

Potensi Ekstrak Daun Kelor sebagai Zat Pengatur Tumbuh Alami Berdasarkan Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan

Potential of Moringa Leaf Extract as a Natural Plant Growth Regulator Based on Phytochemical Tests and Antioxidant Activity

***Putri Wulandari & Mirwa Adiprahara Anggarani**
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

DOI: [10.34145/agriekstensia.v25i1.3966](https://doi.org/10.34145/agriekstensia.v25i1.3966)

Published online: Juni 2026

Accepted for publication: May 2026

ABSTRAK

Penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) sintetis dalam budidaya tanaman dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan, sehingga diperlukan pengembangan ZPT alami sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan. Daun kelor (*Moringa oleifera*) mengandung berbagai fitohormon dan senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai ZPT alami. Penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi ZPT dari ekstrak daun kelor berdasarkan uji fitokimia dan aktivitas antioksidan. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96% hingga diperoleh ekstrak berbentuk kental. Karakterisasi meliputi penentuan rendemen, kadar air, pH, uji fitokimia (*fenolik*, *flavonoid*, dan *tanin*), serta pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen ekstrak yang diperoleh sebesar 10,5%, kadar air 18%, dan pH 4,58 yang tergolong asam lemah. Uji fitokimia menunjukkan hasil positif terhadap senyawa *fenolik*, *flavonoid* serta *tanin*. Hasil aktivitas antioksidan dari ekstrak daun kelor menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 149,98 ppm yang masuk dalam kategori antioksidan sedang. Hasil tersebut menyatakan bahwa ekstrak daun kelor berpotensi digunakan sebagai ZPT alami yang stabil dan memiliki aktivitas biologis, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

Kata Kunci: ZPT Alami, Daun Kelor, Uji Fitokimia, Aktivitas Antioksidan

ABSTRACT

The use of synthetic plant growth regulators (PGRs) in crop cultivation may cause negative environmental impacts, highlighting the need for eco-friendly natural alternatives. Moringa (*Moringa oleifera*) leaves are known to contain phytohormones and bioactive compounds with potential application as natural PGRs. This study aimed to characterize Moringa leaf extract as a natural PGR based on phytochemical screening and antioxidant activity. Extraction was carried out using the maceration method with 96% ethanol to obtain a concentrated extract. The characterization included determination of yield, moisture content, pH, qualitative phytochemical tests (phenolics, *flavonoids*, and tannins), and antioxidant activity using the DPPH method. The results showed an extract yield of 10.5%, moisture content of 18%, and a pH value of 4.58, indicating a weakly acidic nature. Phytochemical screening confirmed the presence of phenolic compounds, *flavonoids*, and tannins. The antioxidant activity of the Moringa leaf extract exhibited an IC_{50} value of 149.98 ppm, classified as moderate antioxidant activity. These findings indicate that Moringa leaf extract possesses stable chemical characteristics and bioactive potential, supporting its application as an environmentally friendly natural plant growth regulator and its further development for sustainable agricultural practices.

Keywords: Natural Plant Growth Regulator, Moringa Oleifera, Phytochemical Screening, Antioxidant Activity.



PENDAHULUAN

Zat pengatur tumbuh (ZPT) merupakan senyawa yang memiliki peran penting dalam mengendalikan proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui pengaruhnya terhadap *fitohormon endogen*. ZPT dapat merangsang, menghambat, atau berperan dalam mengatur berbagai proses fisiologis pada tanaman meliputi, pembelahan sel dan pemanjangan sel, pembentukan organ, serta respons terhadap kondisi lingkungan. Efektivitas ZPT dipengaruhi oleh jenis, konsentrasi, struktur kimia, *genotipe* tanaman, dan fase fisiologis tanaman (Yanengga dkk., 2020).

Secara umum, ZPT terbagi menjadi dua jenis utama yaitu ZPT alami dan ZPT sintesis. ZPT alami berasal dari ekstrak tumbuhan, mikroba, atau bahan organik tertentu yang kaya hormon atau senyawa bioaktif, sedangkan ZPT sintesis merupakan senyawa buatan yang diformulasikan secara kimia dengan konsentrasi dan stabilitas yang lebih terkontrol sehingga efeknya lebih konsisten, cepat, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman (Wahyuni dkk., 2020). Namun, penggunaan ZPT sintesis jika digunakan jangka panjang berpotensi menimbulkan residu kimia pada tanaman maupun lingkungan. Oleh karena itu, ZPT dari bahan alami kini semakin banyak dikembangkan karena lebih ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan relatif murah (Hutabarat dkk., 2020).

