

## Potensi Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Daun Kelor-Taoge sebagai ZPT bagi Tanaman Kedelai

Putri Nur Itsnaini<sup>1\*</sup>, Mirwa Adiprahara Anggarani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya

Korespondensi: putrinur.21015@mhs.unesa.ac.id

(Received: 12-Juli-2025; Published: 27-Agustus-2025)

### ABSTRACT

*The increasing demand for soybeans is not matched by local production, prompting the need for strategies to boost yield and quality. One approach is the use of natural Plant Growth Regulators (PGRs), such as moringa leaf and bean sprout extracts, which contain auxins and cytokinins. This study aimed to evaluate the total phenolic content and antioxidant activity of various mixtures of these extracts and their potential as natural PGRs for soybeans. Total phenolics were measured using the Folin-Ciocalteu method, while antioxidant activity was assessed via the DPPH test. Results showed that a higher proportion of bean sprout extract increased both phenolic levels and antioxidant capacity. The best outcome was found in Variation E (2 g/L moringa, 8 g/L bean sprouts), with 22.95 mg GAE/g phenolics and an  $IC_{50}$  of 165.20 ppm—both in the medium category. These results suggest that bean sprout extract enhances antioxidant activity and supports its use as a natural PGR, likely due to its phenolic, auxin, and cytokinin content that contributes to soybean plant growth.*

**Keywords:** Antioxidant Activity, Bean sprouts, Moringa leaves, PGRs, Total Phenolics

### ABSTRAK

Permintaan kacang kedelai terus meningkat, namun produksi lokal belum mencukupi, sehingga diperlukan strategi peningkatan produktivitas dan mutu, seperti penggunaan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Pemanfaatan ZPT dari bahan alami seperti ekstrak daun kelor dan taoge yang mengandung auksin dan sitokinin berpotensi mempercepat pertumbuhan serta meningkatkan produksi metabolit sekunder. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kadar total senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan dari berbagai proporsi campuran ekstrak daun kelor dan taoge, serta menilai kemungkinannya sebagai ZPT alami pada tanaman kedelai. Kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge dianalisis total fenolik dengan metode Folin-Ciocalteu dan aktivitas antioksidan dengan uji DPPH. Hasil menunjukkan bahwa campuran dengan kandungan taoge yang lebih dominan menghasilkan variasi efek terhadap kadar fenolik dan kemampuan antioksidan. Variasi E (2 g/L ekstrak daun kelor dan 8 g/L ekstrak taoge) memberikan hasil terbaik dengan total fenolik sebesar 22,95 mg GAE/g (golongan sedang) dan nilai  $IC_{50}$  terendah sebesar 165,20 ppm (golongan sedang), menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi. Temuan ini mengarah pada kesimpulan bahwa peningkatan proporsi ekstrak taoge dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan mendukung potensinya sebagai ZPT alami melalui peran senyawa fenolik, auksin, dan sitokinin dalam mendukung pertumbuhan tanaman kacang kedelai.

**Kata kunci:** Aktivitas Antioksidan, Daun kelor, Taoge, Total Fenolik, ZPT

## PENDAHULUAN

Permintaan terhadap kacang kedelai di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan ini sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang menyebabkan konsumsi pangan berbasis kedelai turut meningkat. Selain itu, perkembangan bisnis pangan dan pakan ternak yang menjadikan kedelai sebagai bahan baku utama, seperti industri tahu, tempe, kecap, susu kedelai, dan berbagai produk olahan lainnya, turut mendorong tingginya permintaan akan komoditas ini (Hafni *et al.*, 2022). Data menunjukkan bahwa konsumsi kedelai nasional pada tahun 2015 tercatat sebesar 1.563.827 ton, dan dalam kurun waktu empat tahun meningkat tajam hingga mencapai 2.967.695 ton pada tahun 2019. Sayangnya, peningkatan konsumsi ini tidak diimbangi dengan pertumbuhan produksi dalam negeri. Pada tahun 2015, produksi kedelai nasional hanya mencapai 964.183 ton dan bahkan mengalami penurunan yang cukup drastis menjadi 424.190 ton pada tahun 2019 (Setyawan & Huda, 2022). Ketimpangan antara kebutuhan dan produksi ini menyebabkan ketergantungan terhadap impor semakin tinggi. Oleh karena itu, upaya peningkatan produksi kedelai dalam negeri menjadi sangat penting, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan produktivitas kedelai adalah melalui pemanfaatan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT), yang berfungsi dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara lebih optimal, sehingga diharapkan mampu meningkatkan hasil panen kedelai secara signifikan (Amriyanti & Sabila, 2019).

