

Kadar Klorofil Daun Bibit Kelor (*Moringa oleifera* L.) pada Berbagai Dosis Kompos

Ahmad Fadillah Rasyidi¹, Rini Sulistiani^{2*} dan Syazrul Iqmal Bin Jalani³

¹Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

²Dosen Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia.

³MARDI Headquarters, Persiaran MARDI – UPM, Malaysia
43300 Serdang, Selangor, Malaysia

*Correspondence author: rinisulistiani@umsu.ac.id

Abstrak

Moringa oleifera (kelor) merupakan tanaman yang banyak ditemukan di Indonesia dan memiliki kandungan nutrisi beragam sehingga banyak masyarakat yang membutuhkannya. Kelor membutuhkan klorofil untuk berfotosintesis sehingga pertumbuhan dan perkembangannya berjalan dengan baik. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan dosis kompos yang menunjang fungsi fisiologis kelor, sehingga membentuk kadar klorofil secara maksimal. Penelitian karakter klorofil dengan kompos sebagai perlakuan merupakan usaha memperbaiki aktivitas biologi tanah dan penyediaan unsur hara sehingga kadar klorofil meningkat untuk memacu laju fotosintesis. Kompos merupakan hasil dekomposisi organisme seperti tumbuhan dan hewan, yang mengandung unsur hara makro dan mikro serta memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan empat taraf kompos (0, 50, 100 dan 150 g/tanaman). Hasil analisis kadar klorofil dan intensitas warna daun berbeda nyata akibat perlakuan kompos, namun kompos memberikan hasil yang tidak nyata pada pigmen karotenoid. Kompos berpengaruh nyata terhadap jumlah klorofil daun pada tanaman kelor, yaitu: kandungan klorofil relatif dengan *Soil Plant Analysis Development* (SPAD), kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total yang diekstraksi menggunakan spektrofotometer dengan larutan *Dimethyl Sulfoxide* (DMSO). Pemberian kompos 110,80 g/tanaman menghasilkan kadar klorofil relatif maksimum 36,19 unit SPAD. Pemberian kompos 119,90 g/tanaman menghasilkan kadar klorofil a maksimum 25,64 mg/L. Peningkatan dosis kompos menurunkan nilai luminositas (L), nilai a* dan nilai b*. Nilai-nilai tersebut menunjukkan warna daun dari terang menjadi lebih gelap, hijau ke arah abu-abu dan kuning ke arah abu-abu, yang mengindikasikan bahwa kadar klorofil daun makin meningkat akibat perlakuan yang diberikan.

Kata kunci: Aktivitas klorofil, karotenoid, kelor, pigmen fotosintesis, pupuk organik.

Chlorophyll Content of Seedling Leaves of *Moringa oleifera* L. in Various Compost Doses

Abstract

Moringa oleifera (*Moringa*) is a plant often found in Indonesia. It has various nutritional content, and so many people need it. *Moringa* needs chlorophyll for photosynthesis so that its growth and development run well. The research aims to obtain a dose of compost that supports the physiological function of *Moringa* so that it forms maximum chlorophyll levels. Research on chlorophyll characteristics with compost as a treatment is an effort to improve soil biological activity and provide nutrients so that chlorophyll levels increase to increase the rate of photosynthesis. Compost is the result of the decomposition of organisms such as plants and

animals, which contains macro and micronutrients and fulfills the nutritional needs of plants. The research used a non-factorial Randomized Block Design (RAK) with four levels of compost (0, 50, 100 and 150 g/plant). The analysis of chlorophyll levels and leaf color intensity significantly differed due to compost treatment, but compost gave no significant results for carotenoid pigments. Compost has a significant effect on the amount of leaf chlorophyll in *Moringa* plants, namely relative chlorophyll content using Soil Plant Analysis Development (SPAD), chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, and total chlorophyll levels extracted using a spectrophotometer with Dimethyl Sulfoxide (DMSO) solution. Providing 110.80 g of compost per plant produced a maximum relative chlorophyll content of 36.19 SPAD units. Providing 119.90 g of compost per plant produced a maximum chlorophyll level of 25.64 mg/L. Increasing the compost dosage reduces the luminosity (*L*), *a** value, and *b** value. These values show the color of the leaves from light to darker, green to gray, and yellow to gray, indicating that leaf chlorophyll levels are increasing due to the treatment given.

Keywords: Chlorophyll activity, carotenoids, moringa, photosynthetic pigments, organic fertilizer.

Received: 29 November 2023; **Revised:** 22 January 2024; **Accepted:** 24 April 2024

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati Indonesia sangat beragam. Kelor adalah salah satu dari banyak jenis tanaman yang dapat membantu manusia tumbuh dan berkembang. Tanaman kelor memiliki banyak manfaat bagi makhluk hidup, tetapi sedikit yang mengetahui potensinya. Kelor dikenal sebagai pohon ajaib karena secara alami merupakan sumber nutrisi berkhasiat dan obat yang kandungannya melebihi tanaman biasa.

Tanaman kelor adalah salah satu tanaman yang dapat tumbuh dan berkembang mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 700 meter di atas permukaan laut. Tanaman kelor dapat tumbuh berkembang di daerah tropis seperti Indonesia. Tanaman berupa perdu dapat mencapai ketinggian 7-11 meter dan tahan terhadap musim kering. Kelor mudah dibudidayakan dan tidak membutuhkan perawatan yang intensif. Kelor juga tahan terhadap kekeringan selama enam bulan. Tanaman kelor di Indonesia memiliki banyak nama, seperti kelor (Jawa, Sunda, Bali, dan Lampung), *maronggih* (Madura), *moltong* (Flores), *keloro* (Bugis), *ongge* (Bima), *murong* atau *barunggai* (Sumatera), dan *hau fo* (Timor). Kelor, spesies yang paling banyak dibudidayakan dari keluarga *Moringaceae*, berasal dari India sub-Himalaya, Pakistan, Bangladesh, dan Afghanistan.