Salah satu bahan alami yang mudah ditemukan dan dapat digunakan sebagai ZPT adalah daun kelor. Berbagai senyawa bioaktif seperti *fenolik*, *flavonoid*, *tanin*, serta vitamin dan mineral terdapat dalam daun kelor dan berkontribusi terhadap aktivitas fisiologis tanaman (Anwar dkk., 2007). Selain itu, daun kelor terbukti mengandung, hormon auksin jenis IAA sebesar 662,17 ppm, hormon *sitokinin* jenis *kinetin* sebesar 161,37 ppm dan jenis *zeatin* sebesar 66,50 ppm, dan hormon *giberelin* jenis GA_3 sebesar 417,88 ppm (Tini dkk., 2022). Kandungan tersebut lebih besar dibandingkan bahan alami lainnya seperti pada bawang merah hanya mengandung kinetin sebesar 75,54 ppm dan pada jagung hanya mengandung *zeatin* sebesar 45,76 ppm (Tini dkk., 2022). Maka dari itu, daun kelor sangat cocok dimanfaatkan sebagai ZPT alami karena mengandung hormon pertumbuhan tanaman.

Selain mengandung fitohormon yang berfungsi sebagai ZPT, ekstrak daun kelor juga memiliki metabolit sekunder yang berkontribusi dalam aktivitas biologisnya, khususnya senyawa *fenolik*, *flavonoid* dan *tanin*. Senyawa *fenolik*, *flavonoid* dan *tanin* dalam ekstrak daun kelor berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan melalui mekanisme penangkapan dan penetralan radikal bebas. Aktivitas antioksidan tersebut berperan penting dalam melindungi sel dari stres oksidatif dan mendukung proses metabolisme tanaman. Oleh karena itu, pengujian aktivitas antioksidan sering digunakan sebagai indikator potensi biologis ekstrak tanaman yang berkaitan dengan kandungan metabolit sekundernya (Rice-Evans dkk., 1997).

Pemanfaatan ekstrak daun kelor sebagai ZPT alami masih menghadapi beberapa permasalahan, terutama terkait belum optimalnya informasi mengenai karakteristik fisikokimia dan aktivitas biologis ekstrak yang digunakan. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pengaruh aplikasi ekstrak daun kelor terhadap pertumbuhan tanaman, namun masih terbatas pada pengamatan hasil pertumbuhan tanpa disertai karakterisasi ekstrak secara menyeluruh. Selain itu, parameter penting seperti rendemen, kadar air, pH, kandungan metabolit sekunder, dan aktivitas antioksidan sering kali belum dianalisis secara terpadu, sehingga kualitas dan kestabilan ekstrak sebagai ZPT alami belum dapat dijelaskan secara komprehensif (Zhao dkk., 2023). Kondisi ini menunjukkan pentingnya penelitian karakterisasi ekstrak daun kelor untuk memperoleh informasi ilmiah yang lebih lengkap mengenai kualitas, kestabilan, serta potensi biologisnya. Karakterisasi tersebut menjadi langkah penting dalam mendukung pengembangan ZPT alami yang efektif, aman, dan berkelanjutan untuk aplikasi di bidang pertanian (Taiz dkk., 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan kandungan *fitohormon* dan *metabolit* sekunder pada daun kelor, hingga saat ini masih belum terdapat standar karakterisasi yang spesifik untuk ZPT alami berbasis daun kelor, terutama terkait parameter fisikokimia dan aktivitas biologisnya. Selain itu, data mengenai stabilitas kimia ekstrak daun kelor, seperti kestabilan senyawa bioaktif terhadap kondisi penyimpanan dan perubahan pH, juga masih terbatas. Penelitian terkait hubungan aktivitas antioksidan dengan potensi ekstrak sebagai biostimulan tanaman pun masih relatif minim, padahal senyawa antioksidan diketahui berperan dalam membantu tanaman menghadapi stres oksidatif dan

mendukung proses fisiologis tanaman. Oleh karena itu, diperlukan penelitian karakterisasi yang lebih mendalam untuk memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan ekstrak daun kelor sebagai ZPT alami yang efektif dan berkelanjutan.