Daun kelor termasuk bahan alami yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai ZPT. Daun kelor telah diidentifikasi sebagai sumber ZPT alami yang kaya akan hormon tumbuh, yakni auksin, zeatin (jenis sitokinin), dan giberelin. Menurut hasil penelitian Tini (2022),

ekstrak daun kelor mengandung kadar auksin (IAA) sebesar 662,17 ppm, tertinggi di antara lima jenis bahan organik, zeatin 66,50 ppm, dan giberelin 417,88 ppm. Hal ini menjadikan daun kelor kandidat unggul untuk memacu pertumbuhan tanaman secara alami melalui regulasi hormon endogen. Selain itu, taoge juga merupakan sumber ZPT alami yang potensial. Studi oleh Nopiyanto & Pamungkas (2020) menunjukkan bahwa ekstrak kecambah kacang hijau mengandung sitokinin sebanyak 96,26 ppm, auksin 1,68 ppm, dan giberelin 39,94 ppm. Kehadiran sitokinin dominan dalam taoge ini sangat berpotensi mendukung pembelahan sel dan pertumbuhan tunas lateral. Ketika kedua ekstrak tersebut dikombinasikan, auksin dari daun kelor dan sitokinin dari taoge saling melengkapi dalam meningkatkan kadar ZPT endogen pada sel tanaman. Kondisi tersebut mendorong sintesis metabolit sekunder, termasuk senyawa fenolik dan antioksidan. Kombinasi ini memperkuat mekanisme pertumbuhan fisiologis, meningkatkan ketahanan tanaman, dan menunjukkan potensi kuat sebagai strategi ZPT alami dalam peningkatan kualitas dan hasil tanaman kedelai (Ramadhani *et al.*, 2023).

Kombinasi ekstrak tanaman yang mengandung hormon auksin dan sitokinin berpotensi memengaruhi sintesis senyawa fenolik dan meningkatkan aktivitas antioksidan (Puspitasari & Habibah, 2021). Auksin berfungsi merangsang pembentukan senyawa fenolik, sementara sitokinin dapat mengaktifkan enzim-enzim yang terlibat dalam jalur biosintesis fenilpropanoid (Kurepa *et al.*, 2018). Interaksi kedua hormon ini dapat memicu peningkatan kadar total fenolik dalam tanaman. Kenaikan kandungan fenolik tersebut turut berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas antioksidan. Senyawa antioksidan dalam tanaman berfungsi melindungi sel disebabkan oleh radikal bebas akibat stres lingkungan, seperti sinar ultraviolet, polusi, dan infeksi patogen. Antioksidan berperan

dalam menjaga kestabilan membran sel, fungsi enzim, serta molekul penting lainnya, sehingga membantu tanaman bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Selain itu, keberadaan antioksidan juga membantu memperlambat proses penuaan, meningkatkan mutu hasil panen, serta memperkuat sistem pertahanan alami tanaman terhadap penyakit (Hasanuddin *et al.*, 2023).

