (0,214 %), dan H3P2 (0,4%), sedangkan kombinasi perlakuan lainnya tidak signifikan perbedaan kadar antosianinnya terhadap H1P0 (kontrol). Meskipun kadar antosianin pada kombinasi perlakuan tersebut tidak berbeda signifikan namun menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan perlakuan kontrol (H1P0). Kadar tertinggi antosianin terdapat pada kombinasi perlakuan H3P2 namun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan H3P1 (Gambar 3).

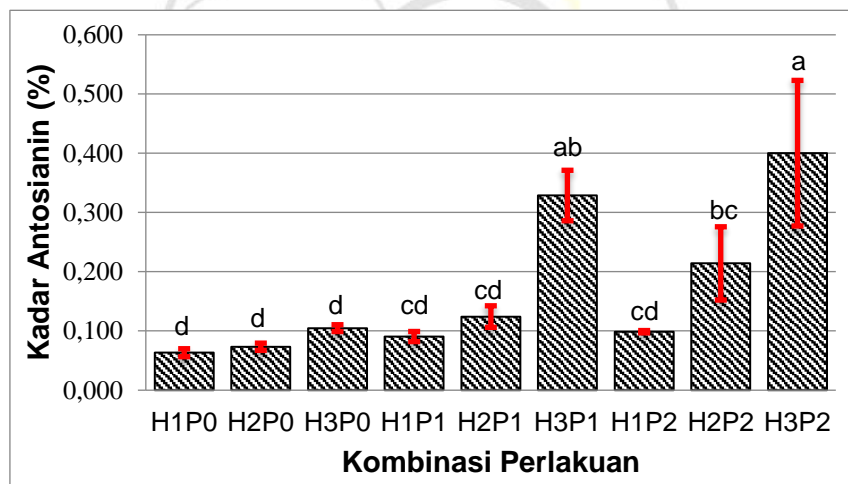
Berdasarkan hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan N-tersedia rendah dan P-tersedia sangat rendah, kandungan unsur hara mikro Al yang tinggi serta pH tanah yang asam memperlihatkan media tanam untuk pertumbuhan yang digunakan sangat miskin akan unsur hara. Selain itu media tanam untuk pertumbuhan



semakin memburuk akibat kandungan air tanah yang tidak optimal dan kontaminasi logam berat merkuri. 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).



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.

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 µg/g berat kering dibandingkan tanpa pemberian paklobutrazol (61,27 µg/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 (Tesfahun 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

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 setiap hari dan paklobutrazol 100 ppm (H1P1) menunjukkan kadar klorofil tertinggi (31,9 CCI). Sedangkan kadar alkaloid dan antosianin tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi perlakuan penyiraman 3 hari sekali dan paklobutrazol 200 ppm (H3P2) berturut-turut 0,027 g dan 0,4%. 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.

Ambardini S, Ningsih R, Rante Kali, Y. 2018. Pertumbuhan dan Alokasi Biomassa Organ Tanaman Mahoni (*Swetenia mahagoni* L.) yang ditanam pada Tanah Bekas Tambang Emas dengan Perlakuan Pupuk Kandang. *Bionature*. Vol 19 No 1: 8 – 14.

Anonim, 2005, Analisis Kimia Tanah Tanaman, Air dan Pupuk, Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian.

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

Cázarez L. 2015. *Efectos que ocasiona el paclobutrazol aplicado foliarmente 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.

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 Ilmu Tanah*. Divisi Buku Perguruan

- Tingi. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Harbone J. 1987. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB.
- 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.
- Herfany, E., Mukarlina dan Linda, R., 2013, Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril Pada Media Tanah Gambut Yang Diberi Abu Jerami Padi dan Pupuk Kandang Sapi, *J. Protobiont*, **2 (2)** : 107 – 111.
- 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
- 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 multiana. *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,  $\beta$  -D-glucopyranosyl vincosamide from leaves of *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl. 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>
- Ningsih R, Faizal H.2024. Respon fisiologi terhadap cekaman kekeringan dengan induksi paklobutrazol dan interval penyiraman pada Kedelai (*Glycine max* L. (Merrill)). *Bioscientiae* 21 (2): 68 – 84
- 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.
- 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.
- Olivares, E., 2003, The Effect of Lead on Phytochemistry of *Tithonia diversifolia*: Exposed to Roadside Automotive Pollution or Grown in Pots of Pb Supplemented Soil, Brazilian *J. Plant Physiology* **15(3)** : 149-158

- 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
- Razie, F. T., 2008, Pengaruh Gas Kick Incident Terhadap Kandungan Logam Berat Ba, Cd, dan Cr di dalam Tanah dan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.), Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, IPB.
- 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).
- Salam AK. 2020. Ilmu Tanah. Ed. 2. Bandar Lampung: Global Madani Press.
- 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
- 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.
- 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
- Sutanto, R., 2002, *Penerapan Pertanian Organik*, Kanisius, Yogyakarta.
- Tensiska SB, Wijaya K. 2006. Aplikasi ekstrak pigmen dari buah arben (*Rubus idaeus* (Linn.)) pada minuman ringan dan kestabilannya selama penyimpanan. *Seminar Nasional PATPI*.
- 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