Oleh karena itu, karakterisasi ZPT ekstrak daun kelor menjadi langkah penting untuk mengevaluasi kualitas serta potensi aplikatifnya dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Karakterisasi ZPT ekstrak daun kelor melalui uji fitokimia dan aktivitas antioksidan diperlukan sebagai tahap awal untuk mengetahui kualitas dan potensi aplikatifnya. Pengujian fitokimia dilakukan untuk mengetahui jenis golongan metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak, sedangkan uji aktivitas antioksidan memberikan gambaran kemampuan ekstrak dalam menangkal radikal bebas. Informasi ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pemanfaatan ekstrak daun kelor sebagai ZPT alami yang ramah lingkungan dan berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya. Daun kelor diambil dari satu pohon yang sama di Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik. Bahan yang digunakan antara lain daun kelor, *etanol* 95% (p.a), *etanol* 70%, HCl pekat, larutan FeCl_3 1%, serbuk DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), dan *etanol* teknis 96%. Sementara alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pisau, *rotary vacuum evaporator*, blender, kertas saring, labu ukur 100 mL, spektrofotometri Uv-Vis, tabung reaksi, spatula, batang pengaduk, toples, botol kaca, gunting, paranet, kertas label, alat tulis, mikropipet dan *blue tips*, *vortex*, *moisture balance*, sentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm, timbangan analitik, gelas ukur, pipet ukur, dan pipet tetes. Sementara alat yang digunakan yaitu timbangan, pisau, blender, ayakan 100 mesh, wadah plastik, kertas label, labu ukur, gelas ukur, botol kaca, gelas kimia, buku, alat tulis, dan *vacuum rotary evaporator*.

Persiapan ZPT Ekstrak Daun Kelor

Pada tahap awal penelitian, sebanyak 10 kg daun kelor dicuci menggunakan air mengalir, kemudian dilakukan sortasi basah untuk memisahkan daun yang masih segar. Selanjutnya, daun kelor dikeringkan di bawah sinar matahari selama 4 hari. Simplisia daun kelor kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh. Serbuk yang didapatkan selanjutnya digunakan pada tahap ekstraksi. Proses selanjutnya yakni maserasi simplisia daun kelor dilakukan dengan merendam 1.000 g serbuk daun kelor dalam 3.000 mL *etanol* 96%. Campuran kemudian ditutup dan dibiarkan selama tiga hari pada tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari secara langsung. Setelah proses perendaman selesai, larutan disaring dengan kertas saring dan filtratnya diuapkan menggunakan *rotary evaporator* (Fadilah & Anggarani, 2023).

Uji Kadar Air dan Rendemen

Pengukuran kadar air ekstrak daun kelor menggunakan alat *moisture balance*, sedangkan pengukuran rendemen ekstrak dapat dihitung berdasarkan hasil bagi antara berat akhir (berat ekstrak yang dihasilkan) dengan berat awal (berat serbuk simplisia yang digunakan) kemudian dikalikan 100%.

Uji Ph

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter yang dilengkapi bubuk elektroda. Sebelum pengukuran, alat dikalibrasi menggunakan larutan penyangga pH 4,00 dan 7,00. Sampel ekstrak kental ditimbang sebanyak 0,5 gram lalu diencerkan dengan aquades 250 ml hingga homogen, kemudian elektroda dicelupkan ke dalam larutan sampel. Nilai pH dicatat setelah pembacaan stabil dan dinyatakan sebagai rata-rata dari tiga kali pengukuran (Harris, 2015).

Uji Fenolik

Pengujian *fenolik* dilakukan dengan menambahkan 10 tetes larutan FeCl_3 1% ke dalam 1 mL sampel. Munculnya warna hitam pekat menunjukkan adanya senyawa *fenolik* (Amalia & Anggarani, 2022).

Uji Flavonoid

Sebanyak 1 mL sampel ditambahkan 3 mL *etanol* 70%, kemudian dikocok dan dipanaskan. Campuran selanjutnya disaring, dan filtrat yang diperoleh direaksikan dengan 0,1 g magnesium serta menambahkan 2 tetes larutan HCl pekat (Amalia & Anggarani, 2022).

Uji Tanin

Sampel 1 mL ditambahkan 20 mL air dan menambahkan 2 tetes larutan FeCl_3 1%. Hasil positif dibuktikan dengan terbentuknya warna coklat kehijauan atau biru kehitaman (Amalia & Anggarani, 2022).

Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Larutan DPPH 40 ppm dibuat dengan melarutkan 4 mg serbuk DPPH dalam 100 mL *etanol* p.a. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mencampurkan 1 mL larutan DPPH 40 ppm serta 2 mL *etanol* p.a, kemudian divortex ± 1 menit dan larutan diinkubasi selama 30 menit di dalam kondisi gelap. *Absorbansi* diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada kisaran 400–800 nm, dengan panjang gelombang maksimum sebesar 517 nm.