Berdasarkan hal-hal diatas, diperlukan penelitian lanjutan untuk memastikan bahwa kombinasi ekstrak daun kelor dan ekstrak taoge memiliki kandungan total fenolik dan aktivitas antioksidan yang berpotensi dikembangkan sebagai ZPT pada tanaman kedelai. Oleh karena itu, Peneliti berminat mengkaji kandungan total fenolik dan aktivitas antioksidan dari kombinasi kedua ekstrak tersebut. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat berkontribusi dalam pemanfaatan daun kelor dan taoge serta mendukung potensi pengembangannya sebagai ZPT untuk tanaman kedelai.

## METODE

### Bahan

Daun kelor, taoge, etanol 96%, aquades, asam galat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5%, reagen Folin-Ciocalteu, dan DPPH.

**Tabel 1. Variasi Konsentrasi Ekstrak Kombinasi Ekstrak Daun Kelor dan Taoge**

| Variasi | Daun Kelor (g/L) | Taoge (g/L) |
|---------|------------------|-------------|
| A       | 10               | 0           |
| B       | 8                | 2           |
| C       | 6                | 4           |
| D       | 4                | 6           |
| E       | 2                | 8           |
| F       | 0                | 10          |

Setiap kombinasi dimasukkan ke dalam labu ukur berkapasitas 1000 mL, kemudian diencerkan

### Alat

Nampan, blender, ayakan 100 mesh, wadah tertutup, oven, kit filtrasi vakum, rotary vacuum evaporator, vortex, mikropipet dan blue tip, spatula, botol kaca gelap, pipet tetes, labu ukur (10, 50, 100, dan 1000 ml), gelas kimia 100 mL, tabung sentrifuge, stopwatch, neraca analitik, dan spektrofotometer Uv-Vis.

### Pembuatan Ekstrak

Daun kelor dan taoge segar masing-masing sebanyak 10 kg dibersihkan, kemudian dikeringkan hingga kadar air  $<10\%$  ( $\pm 3$  hari), dilanjutkan dengan pengeringan oven pada  $110^\circ\text{C}$  selama 20 menit hingga berat konstan. Bahan kering dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh, lalu disimpan dalam wadah kedap udara. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% (1:5 w/v) selama  $3 \times 24$  jam, disaring dengan pompa vakum, dan filtrat diuapkan menggunakan rotary evaporator suhu  $40\text{--}60^\circ\text{C}$  hingga didapat ekstrak kental. Ekstrak disimpan dalam botol kaca gelap sebagai stok untuk pembuatan variasi konsentrasi ekstrak kombinasi (Fadilah & Anggarani, 2023).

### Pembuatan Variasi Konsentrasi

Penelitian ini melibatkan 6 variasi kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge dengan perbandingan yang berbeda.

menggunakan aquades hingga mencapai volume yang ditentukan.

### Analisis Kuantitatif Total Fenolik

Larutan standar asam galat dibuat pada konsentrasi 10,20,30,40, dan 50 ppm. Sebanyak 10 mg kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge

dilarutkan dalam etanol hingga volume 10 mL (1000 ppm). Sebanyak 1 mL larutan ekstrak kombinasi dicampur dengan 2 mL reagen Folin–Ciocalteu 10%, dikocok, dan didiamkan selama 3 menit. Kemudian ditambahkan 2 mL larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5%, divortex 30 detik, dan didiamkan 15 menit. Larutan blanko menggunakan etanol sebagai pengganti sampel. Sampel diukur pada  $\lambda$  767,5 nm dengan spektrofotometer UV-Vis secara triplo. Nilai total fenolik (mgGAE/g) dihitung berdasarkan kurva standar asam galat dan dikonversi terhadap berat kering sampel dengan perhitungan berikut:

$$\text{Total Fenolik} = \frac{C \cdot V \cdot fp}{g}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi yang telah dikonversi ke satuan mg/mL

V = Volume sampel satuan mL

fp = Faktor pengenceran yang digunakan

g = Massa sampel satuan gram (Fadilah & Anggarani, 2023).

