

Color Diversity of *Moringa oleifera* Plants in Essang Village Based on Morphology

Hana Carolina Elisabeth Farneubun^{1*} & Endry Nugroho Prasetyo¹

¹Biology Department, Faculty of Science and Data Analytics, Institute Technology of Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia;

Article History

Received : December 10th, 2025

Revised : December 20th, 2025

Accepted : December 31th, 2025

*Corresponding Author: **Endry Nugroho Prasetyo**, Biology Department, Faculty of Science and Data Analytics, Institute Technology of Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia; Email: endry@its.ac.id

Abstract: *Moringa (Moringa oleifera)* is a nutritionally rich multipurpose plant that is locally cultivated on Poteran Island, Sumenep Regency, where community members in Essang Village traditionally distinguish moringa plants based on petiole color. Based on this local classification, this study aimed to assess the phenotypic diversity and kinship relationships among moringa plants in Essang Village through morphological characterization. Sampling was conducted randomly on ten individual plants, and observed characters included petiole color, leaf apex shape, leaf margin, leaf surface color, stem color, and vegetative organ dimensions. Morphological data were analyzed using MVSP software to generate a dendrogram illustrating kinship relationships. The identification results revealed four petiole-based color groups—white, green, purple, and red—with distinct morphological patterns. Cluster analysis indicated a close kinship relationship between the white and green groups, while the purple and red groups formed a separate cluster. Key distinguishing traits among the groups included petiole color, leaf apex shape, and leaf margin characteristics. Overall, this study demonstrates the presence of local-level phenotypic diversity in *M. oleifera* populations, providing valuable baseline information for taxonomic studies and supporting local germplasm conservation and sustainable utilization efforts.

Keywords: Essang, *Moringa oleifera*, Morphology, Petiole Color, Phenotypic.

Pendahuluan

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan spesies multiguna yang berasal dari wilayah Asia Selatan, khususnya Afghanistan, Bangladesh, India, dan Pakistan, serta dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi kering dan kemampuan adaptasi yang luas di wilayah tropis dan subtropis (Khan et al., 2023). Tanaman ini dijuluki “*Miracle Tree*” karena hampir seluruh bagian tanamannya dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi esensial dan senyawa bioaktif dengan nilai pangan dan kesehatan yang tinggi (Juliana et al, 2025; Sivakumar, 2024). Berbagai kajian terkini menunjukkan bahwa kelor tidak hanya penting sebagai tanaman pangan fungsional, tetapi juga sebagai sumber daya genetik yang

berpotensi dikembangkan secara berkelanjutan di wilayah marginal dan kering (Salsi et al., 2025).

Kelor di Indonesia tersebar luas dan tumbuh baik pada berbagai kondisi agroekologi, termasuk di Pulau Poteran, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Sejak tahun 2018, Pulau Poteran ditetapkan sebagai salah satu wilayah pengembangan kelor karena populasi tanaman yang melimpah serta adaptasinya yang baik terhadap iklim kering dan tanah berkapur. Secara lokal, masyarakat Pulau Poteran, khususnya di Desa Essang, telah lama mengenal dan mengelompokkan tanaman kelor berdasarkan karakter visual, terutama warna tangkai daun. Kelompok tersebut dikenal dengan sebutan *Marongghi pote* (putih), *Marongghi bhiru* (hijau),

Marongghi bungo (ungu), dan *Marongghi odeng* (merah) (Atikasari et al., 2018). Klasifikasi tradisional ini menunjukkan adanya variasi fenotipik yang nyata dalam satu spesies.

Variasi morfologi dalam satu spesies merupakan indikator awal adanya keragaman genetik yang penting bagi konservasi plasma nutfah dan program pemuliaan tanaman. Pendekatan taksonomi fenotipik melalui analisis karakter morfologi masih banyak digunakan sebagai metode dasar yang efektif, sederhana, dan aplikatif untuk mendokumentasikan keanekaragaman tanaman, terutama pada skala lokal (Ara et al., 2024). Studi-studi lima tahun terakhir menegaskan bahwa karakter morfologi vegetatif tetap relevan untuk mengungkap pola kekerabatan fenotipik, terutama pada tanaman yang belum banyak dikaji secara molekuler di tingkat populasi lokal.