Blanko dibuat dengan prosedur yang sama dan *absorbansinya* diukur secara *triplo* pada panjang gelombang maksimum. Sampel ekstrak daun kelor dibuat dengan melarutkan 10 mg ekstrak dalam *etanol* p.a hingga volume 10 mL (1000 ppm), kemudian diencerkan menjadi variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Sebanyak 2 mL larutan sampel direaksikan dengan 1 mL larutan DPPH 40 ppm, divortex selama ± 1 menit, Terakhir, campuran diinkubasi selama 30 menit di tempat gelap. Pengukuran *absorbansi* dilakukan pada panjang gelombang maksimum dengan tiga kali pengulangan.

Nilai *absorbansi* yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung persentase *inhibisi* (% *inhibisi*) menggunakan rumus $\% \text{ inhibisi} = [(absorbansi \text{ kontrol} - absorbansi \text{ sampel}) / absorbansi \text{ kontrol}] \times 100$. Nilai persentase *inhibisi* yang dihasilkan kemudian diplot terhadap konsentrasi sampel untuk membentuk kurva linearitas sehingga diperoleh persamaan regresi linear $y = ax + b$. Persamaan tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai IC_{50} pada masing-masing perlakuan, yaitu konsentrasi sampel yang mampu menghambat 50% radikal bebas DPPH (Fadillah & Anggarani, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi karakterisasi ZPT ekstrak daun kelor yang mencakup rendemen, kadar air, pH, kandungan senyawa metabolit sekunder, serta aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC_{50} menggunakan metode DPPH. Setiap parameter dianalisis dan dibahas secara deskriptif berdasarkan data yang diperoleh serta dikaitkan dengan teori dan hasil penelitian terdahulu untuk menggambarkan kualitas dan potensi ekstrak daun kelor sebagai ZPT alami.

Tabel 1 menunjukkan bahwa persentase *inhibisi* radikal bebas DPPH meningkat secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun kelor, dari nilai rendah pada konsentrasi awal hingga mendekati maksimal pada konsentrasi tinggi. Pola hubungan ini mencerminkan aktivitas antioksidan yang bersifat *dose-dependent*, yaitu semakin tinggi konsentrasi senyawa antioksidan dalam ekstrak, semakin besar kemampuannya untuk menangkap atau mereduksi radikal bebas DPPH. Uji DPPH bekerja berdasarkan prinsip perpindahan elektron atau *atom hidrogen* dari antioksidan ke radikal DPPH yang menyebabkan radikal bebas menjadi tereduksi. Dan warna ungu DPPH berubah menjadi kuning pucat, yang diukur secara kuantitatif melalui spektrofotometri (Ramadhani dkk., 2025).

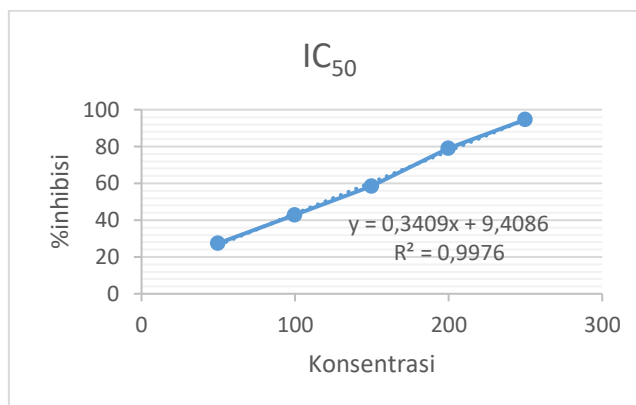
Nilai IC_{50} yang yakni sebesar 149,98 ppm yang diperoleh dari hubungan linier antara konsentrasi ekstrak yang diperoleh dan persentase *inhibisi*. Nilai IC_{50} menunjukkan konsentrasi ekstrak yang mampu menghambat 50% aktivitas radikal bebas dengan DPPH. Secara teori, semakin kecil nilai IC_{50} , maka semakin kuat aktivitas antioksidan yang dimiliki suatu sampel untuk menetralkan radikal bebas (Molyneux, 2004). Berdasarkan klasifikasi tersebut, aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor termasuk dalam kategori sedang, yang menunjukkan bahwa ekstrak memiliki potensi biologis yang signifikan meskipun tidak tergolong sangat kuat (Ramadhani dkk., 2025).