Kelor sebagai tanaman yang memiliki kandungan gizi cukup banyak dapat menjadi sumber bahan pangan fungsional. Di Indonesia kelor cenderung hanya sebagai tanaman pagar dan jarang sebagai tanaman budidaya. Baru sebagian kecil pemanfaatan daun kelor sebagai bahan tambahan pangan atau produk-produk turunan lainnya. Setelah melalui berbagai pengujian, tanaman kelor juga sebagai tanaman obat mujarab dengan memanfaatkan seluruh bagian dari tanaman kelor baik daun, kulit batang, biji, hingga akar. Kandungan gizi yang terdapat di dalam daun kelor antara lain protein, vitamin C, β -karoten, zat besi dan kalsium (Rifani & Astuti, 2015).

Pertumbuhan dan produksi tanaman kelor dipengaruhi oleh karakter genetik tanaman, teknik budidaya, iklim dan tanah lingkungan tumbuhnya hingga pemupukan baik organik ataupun anorganik. Kompos berfungsi merangsang agregat tanah dan memantapkannya, meningkatkan daya menahan air, daya serap dan kapasitas tukar kation (Sinaga & Bastian, 2022). Penambahan bahan organik dengan aplikasi pupuk kompos sangat diperlukan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pemberian nutrisi untuk tanaman dan perbaikan sifat tanah baik secara fisika, kimia maupun biologi ialah tujuan utama pemberian pupuk kompos. Peningkatan produktivitas tanaman dan tanah dipengaruhi oleh penggunaan kompos sebagai sumber unsur hara tanaman yang bebas residu kimia (Dahlianah, 2015). Pengelolaan lingkungan dapat dilakukan salah satunya dengan mengolah limbah organik menjadi pupuk kompos. Pupuk kompos yang digunakan berasal dari pengolahan sampah pasar, sampah rumah tangga dan kotoran sapi.

Klorofil membantu tumbuhan menyerap cahaya matahari saat menjalani proses fotosintesis, mengubah CO₂ menjadi karbohidrat untuk energi tumbuhan, membentuk glukosa sebagai pusat produksi nutrisi dari sel-sel tanaman, membantu menciptakan oksigen pada proses fotosintesis, membantu

tumbuhan untuk menciptakan makanannya sendiri. Selain itu proses fotosintesis menghasilkan fotosintat bagi makhluk hidup dan mampu membersihkan udara dengan menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂.

Daun kelor mengandung senyawa klorofil (Fajri et al., 2018) yang memiliki aktivitas antioksidan melalui mekanisme langsung dan tak langsung. Mekanisme langsung klorofil sebagai antioksidan yaitu melalui kemampuannya dalam menangkap radikal bebas, sedangkan mekanisme tak langsung melalui metabolisme jalur detoksifikasi (Pérez-gálvez et al., 2020). Klorofil dapat diukur kadarnya menggunakan metode spektrofotometri dengan pelarut aseton atau etanol (Ajiningrum, 2018). Pigmen fotosintesis adalah pigmen yang terlibat dalam proses fotosintesis pada tumbuhan.

Beberapa pigmen fotosintesis yang penting adalah klorofil, karotenoid, dan antosianin. Kelompok tumbuhan Spermatophyta memiliki klorofil a dan klorofil b sebagai pigmen fotosintetik utama. Kedua pigmen tersebut berperan menyerap cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau. Molekul klorofil sebagai suatu *derivat porfirin* mempunyai struktur tetrapirrol siklis dengan satu cincin pirol yang tereduksi sebagian. Pentingnya klorofil bagi tanaman menjadi fokus kajian bagi penulis untuk meneliti lebih dalam terkait karakter fisiologi tanaman kelor dengan perlakuan kompos pada berbagai taraf dosis yang diuji. Selain itu tujuan penelitian ini juga dapat menentukan hubungan intensitas warna daun dengan peningkatan kadar klorofil.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2023 di Laboratorium Agronomi Gedung Pusat Tanaman Industri (*Industry Crop*), *Malaysian Agriculture Research and Development Institute* (MARDI), Serdang, Selangor, Malaysia.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu daun kelor yang berasal dari Lahan Percobaan Pusat Tanaman Industri (*Industry Crop*), MARDI, larutan DMSO (*Dimethyl Sulfoxide*). Alat yang digunakan yaitu mikropipet, kantong kertas, timbangan analitik, Spektrofotometer, kuvet spektrofotometer, tabung reaksi (*pyrex*), pipet tetes, rak tabung, botol vial 20 ml 16 buah, daun *punch*, oven, SPAD-502 Plus dan Colorimeter AMT-507.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan pengamatan parameter yang dapat diukur akibat pengaruh perlakuan kompos. Penelitian kuantitatif berdasarkan pada pengumpulan dan analisis data numerik dalam upaya menjelaskan, memprediksi, dan mengendalikan peristiwa yang diminati. Penelitian kuantitatif menekankan analisis data numerikal yang diolah dengan metode statistik. Metode kuantitatif digunakan untuk menemukan tanda-tanda hubungan antar variabel.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Non Faktorial yang terdiri 1 faktor perlakuan dengan 4 ulangan. Adapun faktor perlakuan tersebut adalah pemberian kompos (T), dengan 4 taraf yaitu: T₀ (0 g/tanaman), T₁ (50 g/tanaman), T₂ (100 g/tanaman), dan T₃ (150 g/tanaman).

Parameter Pengamatan

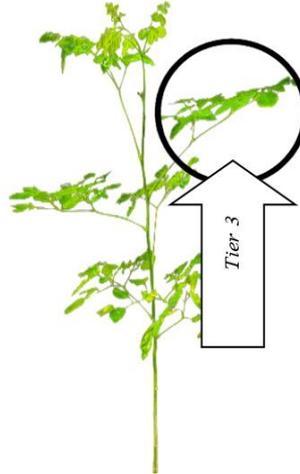
Parameter penelitian sebagai suatu nilai atau kondisi yang digunakan sebagai tolok ukur dalam menemukan sesuatu yang telah ada, menggali lebih dalam apa yang telah ada, mengembangkan, memperluas dan menguji apa yang telah ada tetapi masih diragukan kebenarannya. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk menguji kembali beberapa parameter yang dapat menunjukkan karakter fisiologi pada daun kelor.