#### Analisis Kuantitatif Aktivitas Antioksidan

Sampel dilarutkan dalam etanol dengan konsentrasi bertingkat, yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Larutan sampel 4 mL dicampurkan dengan 1 mL larutan DPPH 40 ppm, setelah itu divortex 1 menit dan didiamkan 30 menit dalam kondisi gelap. Sampel diukur pada  $\lambda$  517 nm dengan spektrofotometer UV-Vis secara triplo. Nilai absorbansi yang didapat akan dihitung persentase inhibisi (%I) dengan perhitungan berikut:

$$\%I =$$

$$\frac{(\text{absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel})}{\text{absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Selanjutnya, dibuat kurva linear antara %I dan konsentrasi sampel untuk memperoleh persamaan regresi linear ( $y = ax + b$ ), yang digunakan dalam penentuan nilai  $\text{IC}_{50}$  (Fadilah & Anggarani, 2023).

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini meliputi empat tahap utama yaitu pembuatan ekstrak, formulasi variasi konsentrasi, analisis total fenolik, dan analisis aktivitas antioksidan. Daun kelor dan taoge dibersihkan, dikeringkan hingga berat stabil. Sampel kemudian dihaluskan, diayak dengan saringan 100 mesh, dan disimpan rapat. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% (rasio 1:5 w/v) selama tiga hari. Filtrat disaring dengan pompa vakum dan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40–60°C hingga diperoleh ekstrak kental, yang kemudian disimpan dalam botol kaca gelap sebagai stok untuk pembuatan kombinasi. (Fadilah & Anggarani, 2023).

Terdapat enam jenis variasi ekstrak kombinasi yang merupakan kombinasi antara ekstrak daun kelor dan ekstrak taoge. Variasi tersebut dibuat dengan mencampurkan stok ekstrak daun kelor dan taoge dalam beberapa rasio tertentu sebagaimana tercantum pada Tabel 1. Campuran ekstrak kemudian dimasukkan ke labu takar berkapasitas 1000 mL dan diencerkan menggunakan aquades hingga garis batas.

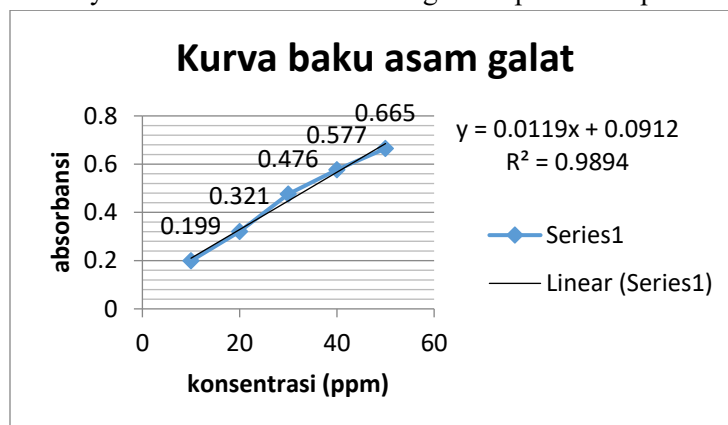


Gambar 1. Variasi A,B,C,D,E,F Kombinasi Ekstrak Daun Kelor dan Taoge

Berdasarkan Gambar 1, kombinasi dari ekstrak daun kelor dan taoge menunjukkan bahwa setiap formulasi memiliki perbedaan warna yang dipengaruhi oleh perbandingan ekstrak yang digunakan. Ekstrak kental yang diperoleh melalui tahapan pengeringan, pengayakan, maserasi, vakumisasi, dan penguapan memiliki tekstur yang pekat dengan warna hijau kecoklatan untuk daun kelor dan coklat untuk taoge. Setelah dilarutkan dalam aquades sesuai dengan variasi yang ditetapkan, larutan menunjukkan gradasi warna yang berbeda. Konsentrasi ekstrak daun kelor yang lebih tinggi menghasilkan warna hijau kecoklatan yang lebih pekat, sedangkan dominasi ekstrak taoge memberikan warna kekuningan pada larutan.