Tabel 1. Hasil Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor

Konsentrasi (ppm)	%Inhibisi	IC ₅₀ (ppm)
50	27,41935	149,9825
100	43,01075	
150	58,60215	
200	79,03226	
250	94,62366	

Keterangan: Nilai IC₅₀ diperoleh dari persamaan regresi linear hubungan antara konsentrasi ekstrak daun kelor dan persentase *inhibisi* radikal bebas DPPH.

Sumber: Data Diolah

Gambar 1. Kurva Persamaan Regresi Linier Ekstrak Daun Kelor

Persamaan regresi linier yang ditunjukkan oleh gambar 1, yaitu $y = 0,3409x + 9,4086$, menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsentrasi ekstrak sebesar 1 ppm mampu meningkatkan daya *inhibisi* radikal bebas sebesar 0,3409% (Molyneux, 2004). Koefisien determinasi ($R^2 = 0,9976$) mengindikasikan tingkat korelasi yang sangat tinggi antara konsentrasi sampel dan persentase *inhibisi*. Nilai R^2 yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa hampir seluruh variasi persentase *inhibisi* dapat dijelaskan oleh perubahan konsentrasi ekstrak, sehingga data memiliki validitas dan reliabilitas yang baik untuk penentuan nilai IC₅₀ (Zhao dkk., 2023). Secara teoritis, pendekatan regresi linier merupakan metode yang umum dan direkomendasikan dalam analisis aktivitas antioksidan metode DPPH karena memberikan estimasi IC₅₀ yang lebih akurat dibandingkan pendekatan *interpolasi visual* (Zhao dkk., 2023).

Kandungan antioksidan ekstrak pada daun kelor memiliki kaitan erat dengan keberadaan senyawa *fenolik* dan *flavonoid* yang telah teridentifikasi melalui uji fitokimia. Senyawa-senyawa tersebut dikenal memiliki struktur gugus hidroksil aromatik yang mampu menyumbangkan *atom hidrogen* dan transfer elektron kepada radikal bebas, sehingga menghentikan rantai reaksi radikal bebas dan menstabilkan molekul tak berpasangan (Gallia dkk., 2024). Proses ini menyebabkan berkurangnya intensitas warna ungu DPPH, yang secara kuantitatif terdeteksi sebagai penurunan nilai *absorbansi* pada panjang gelombang maksimum 517 nm (Prior dkk., 2005).

Selain itu, secara fisiologis, aktivitas antioksidan ini memiliki implikasi penting dalam konteks pemanfaatan ekstrak sebagai ZPT alami, karena senyawa antioksidan berperan dalam menekan stres oksidatif pada jaringan tanaman, menjaga stabilitas membran sel, dan mendukung kelangsungan proses metabolisme serta pertumbuhan tanaman (Ramadhani dkk., 2025). Hal ini sejalan dengan teori bahwa antioksidan tidak hanya berfungsi sebagai pelindung sel dari radikal bebas, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan fisiologis tanaman terhadap cekaman lingkungan, seperti kekeringan, suhu tinggi, dan stres oksidatif (Prior dkk., 2005).

Gambar 2. Hasil Uji Senyawa *Fenolik* Ekstrak Daun Kelor



Gambar 3. Hasil Uji Senyawa *Flavonoid* Ekstrak Daun Kelor



Gambar 4. Hasil Uji Senyawa *Tanin* Ekstrak Daun Kelor



Kandungan *Fitokimia* Ekstrak Daun Kelor

Uji *Fitokimia* dilakukan untuk mengidentifikasi secara kualitatif kandungan metabolit sekunder dalam ekstrak daun kelor, karena senyawa-senyawa tersebut berperan penting dalam aktivitas biologis tanaman, termasuk sebagai antioksidan dan *biostimulan* pertumbuhan tanaman (Amalia & Anggarani, 2022). Berdasarkan gambar 2, hasil uji *fenolik* menunjukkan terbentuknya warna hitam pekat setelah penambahan larutan FeCl_3 1% pada ekstrak daun kelor. Perubahan warna ini menandakan adanya senyawa *fenolik*, yang terjadi akibat reaksi antara *ion* Fe^{3+} dengan gugus hidroksil aromatik pada senyawa *fenolik* sehingga membentuk kompleks berwarna gelap (Amalia & Anggarani, 2022). Keberadaan senyawa *fenolik* dalam ekstrak daun kelor menunjukkan potensi bioaktif yang tinggi, mengingat senyawa *fenolik* memiliki peran sebagai antioksidan alami melalui kemampuannya menyumbangkan *atom hidrogen* atau elektron dalam proses penetralan radikal bebas (Prior dkk., 2005).