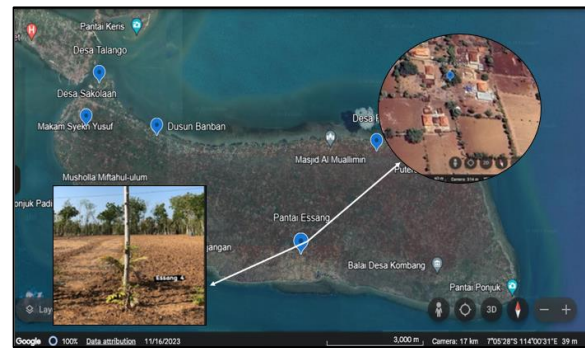
Meskipun keberadaan kelompok warna kelor di Pulau Poteran telah dilaporkan dalam beberapa penelitian sebelumnya, kajian tersebut umumnya bersifat deskriptif umum dan belum didukung oleh analisis morfologi kuantitatif serta analisis kekerabatan fenotipik berbasis multivariat. Selain itu, sebagian besar penelitian masih berfokus pada tingkat pulau atau wilayah yang lebih luas, sehingga informasi spesifik pada tingkat desa khususnya Desa Essang masih sangat terbatas. Hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang secara sistematis mengombinasikan karakterisasi morfologi vegetatif dengan analisis hubungan kekerabatan fenotipik antar kelompok warna tangkai daun kelor pada skala komunitas lokal.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan karakter morfologi tanaman kelor di Desa Essang berdasarkan kelompok warna tangkai daun, serta menganalisis hubungan kekerabatan fenotipik antar kelompok tersebut menggunakan pendekatan analisis multivariat (Alan et al., 2025). Penelitian ini memiliki urgensi sebagai penyedia data dasar keanekaragaman fenotipik kelor lokal yang penting bagi upaya konservasi plasma nutfah, penguatan pengetahuan lokal, serta pengembangan dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya genetik kelor di wilayah kering Indonesia.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 di Desa Essang, Pulau Poteran, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur (Gambar 1). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif–kuantitatif dengan pendekatan taksonomi fenotipik melalui karakterisasi morfologi. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan variasi fenotipik tanaman kelor berdasarkan kelompok warna tangkai daun (Hamada et al., 2024).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Desa Essang (Google Earth, 2023)

Alat dan bahan

Alat yang digunakan meliputi pisau, penggaris, meteran, kamera digital, alat tulis, kantong plastik berpererekat (*ziplock*), label, dan *cool box*. Bahan penelitian berupa sampel daun, tangkai daun, bunga, dan buah dari sepuluh individu tanaman kelor (*M. oleifera*) yang diambil secara acak di lokasi penelitian.

Pengambilan data

Pengambilan dan Pengolahan Sampel

Sebanyak sepuluh individu tanaman kelor dipilih secara acak dan diberi kode ES1 hingga ES10. Bagian tanaman yang diambil berupa ranting dengan daun dewasa berwarna hijau tua dari nodus hingga bagian terminal. Sampel dimasukkan ke dalam kantong *ziplock* berlabel dan disimpan dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium. Sampel daun selanjutnya

dikeringkan dan disiapkan sebagai herbarium untuk pengamatan lanjutan.

Pengamatan Morfologi

Pengamatan dilakukan terhadap 9 karakter morfologi kualitatif dan kuantitatif. Karakter kualitatif meliputi warna tangkai (daun dan anak daun), warna permukaan daun (adaksial dan abaksial), bentuk ujung daun, tepi daun, warna batang, dan sifat permukaan batang. Karakter kuantitatif meliputi keliling batang dan panjang sampel daun. Pengamatan bunga dan buah dilakukan jika ditemukan di lokasi.

Analisis data

Data karakter morfologi kualitatif dikonversi menjadi data biner (0 dan 1) untuk menunjukkan ada atau tidaknya suatu sifat. Data kuantitatif digunakan sebagai pendukung deskripsi. Seluruh data kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak MVSP (*Multivariate Statistical Package*) versi 3.1 dengan metode UPGMA (*Unweighted Pair*

Group Method with Arithmetic Mean) dan koefisien *Simple Matching* untuk mengkonstruksi dendrogram yang menggambarkan hubungan kekerabatan fenotipik antar sampel (Alan et al., 2025).

Hasil dan Pembahasan I

Variasi Morfologi Daun dan Kelompok Warna Tanaman Kelor (*M. oleifera*)

Hasil pengamatan yang dilakukan secara morfologi menunjukkan bahwa tanaman kelor di Desa Essang terbagi ke dalam empat kelompok warna berdasarkan karakter tangkai daun, yaitu putih, hijau, ungu, dan merah. Variasi morfologi paling menonjol ditemukan pada warna tangkai daun, bentuk ujung daun, dan tepi daun. Sedangkan karakter dasar seperti tipe daun dan susunan tulang daun relatif seragam pada seluruh aksesori. Perbedaan warna permukaan daun antara kelompok hijau-putih dan ungu-merah juga menjadi ciri visual utama yang membedakan masing-masing kelompok.