Penentuan kadar total fenolik bertujuan untuk mengukur jumlah senyawa fenolik dalam

kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge serta menilai potensinya sebagai antioksidan. Senyawa fenolik bersifat antioksidan karena gugus hidroksilnya mampu menyumbangkan atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas melalui transfer elektron. Analisis dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode Folin–Ciocalteu dengan asam galat sebagai standar. Penentuan kadar total fenolik diawali dengan mencari panjang gelombang optimum larutan standar asam galat (Pérez *et al.*, 2023). Selanjutnya, absorbansi diukur pada berbagai konsentrasi menggunakan  $\lambda$  767,5 nm. Hasil pengukuran digunakan untuk membuat kurva kalibrasi yang menunjukkan pengaruh konsentrasi terhadap absorbansi, sehingga diperoleh persamaan linear. Kurva kalibrasi asam galat dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Kurva Baku Asam Galat**

Gambar 2. menunjukkan kurva baku asam galat yang menggambarkan hubungan linear antara konsentrasi (ppm) dan absorbansi. Berdasarkan grafik, diperoleh persamaan regresi linear  $y = 0,0119x + 0,0912$  dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,9894$ , yang menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat dan mendekati sempurna antara kedua variabel. Nilai  $R^2$  yang tinggi ini mengindikasikan bahwa variasi absorbansi sebesar 98,94% dapat dijelaskan oleh perubahan konsentrasi asam galat. Kurva ini digunakan sebagai dasar dalam menghitung kadar total fenolik dari sampel ekstrak daun kelor dan

taoge, di mana nilai absorbansi dari masing-masing sampel dimasukkan ke dalam persamaan tersebut untuk mendapatkan konsentrasi fenolik dalam satuan ppm. Keakuratan kurva ini sangat penting untuk menjamin hasil perhitungan kadar fenolik yang valid dan dapat diandalkan. Absorbansi diukur dan dimasukkan ke dalam persamaan untuk menentukan konsentrasi fenolik. Nilai ini kemudian disesuaikan dengan berat sampel dan volume pelarut, sehingga diperoleh total fenolik yang dinyatakan sebagai Gallic Acid Equivalent (GAE).

**Tabel 2. Kadar Total Fenolik Kombinasi Ekstrak Daun Kelor dan Taoge**

| Variasi | Total Fenolik (mg GAE/g)   |
|---------|----------------------------|
| A       | 6,98 ± 0,177 <sup>a</sup>  |
| B       | 6,47 ± 0,046 <sup>a</sup>  |
| C       | 8,02 ± 0,475 <sup>b</sup>  |
| D       | 8,35 ± 0,651 <sup>b</sup>  |
| E       | 22,95 ± 0,715 <sup>d</sup> |
| F       | 12,94 ± 0,570 <sup>c</sup> |