Pada gambar 3, hasil uji *flavonoid* ditunjukkan dengan terbentuknya endapan setelah penambahan serbuk magnesium dan HCl pekat pada ekstrak daun kelor. Reaksi ini merupakan uji Shinoda, di mana senyawa *flavonoid* mengalami reduksi oleh magnesium dalam kondisi asam sehingga menghasilkan perubahan fisik berupa endapan atau warna khas, yang mengindikasikan hasil positif *flavonoid* (Amalia & Anggarani, 2022). Flavonoid masuk dalam kelompok metabolit sekunder yang berperan penting sebagai antioksidan dan *biostimulan* pertumbuhan tanaman. Senyawa ini mampu menghambat reaksi oksidasi dengan menstabilkan radikal bebas melalui mekanisme transfer elektron atau *atom hidrogen* (Kolar dkk., 2022).

Berdasarkan gambar 4 yang ditunjukkan, terlihat terbentuknya warna gelap (cokelat tua hingga hitam) pada fase atas larutan setelah pemberian pereaksi. Perubahan warna ini merupakan indikasi positif keberadaan tanin dalam ekstrak. Secara kimia, *tanin* tergolong senyawa polifenol berukuran besar yang mudah membentuk kompleks dengan *ion* logam, terutama Fe^{3+} , yang menghasilkan warna gelap pada larutan sebagai respon karakteristik uji visual (Santos dkk., 2021). Keberadaan tanin pada ekstrak tanaman memiliki peran biologis penting, salah satunya sebagai antioksidan alami. *Tanin* mampu menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi *atom hidrogen* atau elektron, sehingga menghentikan reaksi propagasi radikal yang merusak sel (Zhao dkk., 2023). Selain itu, *tanin* juga diketahui memiliki kemampuan mengikat protein yang dapat berkontribusi pada mekanisme pertahanan tanaman terhadap *patogen* atau cekaman lingkungan (Mahmood dkk., 2024).

Dalam konteks aktivitas fisiologis tanaman, senyawa *tanin* dapat membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres oksidatif dan stres lingkungan, sehingga mendukung pertumbuhan yang lebih stabil. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa *tanin* berperan dalam modulasi respon tanaman terhadap tekanan biotik dan abiotik melalui interaksi dengan protein dan radikal bebas dalam jaringan tanaman (Wang dkk., 2025).

Fenolik, *flavonoid* dan *tanin* dikenal memiliki struktur molekul yang mampu menyumbangkan elektron atau atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas, sehingga mengurangi potensi stres oksidatif dalam sistem biologis. Mekanisme ini menjadikan kedua kelompok senyawa tersebut sebagai indikator penting dalam penilaian antioksidan alami suatu ekstrak (Kolar dkk., 2022). Selain berfungsi sebagai antioksidan, senyawa *fenolik* dan *flavonoid* juga berperan dalam regulasi fisiologi tanaman, antara lain dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan endogen, memperbaiki keseimbangan *redoks* sel, serta melindungi membran dan *kloroplas* dari kerusakan akibat cekaman lingkungan. Peran tersebut menjadikan kedua kelompok senyawa ini tidak hanya penting dalam penilaian kapasitas antioksidan suatu ekstrak, tetapi juga sebagai indikator potensial aktivitas biostimulan alami (Kolar dkk., 2022).

Dengan demikian, hasil positif pada uji *fenolik* dan *flavonoid* pada ekstrak daun kelor menunjukkan bahwa ekstrak tersebut memiliki kemampuan protektif terhadap stres oksidatif sekaligus berpotensi meningkatkan ketahanan fisiologis tanaman. Keberadaan senyawa-senyawa ini mendukung pemanfaatan ekstrak daun kelor sebagai biostimulan alami yang dapat membantu tanaman beradaptasi terhadap stres abiotik, seperti kekeringan, suhu ekstrem, dan paparan cahaya berlebih, sehingga menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal.