Parameter yang diamati yaitu mengenai fisiologi daun kelor yang mencakup kandungan klorofil relatif (SPAD), klorofil a, klorofil b, klorofil total, pigmen karotenoid, intensitas warna (kolorimetri) L*, a* dan b*.

Pelaksanaan Penelitian

Uji klorofil menggunakan soil plant analysis development (SPAD)

Pada proses pengambilan data kadar klorofil dengan menggunakan SPAD-502 Plus dilakukan di laboratorium karena cuaca hujan agar proses pembacaan alat tetap akurat. Sampel daun kelor diambil pada daun tingkat ke-3 (*tier-3*) dibawa ke laboratorium dan dibersihkan. Bagian daun yang akan diukur dijepitkan pada SPAD, pembacaan dilakukan secara berurut dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Selanjutnya ditekan tombol *Average* untuk mendapatkan rata-rata hasil kadar klorofil relatif. Letak daun pada tanaman dapat dilihat pada dokumentasi sampel daun kelor tingkat ke-3 (Gambar 1).



Gambar 1. Daun Tingkat ke-3 (*tier-3*) dan Pembacaan Kadar Klorofil Relatif (SPAD)

Sebelum dilakukan pengambilan sampel, daun disusun dan diurutkan berdasarkan masing-masing ulangan (*replication*). Urutan perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel Daun Kelor Berdasarkan Urutan Perlakuan dan Ulangan

Ekstraksi klorofil menggunakan larutan Dimethyl Sulfoxide (DMSO)

Metode *Dimethyl Sulfoxide (DMSO)* lebih disukai karena tidak diperlukan langkah penggilingan dan sentrifugasi yang memakan waktu dan ekstraknya stabil untuk jangka waktu yang lama. DMSO adalah pelarut yang banyak digunakan untuk ekstraksi klorofil (*Chls*) dari daun tumbuhan tingkat tinggi.

Beberapa langkah dan metode dalam ekstraksi klorofil menggunakan *Dimethyl Sulfoxide* (DMSO) yaitu pengambilan sampel dilakukan pada tingkat ke-3. Bagian tersebut diklaim memiliki banyak jumlah klorofil yaitu pigmen hijau yang berperan sebagai antioksidan bagi tubuh, dan jumlahnya lebih sedikit dibandingkan daun tingkat ke-1 dan 2. Jumlah klorofil dalam suatu daun dapat ditentukan oleh warnanya, daun yang lebih hijau mempunyai kandungan klorofil yang lebih tinggi.

Pada sampel daun diambil sebanyak 6 bulatan kecil dengan menggunakan pelubang untuk setiap bagian daun. Setelah diperoleh 6 bulatan kecil, selanjutnya dimasukkan ke dalam vial. Sampel daun yang sudah dimasukkan ke dalam vial, selanjutnya ditambah dengan larutan *Dymethyl sulfoksida* (DMSO) sebanyak 10 ml. Sampel ditempatkan di dalam oven dengan suhu 65 °C selama 4 jam. Setelah 4 jam, sampel dikeluarkan dan didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit.

Analisis klorofil dengan menggunakan spektrofotometer

Sebanyak 5 ml hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam kuvet, setelah keadaan sampel dingin. Dilakukan absorbansi dan diukur menggunakan Spektrofotometer. Sebelum pengukuran kadar klorofil terlebih dahulu alat Spektrofotometer diatur penggunaannya. Kuvet yang berisi ekstraksi dimasukkan ke dalam spektrofotometer (dengan memastikan serapan panjang gelombang 649, 665, 480 dan 510 nm).

Pengambilan data hasil pembacaan secara manual dengan mengambil gambar *panel display* dan hasilnya dicatat. Sebelum melepaskan kuvet klorofil a, b dan pigmen karotenoid, dihitung dengan rumus:

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = (13,7 \times \lambda_{665}) - (5,76 \times \lambda_{649})$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = (25,8 \times \lambda_{649}) - (7,77 \times \lambda_{665})$$

$$\text{Klorofil total (mg/L)} = (20 \times \lambda_{649}) + (6,1 \times \lambda_{665})$$

Keterangan: λ = Nilai absorbansi klorofil pada panjang gelombang spesifik

$$\text{Total karotenoid (}\mu\text{g/g)} = \frac{((7,6 \times \lambda_{480}) - (1,49 \lambda_{510})) \times V}{1000 \times W}$$

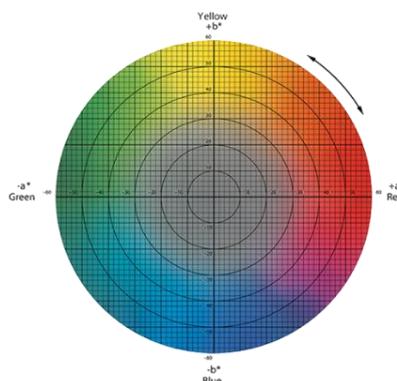
Keterangan: λ = Absorbansi pada panjang gelombang spesifik

V = Volume total ekstrak pigment

W = Bobot sampel yang digunakan untuk ekstraksi

Uji pigmen daun kelor menggunakan colorimeter

Sampel daun dijaga dalam kondisi segar dan tidak rusak. Colorimeter disiapkan dengan mengisi daya penuh. Selanjutnya sampel daun kelor diletakkan di bawah sensor Colorimeter. Setelah itu tombol pada Colorimeter ditekan untuk memulai pengukuran warna daun kelor. Ditunggu beberapa saat hingga hasil pengukuran muncul pada layar Colorimeter. Langkah terakhir mencatat hasil pengukuran warna daun kelor yang muncul pada layar. Pembacaan hasil analisis warna daun tanaman kelor dapat dilihat pada diagram kromatisitas (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram Kromatisitas (Formulasi Warna)

Keterangan:

a* : -a* : hijau, +a* : merah

b* : -b* : biru, +b* : kuning

Penentuan intensitas warna pada ekstrak daun kelor menggunakan metode Weaver (1996). Perlakuan kompos berpengaruh nyata pada parameter kadar pigmen penyusun warna daun kelor dengan notasi L*, a* dan b*, merupakan komponen luminositas atau kecerahan warna. Nilai L* berkisar dari 0 (hitam) hingga 100 (putih), dengan 50 mewakili warna abu-abu netral. Notasi a* adalah komponen warna merah-hijau. Nilai positif menunjukkan keberadaan warna merah, sedangkan nilai negatif menunjukkan keberadaan warna hijau. Notasi b* adalah komponen warna kuning-biru. Nilai positif menunjukkan keberadaan warna kuning, sedangkan nilai negatif menunjukkan keberadaan warna biru. Nol mewakili warna abu-abu netral.