Keterangan: Angka dengan huruf yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 2., kadar total fenolik dari kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge menunjukkan variasi yang signifikan antar perlakuan. Variasi E menghasilkan total fenolik tertinggi sebesar 22,95 ± 0,715 mg GAE/g, yang secara statistik berbeda nyata dari perlakuan lainnya dan dikategorikan sebagai aktivitas sedang. Sementara itu, variasi F menunjukkan kadar fenolik 12,94 ± 0,570 mg GAE/g, juga termasuk kategori sedang namun secara statistik berbeda nyata dari variasi E. Variasi C dan D, yang memiliki kadar 8,02 ± 0,475 dan 8,35 ± 0,651 mg GAE/g, termasuk dalam kategori rendah, tetapi tidak berbeda nyata satu sama lain. Variasi A dan B menunjukkan kadar fenolik paling rendah, yaitu 6,98 ± 0,177 dan 6,47 ± 0,046 mg GAE/g, dan secara statistik tidak berbeda nyata. Berdasarkan uji DMRT 5%, kombinasi yang mengandung proporsi ekstrak taoge lebih tinggi (seperti variasi E) cenderung memberikan hasil fenolik lebih besar dibandingkan kombinasi dengan dominasi daun kelor. Hal ini menunjukkan bahwa taoge berperan penting dalam meningkatkan kandungan senyawa fenolik, yang berkontribusi pada potensi aktivitas antioksidan dan efektivitasnya sebagai ZPT alami. Taoge mengandung sitokinin yang berperan dalam merangsang pembelahan sel dan biosintesis senyawa fenolik melalui aktivasi jalur metabolisme fenilpropanoid. Sitokinin juga meningkatkan aktivitas enzim fenilalanin amonia liase (PAL), enzim kunci dalam pembentukan senyawa fenolik (Kumar *et al.*, 2023).

Sebaliknya, daun kelor mengandung hormon auksin yang lebih dominan berperan dalam pemanjangan sel, dan meskipun berkontribusi terhadap pembentukan metabolit sekunder, pengaruhnya terhadap total fenolik lebih rendah dibandingkan sitokinin. Variasi E, dengan kombinasi optimal keduanya, menunjukkan sinergi terbaik dalam meningkatkan kadar fenolik, menjadikannya kandidat potensial ZPT alami yang mendukung pertumbuhan dan ketahanan kacang kedelai terhadap kondisi lingkungan. Selain itu, variasi E menunjukkan bahwa sitokinin yang berasal dari taoge kemungkinan memiliki kontribusi besar tidak hanya dalam pembelahan sel tetapi juga dalam mendukung aktivitas antioksidan melalui peningkatan kandungan fenolik. Oleh sebab itu, variasi E dengan kadar fenolik tertinggi diperkirakan akan menunjukkan aktivitas antioksidan paling kuat pada analisis berikutnya.

Antioksidan pada tumbuhan berfungsi melindungi sel akibat radikal bebas yang dihasilkan oleh stres lingkungan. Senyawa ini menjaga kestabilan membran, enzim, dan molekul, sehingga membantu tanaman lebih tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem (Hasanuddin *et al.*, 2023). Analisis aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. DPPH adalah radikal bebas stabil yang ditandai dengan warna ungu akibat adanya gugus nitro (NO<sub>2</sub>). Saat senyawa atau ekstrak yang mengandung

antioksidan ditambahkan ke dalam larutan DPPH, senyawa antioksidan tersebut akan menyumbangkan atom hidrogen atau elektron, yang menyebabkan reduksi DPPH menjadi bentuk tereduksi DPPH-H yang berwarna kuning muda (Arista & Siregar, 2023). Dalam penelitian ini, setiap sampel diuji pada lima konsentrasi (50, 100, 150, 200, dan 250 ppm) dengan volume 4

mL. Masing-masing ditambahkan 1 mL DPPH 40 ppm, didiamkan 30 menit dalam botol gelap. Sampel diukur pada  $\lambda$  517 nm dengan spektrofotometer UV-Vis secara triplo. Hasil absorbansi digunakan untuk menghitung % inhibisi, yang menjadi indikator tingkat aktivitas antioksidan sampel.

**Tabel 3. Aktivitas antioksidan Kombinasi Ekstrak Daun Kelor dan Taoge**

| Sampel | IC <sub>50</sub> (ppm)      |
|--------|-----------------------------|
| A      | 248,78 ± 3,664 <sup>a</sup> |
| B      | 274,05 ± 4,820 <sup>b</sup> |
| C      | 216,99 ± 5,784 <sup>c</sup> |
| D      | 203,86 ± 2,330 <sup>d</sup> |
| E      | 165,20 ± 1,180 <sup>e</sup> |
| F      | 196,28 ± 2,110 <sup>f</sup> |