Tabel 1. Tabel Karakter Morfologi Tanaman Kelor Desa Essang

Kode Sampel	Warna Tangkai		Warna Daun		Bentuk		Warna Batang	Sifat Permukaan Batang	Keliling Batang (cm)	Panjang Sampel Daun (cm)
	Daun	Anak Daun	Adaksial	Abaksial	Ujung Daun	Tepi Daun				
ES 1	Hijau	Hijau	Hijau Tua	Hijau Tua	<i>Obcordatus</i>	<i>Entire</i>	Kelabu	Kasar	36	44.0
ES 2	Hijau	Hijau	Hijau Tua	Hijau Tua	<i>Obcordatus</i>	<i>Entire</i>	Kelabu	Kasar	49	29.5
ES 3	Merah Kehijauan	Merah Kehijauan	Hijau	Hijau	<i>Obtus</i>	<i>Undulatus</i>	Abu kecokelatan	Kasar	48	27.0
ES 4	Merah Keunguan	Merah Keunguan	Hijau	Hijau	<i>Obtus</i>	<i>Undulatus</i>	Cokelat	Kasar	50	28.7
ES 5	Hijau	Hijau	Hijau Tua	Hijau Tua	<i>Obcordatus</i>	<i>Entire</i>	Kelabu	Kasar	88	21.0
ES 6	Merah Kehijauan	Merah Kehijauan	Hijau	Hijau	<i>Obtus</i>	<i>Undulatus</i>	Abu kecokelatan	Kasar	76	31.0
ES 7	Hijau	Hijau	Hijau Tua	Hijau Tua	<i>Obcordatus</i>	<i>Entire</i>	Kelabu	Kasar	55	30.3
ES 8	Merah Kehijauan	Merah Kehijauan	Hijau	Hijau	<i>Obtus</i>	<i>Undulatus</i>	Abu kecokelatan	Kasar	20	28.3
ES 9	Hijau Keputihan	Hijau Keputihan	Hijau Tua	Hijau Tua	<i>Obcordatus</i>	<i>Entire</i>	Kelabu	Kasar	58	40.5
ES 10	Merah Kehijauan	Merah Kehijauan	Hijau	Hijau	<i>Obtus</i>	<i>Undulatus</i>	Abu Kecokelatan	Kasar	59	44.0

Variasi morfologi daun pada tanaman kelor di Desa Essang menunjukkan pola yang terstruktur dan konsisten antar kelompok warna yang ditunjukkan oleh data kualitatif dan kuantitatif pada Tabel 1, serta visualisasi pada Gambar 2. Kelompok kelor putih (ES9) dan hijau

(ES1, ES2, ES5, dan ES7) dicirikan oleh leaflet berbentuk bulat ke dalam (*obcordatus*) dengan ujung daun membulat ke dalam (apex retuse ringan), tepi daun rata (*entire*), serta panjang daun berkisar antara 21–44 cm. Sedangkan kelompok kelor ungu (ES4) dan merah (ES3,

ES6, ES8, dan ES10) memiliki ujung daun tumpul (*obtusus*), tepi daun bergelombang (*undulatus*), dan bentuk leaflet *elliptic-obovate* yang relatif lebih lebar. Secara kuantitatif, keliling batang aksesi kelor berkisar antara 20 cm hingga 88 cm, dengan nilai tertinggi ditemukan pada aksesi ES5 dan terendah pada ES8. Sifat permukaan pada setiap batang tanaman kelor adalah sama, yaitu memiliki permukaan yang kasar.



Gambar 2. Morfologi sampel warna tangkai daun kelor (*M. oleifera*) (A : putih, B : hijau, C : ungu, D : merah) (Dokumentasi pribadi, 2023)

Perbedaan morfologi ini didukung oleh hasil analisis multivariat. Kelompok putih-hijau menunjukkan tingkat kemiripan intra-kelompok yang tinggi (85–92% berdasarkan indeks Jaccard) dan berkontribusi signifikan terhadap sumbu PC2, sementara kelompok ungu-merah mendominasi sumbu PC1 yang menjelaskan lebih dari separuh variasi morfologi total (Khan et al., 2023). Secara fisiologis, karakter daun dengan margin *entire* dan ujung cekung ringan pada kelompok putih-hijau diduga bersifat adaptif terhadap kondisi iklim semi-arid Essang melalui potensi pengurangan kehilangan air