Rendemen dan Kadar Air Ekstrak

Pengukuran rendemen dan kadar air ekstrak daun kelor dilakukan untuk mengetahui efisiensi proses ekstraksi serta kestabilan ekstrak, karena kadar air yang rendah dan rendemen yang optimal mencerminkan kualitas ekstrak yang baik untuk aplikasi sebagai ZPT alami (Harborne, 1987). Berdasarkan hasil analisis, ekstrak daun kelor memiliki kadar air sebesar 18%. Nilai tersebut masih berada dalam rentang kadar air yang direkomendasikan untuk ekstrak kental, yaitu 10–20%, sesuai dengan parameter standar yang ditetapkan untuk umur simpan ekstrak tumbuhan obat (Departemen Kesehatan RI, 2000). Kisaran tersebut dianggap optimal karena mampu mempertahankan bentuk ekstrak kental sekaligus menjaga kestabilan senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya.

Menurut Voigt (1995), kadar air yang tidak melebihi 20% pada ekstrak kental dapat menekan risiko pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat terjadinya degradasi kimia selama penyimpanan. Selain itu, Harborne (1987) juga menjelaskan bahwa ekstrak tanaman hasil evaporasi pelarut umumnya masih mengandung air dalam jumlah cukup tinggi akibat sifat *higroskopis* metabolit sekunder, seperti senyawa *fenolik* dan *flavonoid* yang mampu mengikat molekul dalam air. Dengan demikian, kadar air ekstrak daun kelor sebesar 18% dapat dikategorikan baik dan memenuhi syarat ekstrak kental, sehingga masih layak digunakan sebagai ZPT alami bagi pertumbuhan tanaman. Dalam kaitannya dengan pemanfaatan sebagai ZPT alami, kadar air yang terkontrol berperan dalam menjaga aktivitas senyawa bioaktif seperti *flavonoid* dan senyawa *fenolik* yang bersifat higroskopis dan sensitif terhadap perubahan lingkungan. Kandungan air yang moderat membantu mempertahankan struktur dan fungsi senyawa tersebut sehingga efektivitas ekstrak dalam mendukung pertumbuhan tanaman tetap terjaga (Taiz & Zeiger, 2010).

Selain kadar air yang mencerminkan kestabilan ekstrak, rendemen juga menjadi parameter penting dalam menilai efisiensi proses ekstraksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa rendemen ekstrak daun kelor sebesar 10,5%. Rendemen merupakan parameter penting dalam ekstraksi sebab mencerminkan jumlah bahan terlarut yang berhasil ditarik dari simplisia ke dalam pelarut selama proses ekstraksi. Nilai ini memberikan gambaran seberapa efisien proses ekstraksi mengeluarkan senyawa terlarut, termasuk metabolit sekunder, seperti *fenolik* dan *flavonoid*, yang berperan sebagai senyawa antioksidan (Pawarti, 2023). Rendemen ekstrak dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk jenis pelarut, polaritas pelarut, rasio bahan dengan pelarut, waktu ekstraksi, serta kondisi suhu selama ekstraksi. Studi terbaru menunjukkan bahwa pelarut dengan polaritas yang sesuai terhadap senyawa target cenderung memberikan nilai rendemen yang lebih tinggi, karena pelarut tersebut mampu mengekstraksi lebih banyak komponen bioaktif (Azzahra dkk., 2025). Sebagai contoh, penggunaan *etanol* sering dipilih karena kemampuan pelarut ini mengekstraksi senyawa polar dan semi-polar secara efektif, yang dapat meningkatkan nilai rendemen dan kandungan *fenolik* serta *flavonoid* (Azzahra dkk., 2025).

Nilai rendemen 10,5% yang diperoleh pada ekstrak daun kelor dapat dikategorikan cukup baik untuk ekstrak kental tanaman, terutama bila dibandingkan dengan studi ekstrak tanaman lain yang menggunakan pelarut serupa pada kondisi maserasi sederhana. Nilai ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi telah berhasil menarik sejumlah besar komponen kimia terlarut dari daun kelor, yang selanjutnya dapat berkontribusi terhadap aktivitas biologis yang diukur, seperti aktivitas antioksidan. Selain itu, hasil uji fitokimia yang menunjukkan keberadaan *fenolik* dan *flavonoid* mendukung anggapan bahwa rendemen yang diperoleh mencerminkan ekstraksi senyawa bioaktif yang relevan. Dengan demikian, rendemen ekstrak 10,5% menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor yang diperoleh memiliki potensi sebagai bahan bioaktif untuk aplikasi selanjutnya, seperti uji aktivitas antioksidan dan formulasi ZPT alami, selama proses ekstraksi dan pemilihan pelarut dilakukan secara optimal.