Keterangan: Angka dengan huruf yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 3., hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar kombinasi ekstrak dalam kemampuan meredam radikal bebas, yang ditunjukkan oleh nilai IC<sub>50</sub>. Semakin rendah nilai IC<sub>50</sub>, semakin kuat aktivitas antioksidan yang dimiliki. Berdasarkan klasifikasi, IC<sub>50</sub> <50 ppm dikategorikan sangat kuat, 50–100 ppm kuat, 100–250 ppm sedang, dan >250 ppm lemah (Ibroham et al., 2022). Variasi E memiliki nilai IC<sub>50</sub> terendah (165,20 ± 1,180 ppm) dan berbeda nyata dengan semua perlakuan lain, menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi di antara sampel. Sebaliknya, variasi B memiliki nilai IC<sub>50</sub> tertinggi (274,05 ± 4,820 ppm) dan dikategorikan sebagai aktivitas antioksidan lemah, serta berbeda nyata dari semua perlakuan lainnya. Variasi A (248,78 ppm), C (216,99 ppm), D (203,86 ppm), dan F (196,28 ppm) berada dalam kategori sedang, namun secara statistik seluruhnya berbeda nyata satu sama lain karena memiliki notasi huruf berbeda (a–f). Sampel A yang mengandung 100% ekstrak daun kelor juga memiliki IC<sub>50</sub> yang tinggi (248,78 ppm), menunjukkan bahwa keberadaan auksin

dominan dari kelor tidak cukup untuk mendorong peningkatan aktivitas antioksidan. Kondisi ini menunjukkan bahwa proporsi taoge yang lebih dominan dalam kombinasi cenderung menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi, yang kemungkinan besar disebabkan oleh keberadaan hormon sitokinin dalam taoge. Sitokinin diketahui mampu menginduksi biosintesis senyawa fenolik melalui peningkatan aktivitas enzim fenilalanin amonia liase (PAL). Sementara itu, hormon auksin dalam daun kelor lebih berperan dalam perpanjangan sel dan pertumbuhan vegetatif, namun kontribusinya terhadap pembentukan antioksidan cenderung lebih rendah dibandingkan sitokinin (Sutanto & Farida, 2024). Korelasi positif ini sejalan dengan kadar fenolik yang tinggi pada variasi E, menguatkan peran senyawa fenolik dalam menentukan aktivitas antioksidan. Antioksidan berperan penting dalam melindungi tanaman dari stres oksidatif, meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan, serta mendukung pertumbuhan dan perkembangan (Cao *et al.*, 2024). Pada tanaman kacang kedelai, aplikasi ZPT dengan aktivitas antioksidan tinggi dapat

merangsang pertumbuhan akar dan tunas, meningkatkan efisiensi fotosintesis, serta memperkuat daya tahan tanaman secara fisiologis. Kombinasi ekstrak dengan dominasi taoge (sitokinin) terbukti lebih efektif dibanding dominasi kelor (auksin) dalam meningkatkan kadar fenolik dan aktivitas antioksidan, menjadikannya formula unggul sebagai ZPT alami multifungsi. Dengan demikian, variasi E dapat dianggap sebagai kombinasi paling potensial sebagai ZPT bagi tanaman kacang kedelai karena menawarkan sinergi antara aktivitas antioksidan tinggi, kandungan fenolik yang baik, dan keseimbangan antara kandungan hormon auksin dari kelor dan sitokinin dari taoge.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis total fenolik dan aktivitas antioksidan, kombinasi ekstrak daun kelor dan taoge memiliki potensi besar sebagai ZPT alami untuk tanaman kedelai. Variasi E (2 g/L kelor dan 8 g/L taoge) dengan total fenolik tertinggi sebesar 22,95 mg GAE/g (golongan sedang) dan nilai  $IC_{50}$  terendah 165,20 ppm (golongan sedang), merupakan variasi terbaik dibanding variasi lainnya. Temuan ini mengindikasikan hubungan positif antara kandungan fenolik dan kemampuan menangkal radikal bebas, yang penting untuk mendukung pertumbuhan dan ketahanan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

Amriyanti, F. L., & Sabila, P. (2019). Aplikasi Sari Daun Kelor Sebagai Zat Pengatur Tumbuh Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Kadar Klorofil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). *Stigma*, 12(2), 82-88.