Tingkat kecerahan warna (L*) makin tinggi nilainya yaitu analisis warna daun kelor menunjukkan data terbesar hingga terkecil seperti notasi L* menunjukkan kecerahan pada daun sehingga semakin tinggi nilainya maka akan berpengaruh pada cerah daun akibat kekurangan unsur hara. Notasi a* menunjukkan angka negatif yang menunjukkan keberadaan warna hijau dan positif warna merah. Notasi b* menunjukkan keberadaan komponen warna kuning dan biru, maka semakin tinggi nilainya akan memberikan warna daun yang kuning cerah sebagai tanda daun kelor kurang unsur hara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Klorofil Relatif, Klorofil (a, b, total) dan Pigmen Karotenoid Akibat Perlakuan Kompos

Berdasarkan hasil *analisis of varians* dengan Rancangan Acak Kelompok non faktorial menunjukkan perlakuan kompos berpengaruh nyata pada parameter yang diuji yaitu: klorofil a, klorofil b dan klorofil total. Perlakuan kompos berpengaruh tidak nyata pada kadar pigmen karotenoid. Pengaruh kompos berbeda nyata untuk parameter kandungan klorofil relatif dengan menggunakan SPAD. Pada perlakuan yang sama untuk parameter klorofil a, klorofil b dan klorofil total menunjukkan pengaruh nyata dengan menggunakan metode analisis ekstraksi klorofil dengan larutan dimetil sulfoksida (DMSO). Pada analisis pigmen karotenoid diperoleh hasil berbeda tidak nyata akibat perlakuan kompos.

Hasil analisis data klorofil relatif dengan menggunakan SPAD dan hasil ekstraksi klorofil a, klorofil b, klorofil total dan pigmen karotenoid dengan metode DMSO akibat perlakuan kompos dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Klorofil Relatif, Klorofil a, Klorofil b, Klorofil total dan Pigmen Karotenoid Menggunakan SPAD dan Ekstraksi DMSO

Perlakuan (Kompos)	SPAD (unit) Klorofil relatif	DMSO (mg/L)			
		Klorofil a	Klorofil b	Klorofil total	Pigmen Karotenoid
T ₀ (0 g/tanaman)	29,95 ^b	18,22 ^b	4,86 ^b	23,08 ^b	9,70
T ₁ (50 g/tanaman)	34,75 ^a	23,79 ^a	6,25 ^a	30,05 ^a	11,63
T ₂ (100 g/tanaman)	36,23 ^a	24,29 ^a	6,26 ^a	30,56 ^a	11,62
T ₃ (150 g/tanaman)	36,43 ^a	24,43 ^a	6,27 ^a	30,69 ^a	11,81

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada DMRT α 5%.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa perlakuan kompos berpengaruh nyata pada klorofil relatif dengan SPAD, maupun kadar klorofil a, b, dan total dengan metode ekstraksi DMSO. Perlakuan tanpa kompos menyebabkan kadar klorofil berbeda nyata dan relatif paling sedikit dibandingkan dengan perlakuan T₁, T₂ dan T₃. Peningkatan dosis kompos dari 50 sampai 150 g/tanaman memberikan perbedaan tidak nyata pada keempat parameter yang diuji. Kadar klorofil relatif, klorofil a, b, dan total menunjukkan hasil tertinggi pada T₃ dengan dosis kompos 150 g/tanaman. Pemberian kompos berpengaruh tidak nyata dalam meningkatkan kadar pigmen karotenoid.

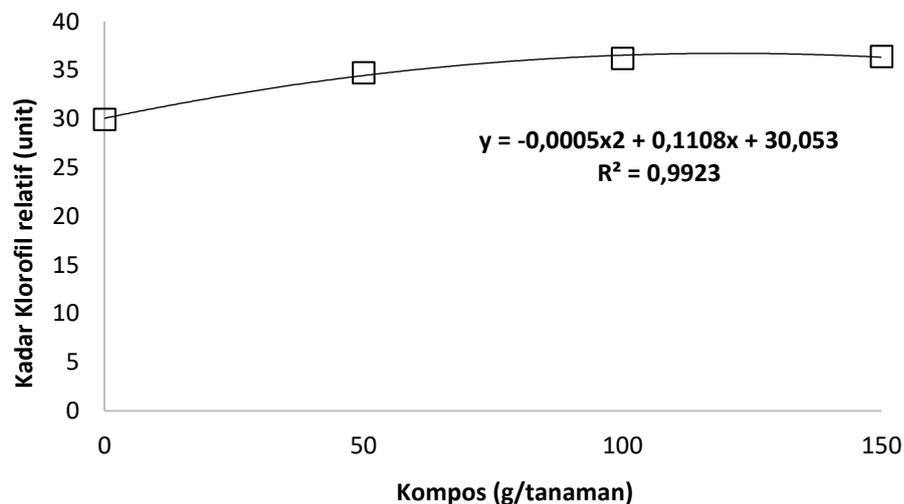
Pemberian kompos dapat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman kelor karena kandungannya terdapat unsur hara makro dan mikro sehingga kebutuhan nutrisi untuk tanaman dapat tercukupi. Hal ini sesuai dengan pendapat Yudono (2014) bahwa pupuk organik berupa kompos tersusun

dari material makhluk hidup sebagai hasil dekomposisi residu tanaman, hewan, dan mikroorganisme yang banyak mengandung unsur hara sebagai nutrisi bagi tanaman. Pendapat di atas diperjelas lagi dengan terbitnya Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011, bahwa pupuk organik terbuat dari limbah organik, kotoran hewan, bagian hewan, atau tumbuhan mati, dapat diperkaya melalui proses rekayasa dengan bahan mineral dan mikroba untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

Penambahan bahan organik akan menambah kecukupan hara di dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga pembentukan klorofil meningkat dan proses fotosintesis berlangsung secara maksimal dengan adanya sinar matahari. Intensitas cahaya memegang peran penting dalam meningkatkan kadar klorofil a pada tanaman kelor karena jika tanaman tidak disinari secara cukup maka daun tidak mengandung banyak klorofil yang mengakibatkan lambatnya laju pertumbuhan tanaman. Mahardika et al. (2023) menyatakan cahaya sebagai salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi fase-fase pada setiap proses pertumbuhan tanaman.