pH Ekstrak Daun Kelor

Pengujian pH ekstrak daun kelor bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman ekstrak yang berpengaruh terhadap stabilitas senyawa bioaktif serta kesesuaiannya dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman (Skoog dkk., 2014). Hasil pengukuran pH ekstrak daun kelor menggunakan pH meter menunjukkan nilai pH 4,58, yang mengindikasikan bahwa ekstrak bersifat asam lemah. Nilai pH ini masih berada dalam kisaran yang umum dijumpai pada ekstrak tanaman yang mengandung senyawa metabolit sekunder dalam jumlah tinggi (Harris, 2015). Secara teori, sifat keasaman pada ekstrak tanaman erat kaitannya dengan keberadaan gugus *hidroksil fenolik* ($-OH$) dan asam organik alami, seperti asam askorbat, asam galat, dan turunan asam *fenolat* lainnya. Senyawa-senyawa tersebut mampu melepaskan *ion hidrogen* (H^+) ke dalam larutan, sehingga menurunkan nilai pH ekstrak (Santos dkk., 2021).

Nilai pH 4,58 juga menunjukkan kondisi yang relatif menguntungkan bagi kestabilan senyawa bioaktif, karena lingkungan asam lemah dapat memperlambat terjadinya degradasi oksidatif dan pertumbuhan mikroorganisme selama penyimpanan ekstrak (Harris, 2015). Menurut teori stabilitas ekstrak, pH yang terlalu netral hingga basa dapat mempercepat reaksi oksidasi dan degradasi senyawa *fenolik*, sedangkan pH asam ringan cenderung menjaga stabilitas kimia metabolit sekunder (Zhao dkk., 2023).

Dalam konteks pemanfaatan ekstrak daun kelor sebagai ZPT alami, nilai pH yang berada pada kisaran asam lemah masih tergolong aman dan sesuai untuk aplikasi pada tanaman, terutama setelah dilakukan pengenceran sebelum penggunaan (Taiz dkk., 2022). Larutan ZPT dengan pH asam lemah diketahui dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tertentu dan mendukung penyerapan senyawa aktif oleh jaringan tanaman, selama tidak melewati batas toleransi fisiologis tanaman (Taiz dkk., 2022). Dengan demikian, hasil uji pH sebesar 4,58 menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki karakteristik kimia yang wajar untuk ekstrak tanaman dan mendukung stabilitas senyawa bioaktif.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) yang diperoleh melalui metode maserasi menggunakan *etanol* 96% memiliki karakteristik fisikokimia yang baik, ditunjukkan oleh rendemen sebesar 10,5%, kadar air 18%, dan pH 4,58 yang tergolong asam lemah. Uji fitokimia mengonfirmasi keberadaan senyawa metabolit sekunder berupa *fenolik*, *flavonoid*, dan *tanin* dalam ekstrak daun kelor. Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 149,98 ppm yang diklasifikasikan sebagai aktivitas antioksidan sedang. Berdasarkan karakteristik kimia dan aktivitas biologis yang diperoleh, ekstrak daun kelor memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai zat pengatur tumbuh alami yang ramah lingkungan. Namun demikian, diperlukan penelitian lanjutan terkait uji aplikasi langsung pada tanaman dan penentuan konsentrasi optimum untuk mendukung pemanfaatannya secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R., & Anggarani, M. A. (2022). Uji Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder pada Ekstrak Tanaman. *Jurnal Kimia Terapan*, 5(2), 45–52.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). *Moringa Oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytotherapy Research*, 21(1), 17–25. <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>.
- Azzahra, N., et al. (2025). Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Rendemen dan Kandungan Bioaktif Ekstrak Tanaman. *Jurnal Kimia Modern*, 10(1), 1–10.
- Departemen Kesehatan RI. (2000). *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Fadilah, N., & Anggarani, M. A. (2023). Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Tanaman dengan Metode DPPH. *Jurnal Kimia dan Aplikasi*, 7(1), 33–41.
- Harris, D. C. (2015). *Quantitative Chemical Analysis* (9th ed.). W.H. Freeman and Company.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. ITB Press.
- Molyneux, P. (2004). The Use of the Stable Free Radical DPPH for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Pawarti, N. (2023). Efisiensi Ekstraksi Senyawa Bioaktif Tanaman. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 12(1), 55–63.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant Properties of Phenolic Compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152–159.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont: Brooks/Cole.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2022). *Plant Physiology and Development* (7th ed.). Sunderland: Sinauer Associates.
- Voigt, R. (1995). *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. Gadjah Mada University Press.