akibat transpirasi, sedangkan tepi daun bergelombang pada kelompok ungu-merah, dengan amplitudo gelombang sekitar 0,5–1 mm, berpotensi meningkatkan luas permukaan fotosintetik hingga 12–15% pada lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi (Labbassi et al., 2025). Pola morfologi tersebut juga menunjukkan kesesuaian dengan aksesi kelor dari wilayah lain.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ruiz-Hernández et al. (2021), kelompok putih-hijau menyerupai aksesi G1 asal Meksiko yang memiliki ciri daun *obcordatus* dan margin *entire*, sedangkan kelompok ungu-merah memiliki kemiripan dengan aksesi Y2 yang berciri ujung *obtusus* dan margin *undulatus*. Selain karakter daun, variasi kualitatif paling mencolok terdapat pada warna tangkai daun dan tangkai anak daun, yang menjadi dasar pengelompokan aksesi ke dalam empat kelompok warna, sementara karakter kuantitatif seperti keliling batang (20–88 cm) dan panjang daun menunjukkan perbedaan ukuran vegetatif antaraksesi. Secara keseluruhan, meskipun seluruh aksesi termasuk dalam satu spesies, hasil ini menegaskan adanya diferensiasi fenotipik yang jelas dan terstruktur pada populasi kelor lokal di Desa Essang, yang kemungkinan mencerminkan interaksi antara latar belakang genetik dan adaptasi ekologis setempat berdasarkan studi morfologi kelor di wilayah lain.

Gambar 3 menunjukkan adanya variasi morfologi pada tangkai daun dan permukaan daun tanaman kelor yang dikelompokkan berdasarkan empat warna utama. Pada kelompok kelor putih dan hijau (Gambar 3A dan 3B), permukaan daun bagian adaksial dan abaksial umumnya berwarna hijau tua hingga hijau gelap. Sebaliknya, pada kelompok kelor ungu dan merah (Gambar 3C dan 3D), kedua permukaan daun tersebut cenderung berwarna hijau lebih muda. Perbedaan warna juga teramati pada bagian cabang tangkai daun. Kelompok putih menunjukkan warna hijau keputihan, kelompok hijau berwarna hijau, kelompok ungu memperlihatkan warna merah keunguan, dan kelompok merah menunjukkan warna merah kehijauan.

Kelompok kelor berdaun putih dan hijau, permukaan daun bagian adaksial dan abaksial umumnya berwarna hijau tua akibat dominasi

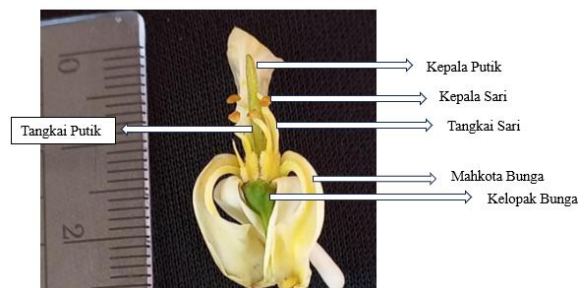
klorofil sebagai pigmen utama fotosintetik. Sebaliknya, pada kelompok kelor ungu dan merah, warna daun cenderung hijau lebih muda yang berkaitan dengan akumulasi antosianin sehingga menurunkan intensitas klorofil (Han et al., 2024). Perbedaan komposisi pigmen ini menghasilkan variasi warna daun. Klorofil mempertahankan tonus hijau, sedangkan antosianin—terutama cyanidin dan delphinidin—menyebabkan pewarnaan merah hingga ungu pada jaringan epidermis daun (Fu et al., 2021). Secara fisiologis, antosianin berperan sebagai pelindung fotosistem terhadap stres cahaya tinggi dan kondisi lingkungan ekstrem. Studi yang dilakukan oleh Zeliou et al. (2022) menunjukkan bahwa akumulasi antosianin sering meningkat pada tanaman yang tumbuh di lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi dan ketersediaan hara terbatas, kondisi yang sesuai dengan karakteristik ekologi Pulau Poteran.



Gambar 3. Gambar sampel tangkai daun kelor (*M. oleifera*) (A : Tangkai warna putih, B : Tangkai warna hijau, C : Tangkai warna ungu, dan D : Tangkai warna merah) (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Ekspresi dan akumulasi pigmen tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik, termasuk regulasi transkripsi dan peran RNA *non-coding*, serta faktor lingkungan seperti intensitas cahaya tinggi, suhu rendah, dan keterbatasan unsur hara,

khususnya fosfor. Selain itu, Liu et al. (2021) melaporkan bahwa variasi warna daun berkaitan dengan regulasi transkripsi gen klorofilase dan enzim biosintesis pigmen lainnya, yang sensitif terhadap cahaya dan suhu. Cahaya berperan penting dalam biosintesis klorofil dengan meningkatkan aktivitas enzim yang terlibat dalam jalur pembentukannya, di antaranya klorofilase yang berfungsi mengkatalisis konversi protoklorofilid menjadi protoklorofilid a, suatu tahap yang secara fisiologis bergantung pada keberadaan cahaya (da Silva et al., 2020).