Perlakuan tanpa kompos menghasilkan kadar klorofil terendah yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan T₁, T₂ dan T₃. Antara perlakuan T₁, T₂ dan T₃ berpengaruh sama terhadap kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total. Pada pigmen karotenoid perlakuan kompos menunjukkan hasil berbeda tidak nyata. Pemberian dosis kompos makin tinggi maka akan meningkatkan kadar klorofil, baik dengan metode SPAD maupun metode ekstraksi DMSO.

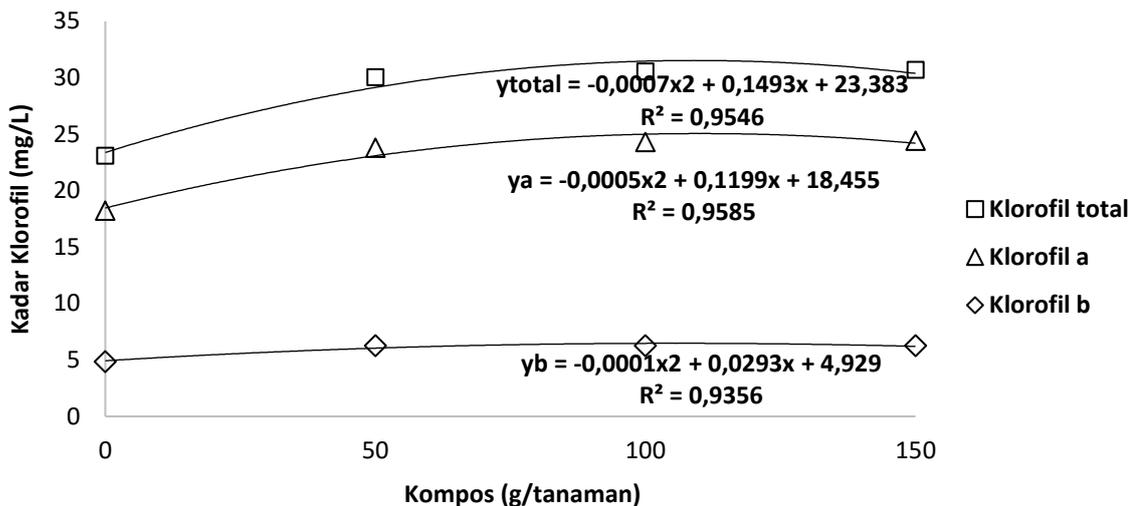
Hubungan kompos dengan kadar klorofil relatif dengan menggunakan SPAD dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Kompos dengan Kadar Klorofil Relatif

Berdasarkan Gambar 4, hubungan antara kompos terhadap kadar klorofil relatif membentuk pola grafik kuadrat positif. Pemberian kompos sebanyak 110,80 g/tanaman menghasilkan kadar klorofil relatif maksimum 36,19 unit SPAD. Selain pengaruh kompos, faktor lingkungan seperti sinar matahari juga mempengaruhi peningkatan kadar klorofil pada tanaman kelor karena jika tanaman tidak disinari secara cukup maka daun tidak mengandung banyak klorofil yang mengakibatkan lambatnya laju pertumbuhan tanaman. Pendapat ini didukung oleh Mahardika et al. (2023) bahwa cahaya akan mempengaruhi pembentukan klorofil yang menentukan penyimpanan asimilat bagi proses pertumbuhan tanaman. Esteban et al. (2015) menyatakan bahwa perbedaan intensitas matahari dan unsur hara menyebabkan perubahan dalam sifat tumbuhan. Tumbuhan mengalami perubahan dalam kandungan pigmen fotosintetik dan morfologi.

Hubungan kompos dalam berbagai dosis dengan kadar klorofil a, b dan klorofil total dengan menggunakan metode ekstraksi DMSO dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kompos dengan Kadar Klorofil Total, Klorofil a, dan Klorofil b Menggunakan Metode Ekstraksi DMSO

Berdasarkan Gambar 5, hubungan antara kompos terhadap kadar klorofil a, b dan total membentuk pola grafik kuadratik positif. Pemberian kompos sebanyak 119,90 g/tanaman akan menghasilkan kadar klorofil a maksimum 25,64 mg/L. Pemberian kompos sebanyak 146,50 g/tanaman akan menghasilkan kadar klorofil b maksimum 7,08 mg/L dan pemberian kompos sebanyak 106,640 g/tanaman akan menghasilkan kadar klorofil total maksimum 31,34 mg/L.

Kandungan klorofil b cenderung lebih sedikit dibanding klorofil a dan klorofil total, hal ini dikarenakan peran klorofil a lebih efisien kinerja terhadap pembentukan klorofil tanaman dan penangkapan cahaya. Singkatnya klorofil b dianggap sebagai pembantu klorofil a, klorofil b membantu mentransfer energi cahaya ke klorofil a dan membantu tanaman menyesuaikan diri dengan perubahan dalam intensitas cahaya dan kondisi lingkungan. Hal ini sesuai dengan studi Nurcahyani et al. (2020) menyatakan bahwa klorofil a mengabsorpsi cahaya gelombang panjang dan sedikit gelombang pendek. Klorofil b hanya mengabsorpsi cahaya gelombang pendek saja diteruskan atau diserap oleh pigmen tersebut. Klorofil b adalah hasil biosintesis dari klorofil a dan berperan penting dalam reorganisasi fotosistem selama adaptasi terhadap kualitas dan intensitas cahaya.