Arista, N., & Siregar, R. M. (2023). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pisang Barangan (*Musa Acuminata* Linn) Dengan Metode DPPH. *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(12), 1477-1484.

Cao, L., Zhang, S., Feng, L., Qiang, B., Ma, W., Cao, S., et al. (2024). Metabolic

pathways regulated by strigolactones foliar spraying enhance osmoregulation and antioxidant defense in drought-prone soybean. *BMC Plant Biol*, 24(980), 1-17.

Fadilah, N. N., & Anggarani, M. A. (2023). Pengaruh Ekstrak Bawang Bombay Merah Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Rimpang Kunyit Kuning (*Curcuma domestica* Val.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(2), 120-127.

Hafni, R., RS, P. H., & Rezeki, D. (2022). Analisis Permintaan Konsumsi Kedelai di Indonesia. *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, 3(1), 250-264.

Hasanuddin, A. P., Yusran, Islawati, & Artati. (2023). Analisis Kadar Antioksidan Pada Ekstrak Daun Binahong Hijau Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 8(2), 66-74.

Ibroham, M. H., Jamilatun, S., & Kumalasari, I. D. (2022). A Review: Potensi Tumbuhan-Tumbuhan di Indonesia Sebagai Antioksidan Alami. *Prosiding Semnaslit LPPM UMJ*, 1(1), 1-13.

Kumar, K., Debnath, P., Singh, S., & Kumar, N. (2023). An Overview of Plant Phenolics and Their Involvement in Abiotic Stress Tolerance. *Stresses*, 3(3), 570-585.

Kurepa, J., Shull, T. E., Karunadasa, S. S., & Smalle, J. A. (2018). Modulation of Auxin and Cytokinin Responses by Early Steps of The Phenylpropanoid Pathway. *BMC Plant Biology*, 18(278), 1-15.

Nopiyanto, R., & Pamungkas, S. S. (2020). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Alami Dari Ekstrak Tauge Terhadap Pertumbuhan Pembibitan Budchip Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Varietas Bululawang (BL). *Mediagro*, 16(1), 68-80.

Pérez, M., Dominguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The Chemistry Behind the Folin-Ciocalteu Method for

- the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *J Agric Food Chem*, 71(46), 17543-17553.
- Puspitasari, A. D., & Habibah, N. A. (2021). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D dan Kinetin terhadap Pertumbuhan dan Morfologi Sel Gembili ( *Dioscorea esculenta*). *Life Science*, 10(2), 191-200.
- Ramadhani, E., Setyorini, T., & Himawan, A. (2023). Induksi Kalus Eksplan Daun Lada (*Piper nigrum*. L) pada Modifikasi Media MS dengan Penambahan Hormon Sintetik dan Alami. *Agroforetech*, 1(2), 998-1006.
- Setyawan, G., & Huda, S. (2022). Analisis Pengaruh Produksi Kedelai, Konsumsi Kedelai, Pendapatan Per Kapita, dan Kurs Terhadap Impor Kedelai di Indonesia. *Kinerja: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 19(2), 215-225.
- Sutanto, O. P., & Farida, N. (2024). Analisis Korelasi Komponen Tumbuh dengan Kadar Flavonoid Ekinase (*Echinacea purpurea*). *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 16(3), 217-226.
- Tini, E. W. (2022). Kandungan Hormon Endogenous pada Tanaman Hortikultura. *Jurnal Galung Tropika*, 11(2), 132-142.