Gambar 4. Gambar sampel bunga kelor (*M. oleifera*) (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel bunga yang ditemukan di Desa Essang berasal dari tanaman kelor (*Moringa oleifera*) varietas hijau dengan karakter morfologi yang konsisten dengan deskripsi spesies tersebut. Bunga berukuran relatif kecil, dengan panjang rata-rata 2,5 cm dan lebar 1,1 cm, memiliki mahkota berwarna putih dengan pangkal kehijauan, serta tersusun pada ketiak daun (aksilar). Secara morfologi, bunga bersifat hermafrodit dan bertipe zigomorfik, ditandai oleh adanya garis nektar berwarna kuning kontras pada mahkota yang berfungsi sebagai isyarat visual bagi penyerbuk. Struktur reproduktif bunga terdiri atas lima filamen pendek dan lima filamen panjang yang melengkung, yang berperan penting dalam memfasilitasi kontak antara antera dan stigma dengan tubuh serangga penyerbuk. Selain itu, bunga menghasilkan aroma harum yang kuat, berperan sebagai atraktan kimia yang meningkatkan kunjungan serangga, khususnya dari ordo Hymenoptera, sehingga mendukung terjadinya penyerbukan silang yang efisien (Ruiz-Hernández et al., 2021).

Kelopak bunga berwarna hijau kekuningan, berbulu, dan terfiksasi pada bagian dorsal, yang diduga berfungsi melindungi organ reproduktif serta membantu mempertahankan

kelembapan jaringan bunga pada fase awal perkembangan. Karakteristik morfologi dan fungsional tersebut menunjukkan adanya adaptasi penyerbukan entomofili yang kuat pada kelor varietas hijau berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kombinasi simetri zigomorfik, struktur filamen melengkung, garis nektar kontras, dan aroma manis berperan signifikan dalam meningkatkan efisiensi penyerbukan silang pada *M. oleifera* (Kerdoncuff et al., 2025).

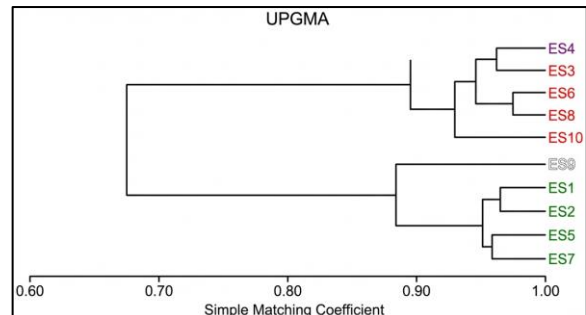
Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan Vaknin et al. (2021) yang menyatakan bahwa bunga kelor umumnya bersifat zigomorfik, berwarna putih hingga putih kekuningan, beraroma harum, dan tersusun pada ketiak daun. Namun demikian, ukuran bunga dan intensitas warna pangkal mahkota dapat bervariasi antar populasi, yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan lokal, seperti kondisi iklim dan ketersediaan hara. Secara keseluruhan, karakter morfologi bunga kelor varietas hijau di Desa Essang menunjukkan keseragaman dengan deskripsi taksonomi spesies kelor sekaligus mencerminkan potensi adaptasi lokal (Mahdy et al., 2021). Temuan ini memperkuat pentingnya karakter bunga sebagai penunjang identifikasi taksonomi dan sebagai indikator variasi fenotipik dalam kajian keanekaragaman hayati kelor di tingkat lokal.

Hasil dan Pembahasan II

Hubungan Kekerabatan Fenotipik Antar Kelompok Warna Kelor

Analisis multivariat terhadap tujuh karakter morfologi pembeda menghasilkan dendrogram hubungan kekerabatan fenotipik yang mengelompokkan sepuluh aksesi kelor ke dalam beberapa klaster utama (Gambar 5). Nilai indeks similaritas menunjukkan adanya tingkat kemiripan yang bervariasi antar kelompok warna. Pola pengelompokan ini memperlihatkan bahwa beberapa kelompok warna memiliki kedekatan fenotipik yang lebih tinggi dibandingkan kelompok lainnya. Dendrogram UPGMA pada Gambar 5 menggambarkan hubungan kekerabatan fenotipik sepuluh aksesi tanaman kelor (*M. oleifera*) di Desa Essang berdasarkan koefisien *Simple Matching*. Sumbu horizontal menunjukkan nilai koefisien kemiripan yang berkisar antara 0,60 hingga 1,00.

Nilai yang semakin mendekati 1,00 menunjukkan tingkat kemiripan morfologi yang semakin tinggi antaraksesi (Alan et al., 2025; Chedao et al., 2025).