Pembentukan kadar klorofil dipengaruhi pemupukan yang berimbang dengan dosis tertentu. Pemberian dosis akan menentukan pemasukan unsur nitrogen yang menjadi unsur dalam pembentukan klorofil dan penangkapan cahaya. Hal ini karena di dalam kompos terdapat nitrogen sebagai komponen penting dalam molekul klorofil yaitu pigmen hijau yang memungkinkan daun menyerap energi cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan daun mengalami klorosis, yaitu kondisi di mana daun kehilangan warna hijaunya karena kekurangan klorofil. Hal ini berdasarkan studi literatur dinyatakan bahwa nitrogen dikenal mampu meningkatkan pertumbuhan daun hijau dan batang pada fase vegetatif (Febrianna et al., 2018).

Hasil penelitian Sulistiani et al., (2023) diketahui aplikasi kompos cair Ecofarming yang diberikan ke media perakaran yang dikombinasikan dengan Asam amino melalui *foliar spray* akan meningkatkan kecepatan laju fotosintesis dan menghasilkan komponen asimilat. Selanjutnya asimilat yang terbentuk digunakan sebagai energi dan massa sel untuk penambahan volume dan perpanjangan sel-sel pada saat proses pertumbuhan. Ecofarming sebagai kompos dapat mendukung sistem pertanian ramah lingkungan dan inovasi modern dalam memberikan hasil akhir secara optimal (Panjaitan et al., 2019). Selanjutnya pada pengaruh pemberian bahan-bahan organik untuk optimalisasi pertumbuhan dan tanaman dari segi fisiologinya untuk meningkatkan kadar klorofil. Hasil penelitian Novita et al. (2021), pemberian Asam Askorbat pada rumput Vetiver di lahan tercekam garam, memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah klorofil, bobot kering dan volume akar, namun tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering.

Selain dipengaruhi oleh unsur nitrogen yang berasal dari dalam tanah, perlakuan dosis kompos yang diberikan juga akan mempengaruhi kadar klorofil b di dalam daun kelor. Dosis yang diberikan akan menentukan seberapa banyak unsur hara nitrogen yang masuk ke dalam daun kelor dan membentuk

klorofil b. Hal ini karena pada kompos mengandung nitrogen sebagai komponen penting dalam molekul klorofil. Sebagai pigmen hijau, klorofil memungkinkan daun menyerap energi cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan daun mengalami klorosis, yaitu kondisi di mana daun kehilangan warna hijaunya karena kekurangan klorofil. Hal ini berdasarkan studi literatur bahwa nitrogen mampu meningkatkan pertumbuhan daun hijau dan pertumbuhan batang pada pertumbuhan vegetatif (Febrianna et al., 2018).

Warna Daun

Pengaruh perlakuan kompos berbeda nyata untuk intensitas warna (kolorimetri) L^* , a^* dan b^* . Pada dasarnya ketiga notasi penyusun warna pada daun tanaman kelor tersebut menjadi satu kesatuan dalam membentuk warna berdasarkan dosis pemberian kompos. Hasil analisis data warna daun tanaman kelor akibat perlakuan kompos dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas Warna Daun Kelor yang Mendapatkan Perlakuan Kompos Berdasarkan Colorimeter

Kompos	Colorimeter (notasi warna)		
	L^*	$-a^*$	b^*
T ₀ (0 g/tanaman)	52,41 ^a	-26,08 ^a	45,71 ^a
T ₁ (50 g/ tanaman)	48,01 ^a	-20,45 ^b	31,95 ^b
T ₂ (100 g/tanaman)	45,98 ^a	-22,86 ^a	36,41 ^b
T ₃ (150 g/tanaman)	44,26 ^b	-21,22 ^a	32,16 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada DMRT α 5%.

L^* : komponen luminositas atau kecerahan warna

a^* : komponen warna merah-hijau (-)

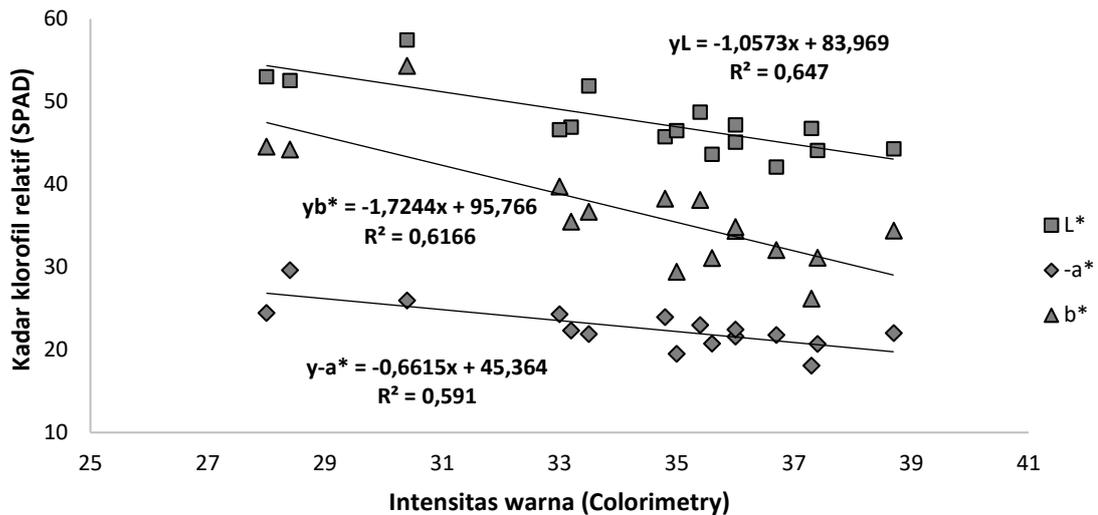
b^* : komponen warna kuning-biru

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa pemberian kompos pada berbagai taraf menghasilkan perbedaan nyata pada notasi penyusun warna daun tanaman kelor L^* , a^* dan b^* . Formulasi warna dapat ditentukan dengan nilai yang diperoleh dari notasi a^* dan b^* . Pada perlakuan tanpa pemberian kompos (T₀) diperoleh nilai tertinggi yaitu L^* (52,41), nilai tertinggi a^* (-26,08) dan nilai tertinggi b^* (45,71).