Gambar 5. Dendrogram kekerabatan tanaman kelor (*Moringa oleifera*) di Pulau Poteran

Hasil analisis dendrogram, aksesi tanaman kelor terbagi ke dalam dua klaster utama. Klaster pertama terdiri atas aksesi ES9 (kelor putih) yang mengelompok bersama aksesi kelor hijau, yaitu ES1, ES2, ES5, dan ES7. Pengelompokan ini terbentuk pada nilai koefisien kemiripan sekitar 0,87. Hal ini menunjukkan tingkat kemiripan morfologi yang tinggi di antara aksesi-aksesi tersebut. Kesamaan ini terutama ditentukan oleh karakter morfologi daun, seperti bentuk ujung daun *obcordatus*, tepi daun *entire*, serta warna permukaan daun hijau tua pada bagian adaksial dan abaksial. Sedangkan klaster kedua terdiri atas aksesi kelor ungu (ES4) dan kelor merah (ES3, ES6, ES8, dan ES10). Aksesi dalam klaster ini menunjukkan tingkat kemiripan internal yang relatif tinggi dengan nilai koefisien kemiripan sekitar 0,84. Kesamaan morfologi pada klaster ini ditunjukkan oleh karakter ujung daun *obtus*, tepi daun *undulatus*, serta warna tangkai daun dan batang yang cenderung merah kehijauan hingga merah keunguan (Muslihatin et al., 2022; Bharathi et al., 2024).

Kedua klaster utama tersebut selanjutnya bergabung pada nilai koefisien kemiripan sekitar 0,60, yang mencerminkan tingkat kemiripan fenotipik yang lebih rendah antara kelompok hijau–putih dan kelompok ungu–merah. Nilai ini menunjukkan adanya diferensiasi morfologi yang jelas antar kelompok warna kelor, meskipun seluruh aksesi masih termasuk dalam satu spesies yang sama (Ramadhani & Purnomo, 2023). Secara keseluruhan, dendrogram ini menunjukkan bahwa pengelompokan kelor

berdasarkan warna tangkai daun berkorelasi dengan pola kemiripan morfologi daun dan batang. Aksesi kelor putih dan hijau memiliki hubungan fenotipik yang lebih dekat satu sama lain dibandingkan dengan kelor ungu dan merah. Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi warna tangkai daun dapat digunakan sebagai indikator awal diferensiasi fenotipik pada populasi kelor lokal di Desa Essang, serta berpotensi mencerminkan variasi genetik atau adaptasi ekologis setempat (Febrianty & Damanhuri, 2025).

Pola kekerabatan fenotipik yang terbentuk menunjukkan bahwa kelor putih dan hijau memiliki kedekatan morfologi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelor ungu dan merah. Kesamaan ini terutama ditentukan oleh karakter ujung daun, tepi daun, warna permukaan daun, dan warna batang. Temuan ini mendukung prinsip taksonomi numerik yang menyatakan bahwa semakin banyak karakter yang sama, semakin tinggi tingkat kemiripan fenotipik antar individu (Sharma et al, 2024).

Selain itu, hasil penelitian ini konsisten dengan studi Ara et al. (2024), yang melaporkan bahwa karakter vegetatif seperti warna daun dan bentuk tepi daun merupakan penentu utama dalam pengelompokan fenotipik tanaman tropis pada skala lokal. Namun, berbeda dengan penelitian yang menggunakan pendekatan molekuler, analisis fenotipik dalam penelitian ini tidak dapat sepenuhnya memisahkan pengaruh faktor genetik dan lingkungan. Meskipun demikian, beberapa studi terbaru menunjukkan bahwa karakter warna daun cenderung memiliki heritabilitas tinggi, terutama bila dikaitkan dengan jalur biosintesis pigmen (Zeliou et al., 2022).

Perbedaan klaster fenotipik yang terbentuk antara kelompok kelor hijau–putih dan ungu–merah mengindikasikan adanya kemungkinan diferensiasi genetik atau adaptasi ekologis lokal dalam populasi *Moringa oleifera* di Desa Essang. Pemisahan klaster tersebut menunjukkan bahwa variasi morfologi yang diamati tidak bersifat acak, melainkan terstruktur dan berasosiasi dengan karakter warna jaringan vegetatif. Studi-studi mutakhir menunjukkan bahwa regulasi pigmen daun, khususnya klorofil dan antosianin, sering kali mencerminkan respons adaptif tanaman terhadap kondisi lingkungan spesifik, seperti intensitas cahaya tinggi, cekaman