Perlakuan tanpa pemberian kompos pada daun kelor mempunyai nilai L lebih tinggi (52,41) berarti lebih cerah warnanya dibandingkan daun yang mendapat kompos pada dosis lebih tinggi. Nilai a^* lebih tinggi (-26,08) berarti warna daun lebih hijau dibandingkan dengan daun yang mendapatkan dosis kompos lebih tinggi. Nilai b^* lebih tinggi (45,71) berarti daun lebih kuning dibandingkan dengan daun yang mendapat dosis kompos lebih tinggi.

Peningkatan takaran kompos menyebabkan penurunan nilai L (dari 52,41 menjadi 44,26) menyebabkan daun tampak menjadi lebih gelap, penurunan nilai a^* (dari -26,08 menjadi -21,22) menyebabkan daun berubah dari hijau menjadi abu-abu dan penurunan nilai b^* (dari 45,71 menjadi 32,16) menyebabkan daun berubah dari kuning menjadi abu-abu. Makin tinggi dosis pemupukan, maka daun akan mengandung klorofil lebih banyak, hal ini ditandai dengan warna daun lebih gelap dan lebih hijau. Kadar pigmen yang tinggi pada bahan ekstrak mempengaruhi tingkat kecerahan warna. Ekstrak klorofil daun kelor yang dihasilkan memiliki tingkat kecerahan yang relatif gelap karena konsentrasi klorofilnya tinggi. Makin tinggi konsentrasi pigmen (Manasika & Widjanarko, 2015) menyebabkan tingkat kecerahan menurun dan warna akan menjadi lebih gelap.

Berdasarkan analisis data tingkat kecerahan dan intensitas warna yang telah dilakukan dengan menggunakan Colorimeter menunjukkan hasil yang sejalan dengan analisis kadar klorofil di laboratorium. Berdasarkan pembacaan diagram kromatisitas pada Gambar 3, daun kelor memiliki warna hijau kekuningan dengan nilai luminositas yang tinggi sebanyak 52,41. Makin tinggi nilai luminositas maka tingkat kecerahan lebih tinggi pada daun kelor sebagai tanda kekurangan nutrisi atau unsur hara sehingga produksi beberapa pigmen khususnya klorofil dapat terhambat. Hubungan kadar klorofil relatif dengan tingkat intensitas warna dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Regresi Korelasi Kadar Klorofil Relatif dengan Tingkat Intensitas Warna

Berdasarkan Gambar 6 dapat dinyatakan bahwa makin tinggi kadar klorofil relatif akan menurunkan intensitas warna yang ditandai dengan menurunnya nilai L, -a* dan b. Nilai regresi ketiga nilai L, -a* dan b* lebih besar dari nilai kritis kritis 0,497 menunjukkan bahwa dengan menurunnya intensitas warna akan meningkatkan kadar klorofil relatif secara nyata.

Klorofil a bersifat kurang polar, mempunyai gugus metil (CH₃) dan memiliki rentang warna biru hijau. Klorofil b bersifat polar dan mengikat gugus formil (CHO), memiliki rentang warna kuning hijau (Indrasti et al., 2019). Rasio klorofil a dan b berpengaruh terhadap kemampuan zat melarut pada pelarut air. Klorofil lebih mudah larut pada pelarut air apabila rasio klorofil a dan b tidak berbeda jauh. Menurut Iriyani & Nugrahani (2014); Hsu et al. (2013), klorofil mengandung enzim yang berfungsi menetralkan aktivitas radikal bebas, dan turunan klorofil yang berperan sebagai antioksidan dalam mencegah kerusakan DNA yaitu *pheophytin*, *chlorophyllide*, dan *pheophorbide*.

Selain pengaruh pemberian nutrisi dalam meningkatkan intensitas warna dan pigmen klorofil, keadaan lingkungan juga sebagai faktor dalam peningkatan pigmen-pigmen di dalam daun untuk memproduksi zat hijau. Klorofil sangat mudah terdegradasi akibat paparan suhu tinggi dan intensitas cahaya yang mengakibatkan perubahan warna menjadi kekuningan akibat terjadi perubahan klorofil b menjadi feofitin b (Du et al., 2014). Klorofil rentan mengalami degradasi warna selain karena faktor lingkungan juga faktor enzimatik. Klorofil merupakan senyawa yang sangat sensitif dan sangat mudah terdegradasi. Stabilitas warna klorofil dipengaruhi oleh pH, suhu, dan cahaya (Riansyah et al., 2021). Klorofil stabil pada pH tinggi dan suhu rendah.

Intensitas cahaya matahari merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kadar pigmen klorofil baik secara langsung maupun tidak langsung. Intensitas cahaya berperan penting dalam keberlangsungan aktivitas fisiologi pada tanaman kelor. Intensitas cahaya matahari yang terlalu rendah atau tinggi dapat merusak pigmen klorofil dan menyebabkan proses fotosintesis terganggu. Menurut Abigail et al. (2015) intensitas cahaya matahari yang sesuai memacu klorofil untuk melakukan proses fotosintesis secara efektif.