kekeringan, serta keterbatasan unsur hara. Variasi ekspresi pigmen tersebut dapat dipengaruhi oleh regulasi gen biosintesis pigmen yang berbeda antar populasi, sehingga menghasilkan perbedaan fenotipik yang stabil pada tingkat lokal. (Gómez-Martínez et al., 2024).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Liu et al (2021) yang menyatakan bahwa akumulasi antosianin pada daun dan batang sering berkorelasi dengan mekanisme adaptasi terhadap stres lingkungan, termasuk perlindungan terhadap radiasi berlebih dan stres oksidatif, sementara dominasi klorofil berkaitan dengan strategi efisiensi fotosintesis pada kondisi lingkungan yang relatif stabil. Dengan demikian, perbedaan klaster antara kelompok hijau–putih dan ungu–merah pada penelitian ini berpotensi mencerminkan kombinasi antara variasi genetik dan tekanan seleksi ekologis setempat yang bekerja pada populasi kelor di Pulau Poteran. Implikasi dari hasil ini adalah bahwa kelompok warna kelor di Desa Essang berpotensi merepresentasikan unit plasma nutfah lokal yang berbeda. Oleh karena itu, setiap kelompok warna perlu dipertimbangkan secara terpisah dalam upaya konservasi dan pengembangan kelor sebagai tanaman pangan fungsional di wilayah kering.

Kesimpulan

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) di Desa Essang, Pulau Poteran, menunjukkan adanya keragaman fenotipik yang jelas berdasarkan karakter morfologi, khususnya warna tangkai daun. Berdasarkan analisis morfologi dan hubungan kekerabatan fenotipik, kelor di lokasi penelitian terbagi ke dalam empat kelompok, yaitu kelor putih, hijau, ungu, dan merah. Kelompok kelor putih dan hijau memiliki tingkat kemiripan morfologi tertinggi dibandingkan dengan kelompok ungu dan merah. Keragaman morfologi ini menunjukkan potensi plasma nutfah lokal yang penting untuk konservasi dan pengembangan kelor secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada masyarakat Desa Essang atas izin dan bantuan selama pengambilan sampel di lapangan. Terima

kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, atas fasilitas dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Alan, F., Uzun, A., & Pınar, H. (2025). Genetic diversity and population structure of some blackberry genotypes collected from different parts of Türkiye using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 72, 9001–9019. <https://doi.org/10.1007/s10722-025-02498-6>
- Ara, C., Wardoyo, E. R. P., & Ifadatin, S. (2024). Hubungan kekerabatan tanaman talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) di Kabupaten Bengkayang berdasarkan karakter morfologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 1410–1421. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11129>
- Atikasari, I., Purwani, K. I., & Prasetyo, E. N. (2018). The antioxidant and antimicrobial capacity of several varieties of *Moringa oleifera* cultivar leaf extract from Poteran Island, Sumenep Regency. In *Proceedings of the 4th International Biology Conference* (October 13, 2018). Biology Department, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bharathi, S., Nageswari, K., Rajangam, J., Anand, G. F., Geetharani, P., & Rajesh, S. (2024). Diversity analysis of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) mutant populations revealing extensive genetic variability for the morphological traits. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(3), 1006–1014. <https://doi.org/10.31018/jans.v16i3.5640>
- Chedao, N., Pandey, A. C., & Suraninpong, P. (2025). Identification of indigenous Thai Phlegmarius genotypic population by integrating morphological and molecular studies. *Plants*, 14(9), Article 1400. <https://doi.org/10.3390/plants14091400>
- da Silva, R. R., Ribeiro de Souza, R., Coimbra, M., Nery, F., Alvarenga, A., & Paiva, R. (2020). Light quality on growth and phenolic compounds accumulation in *Moringa oleifera* L. grown in vitro. *Comunicata Scientiae*, 11, e3313. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i.3313>
- Febrianty, N., & Damanhuri. (2025). Analysis of variability, genetic similarity and distribution of moringa (*Moringa oleifera* L.) based on morphological characters in Boyolali Regency. *Plantropica: Journal of Agricultural Science*, 10(1), 21–31. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2025.010.1.1>
- Fu, M., Cheng, S., Xu, F., Chen, Z., Liu, Z., Zhang, W., Zheng, J., & Wang, L. (2021). Advance in mechanism of plant leaf colour mutation. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(2), Article 12071. <https://doi.org/10.15835/nbha49212071>
- Gómez-Martínez, M., García-Ortiz, J. D., & Flores-Gallegos, A. C. (2024). Genetic and cytogenetic analysis of *Moringa oleifera* short and long capsule phenotypes using ISSR markers. *Reproductive Biology*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.repbre.2024.10.002>
- Hamada, F. A., Abdalla, A. M., Mahdy, E. M. M., El-Taher, A. M., Salama, S. S., Rashed, R., El-Bakatoushi, M. B. M., Abdel-Aziz, H. S., Gad, M. A., & Ramadan, T. (2024). Genetic, phytochemical and morphological identification and genetic diversity of selected *Moringa* species. *Scientific Reports*, 14, Article 30476. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79148-x>
- Han, M., Liu, R., Han, M., Yang, X., Du, F., Chen, X., Huang, S., Luo, S., & Han, D. (2024). Anthocyanin accumulation and chlorophyll degradation lead to the formation of colourful leaves of *Syringa oblata* in autumn. *Acta Botanica Brasiliica*, 38, e20230226. <https://doi.org/10.1590/1677-941X-ABB-2023-0226>
- Juliana, D., Simanjuntak, K., Susantiningsih, T., Purwaningsih, D., Djasfar, S., Budi, I., Jonesti, W., & Arista, R. (2025). Literatur review: Tumbuhan kelor (*Moringa oleifera*) sebagai salah satu tumbuhan obat dengan aktivitas farmakologis antioksidan.