KESIMPULAN

Pemberian kompos sebanyak 110,80 g/tanaman akan menghasilkan kadar klorofil relatif maksimum 36,19 unit SPAD. Pemberian kompos sebanyak 119,90 g/tanaman akan menghasilkan kadar klorofil a maksimum 25,64 mg/L. Peningkatan dosis kompos menurunkan nilai luminositasi, nilai a* dan b* sehingga warna daun dari terang menjadi lebih gelap, hijau ke arah abu-abu dan kuning ke arah abu-abu yang menunjukkan menurunnya intensitas warna akan meningkatkan kadar klorofil relatif secara nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ungkapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan *Malaysian Agriculture Research and Development Institute* atas dukungan fasilitas program dan publikasi artikel ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abigail, W., Zainuri, M., Tisiana Dwi Kuswardani, A., & Setiyo Pranowo, W. (2015). Sebaran nutrisi, intensitas cahaya, klorofil-a dan kualitas air di Selat Badung, Bali pada Monsun Timur. *Depik*, 4(2), 87–94. <https://doi.org/10.13170/depik.4.2.2494>
- Ajiningrum, P. S. (2018). Kadar Total Pigmen Klorofil Tanaman *Avicennia marina* pada Tingkat Perkembangan Daun yang Berbeda. *Stigma: Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 11(02), 52–59. <https://doi.org/10.36456/Stigma.Vol11.No02.A1734>
- Dahlianah, I. (2015). Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos dan Pengaruhnya terhadap Tanaman dan Tanah. *Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian*, 10(1), 10–13. <https://doi.org/10.32502/JK.V10I1.190>
- Du, L., Yang, X., Song, J., Ma, Z., Zhang, Z., & Pang, X. (2014). Characterization of the stage dependency of high temperature on green ripening reveals a distinct chlorophyll degradation regulation in banana fruit. *Scientia Horticulturae*, 180, 139–146. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.10.026>
- Esteban, R., Barrutia, O., Artetxe, U., Fernández-Marín, B., Hernández, A., & García-Plazaola, J. I. (2015). Internal and external factors affecting photosynthetic pigment composition in plants: a meta-analytical approach. *New Phytologist*, 206(1), 268–280. <https://doi.org/10.1111/NPH.13186>
- Fajri, F., Rahmatu, R., & Alam, N. (2018). Kadar Klorofil dan Vitamin C Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dari Berbagai Ketinggian Tempat Tumbuh. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (E-Journal)*, 6(2), 152–158. <http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/270>
- Febrianna, M., Prijono, S., & Kusumarini, N. (2018). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen Serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan, Universitas Brawijaya*, 5(2), 1009–1018. <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/226>
- Hsu, C.-Y., Chao, P.-Y., Hu, S.-P., Yang, C.-M., Hsu, C.-Y., Chao, P.-Y., Hu, S.-P., & Yang, C.-M. (2013). The Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Chlorophylls and Pheophytins. *Food and Nutrition Sciences*, 4(8), 1–8. <https://doi.org/10.4236/FNS.2013.48A001>
- Indrasti, D., Andarwulan, N., Purnomo, E. H., & Wulandari, N. (2019). Klorofil Daun Suji: Potensi dan Tantangan Pengembangan Pewarna Hijau Alami. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 109–116. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.2.109>
- Iriyani, D., & Nugrahani, P. (2014). Kandungan Klorofil, Karotenoid, dan Vitamin C Beberapa Jenis Sayuran Daun pada Pertanian Periurban di Kota Surabaya. *Jurnal Matematika Sains Dan Teknologi*, 15(2), 84–90. <https://jurnal.ut.ac.id/index.php/jmst/article/view/389>
- Mahardika, I. K., Baktiarso, S., Qowasmi, F. N., Agustin, A. W., & Adelia, Y. L. (2023). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Proses Perkecambah Kacang Hijau pada Media Tanam Kapas. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(3), 312–316. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7627199>
- Manasika, A., & Widjanarko, S. B. (2015). Ekstraksi Pigmen Karotenoid Labu Kabocha Menggunakan Metode Ultrasonik (Kajian Rasio Bahan: Pelarut Dan Lama Ekstraksi). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 928–938. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/215>

- Novita, A., Saragih, S., Lubis, E., Rahman Cemda, A., & Julia, H. (2021). Respon Pertumbuhan Rumput Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) terhadap Pemberian Asam Askorbat pada Kondisi Tercekam Salinitas. *Agrica Ekstensia*, 15(1), 21–26. <https://doi.org/10.55127/AE.V15I1.68>
- Nurchayani, E., Rahmadani, D. D., Wahyuningsih, S., & Mahfut, M. (2020). Analisis Kadar Klorofil Pada Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Terinduksi Indole Acetic Acid (IAA) Secara in Vitro. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1), 15–23. <https://doi.org/10.23960/AEC.V5I1.2020.P15-23>
- Panjaitan, E., Silaen, S., Damanik, R. D., & Damanik, R. D. (2019). Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) terhadap Pemberian Pupuk Kandang dan Mikroorganisme Lokal (MOL). *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.31289/AGR.V4I1.2712>
- Pérez-gálvez, A., Viera, I., & Roca, M. (2020). Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants*, 9(6), 1–39. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX9060505>
- Prpto Yudono. (2014). *Pengantar Ilmu Pertanian*. Gadjah Mada University Press.
- Riansyah, H., Maulidya Maharani, D., Nugroho, A., Teknologi Industri Pertanian, J., Pertanian, F., Lambung Mangkurat Jalan Yani Km, U. A., & Selatan, K. (2021). Intensitas dan Stabilitas Warna Ekstrak Daun Pandan, Suji, Katuk, dan Kelor Sebagai Sumber Pewarna Hijau Alami. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(1), 103–112. <https://doi.org/10.26578/JRTI.V15I1.6549>
- Rifani, M. M., & Astuti, N. (2015). Pengaruh Proporsi Tepung Terigu dan Tepung Komposit (Tepung Suweg dan Tepung Kacang Hijau) terhadap Sifat Organoleptik Mie Kering. *E-Journal Boga*, 4(1), 167–176. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-tata-boga/article/view/10698/10299>
- Sinaga, M., & Bastian, H. (2022). Peningkatan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*, L) melalui Aplikasi Pupuk Organik pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *PIPER*, 18(1). <https://doi.org/10.51826/PIPER.V18I1.615>
- Sulistiani, R., Saragih, S. A., Asritanarni Munar, & Bayu Bonar Pratama Pohan. (2023). Peningkatan Produksi Daun dan Kadar Protein Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Aplikasi Pupuk Organik pada Lahan Spesifik Lokasi/ Increasing Leaf Production and Protein Content of Moringa (*Moringa oleifera*) by Application of Organic Fertilizers on Specific L. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*, 8(1). <https://doi.org/10.35329/AGROVITAL.V8I1.3681>