- Jurnal Medical Laboratory*, 4(2), 79–93.
<https://doi.org/10.57213/medlab.v4i2.297>
- Kerdoncuff, G., Schatz, B., Ranalli, R., & Thompson, J. (2025). Morphological traits of entomophilous flora. In *Hidden and wild: An integrated study of European wild bees* (pp. 451–489). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-76742-5_14
- Khan, H., Uslu, Ö. S., & Gedik, O. (2023). *Moringa oleifera*: A sustainable intervention to address malnutrition and poverty in Khyber Pakhtunkhwa (KPK)–Pakistan. In *Proceedings of the 1st International Conference on Scientific and Innovative Studies* (pp. 225–229).
- Labbassi, S., Chabbi, N., Afi, C., Telmoudi, M., Karkour, C., Mimouni, A., & Ait Aabd, N. (2025). Phytochemical and leaf morphological characterization of cultivated *Moringa oleifera* Lam. under the semi-arid climate of Morocco. *International Journal of Vegetable Science*, 1–33.
<https://doi.org/10.1080/19315260.2025.2606365>
- Liu, Y., Feng, X., Zhang, Y., Zhou, F., & Zhu, P. (2021). Simultaneous changes in anthocyanin, chlorophyll, and carotenoid contents produce green variegation in pink-leaved ornamental kale. *BMC Genomics*, 22, Article 455.
<https://doi.org/10.1186/s12864-021-07785-x>
- Mahdy, E. M. B., El-Shaer, H. F. A., Sayed, A. I. H., & El-Halwagi, A. (2021). Genetic diversity of local cowpea (*Vigna* spp. (L.) Walp.) accessions cultivated in some regions of Egypt. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(4), 775–789.
<https://doi.org/10.54319/jjbs/140419>
- Muslihatin, W., Saputro, T. B., Latifah, N. I., & Himayani, C. E. S. (2022). The genetic diversity of *Moringa oleifera* on Poteran Island, Madura based on petiole colors using ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) method. *Advances in Biological Sciences Research*, 22, 39–46.
<https://doi.org/10.2991/absr.k.220309.007>
- Ramadhani, A. S., & Purnomo. (2023). Variasi dan analisis fenetik bavoia (*Cleome gynandra* L.) di Sulawesi Tengah berdasarkan penanda morfologis. *Jurnal Penelitian Saintek*, 28(2), 118–131.
<https://doi.org/10.21831/jps.v1i2.50830>
- Ruiz-Hernández, R. R., Pérez-Vázquez, A., García Pérez, E., Landeros Sánchez, C., Morales Trejo, F., & Soto Hernández, R. M. (2021). Morphological characterization of *Moringa oleifera* accessions from the South-Southeast of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1263–1276.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2632>
- Salsi, G., Greco, C., Laudicina, V. A., Lucia, C., Muscarella, S. M., Greco, G., Orlando, S., Fascella, G., & Mammano, M. M. (2025). Preliminary results of *Moringa oleifera* Lam. grown in a semi-arid Mediterranean environment in a climate change scenario. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1576147>
- Sharma, P., Kachhwaha, S., Mahendrakar, M. D., Kothari, S. L., & Singh, R. B. (2024). Assessment of the genetic diversity and population structure in *Moringa oleifera* accessions using DNA markers and phenotypic descriptors. *Plant Gene*, Article 100462.
<https://doi.org/10.1016/j.plgene.2024.100462>
- Sivakumar, T. (2024). A review of *Moringa oleifera* (miracle tree) and its potential phytochemistry, traditional, health benefits, and pharmacological applications. *Letters in Applied NanoBioScience*, 14(1), Article 13.
<https://doi.org/10.33263/LIANBS141.013>
- Vaknin, Y., Eisikowitch, D., & Mishal, A. (2021). Floral and pollen traits of *Moringa oleifera* Lam. and *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori provide reproductive adaptation conditions. *Agronomy*, 11(6), <https://doi.org/10.3390/agronomy11061090>
- Zeliou, K., Kyzeridou, A., & Petropoulou, Y. (2022). Exposed red leaves display adaptive adjustments in chlorophyll and photosystem ratios compatible with the shade imposed by anthocyanin accumulation. *Photosynthetica*, 60(1), 70–78.
<https://doi.org/10.32615/ps.2021.062>