

Keragaman Morfologi Tembesu (*Fagraea fragrans Roxb.*) untuk Konservasi dan Pemuliaan

Fawwaz Dinanty¹, Hamzah¹, Anisatul Farikhah¹, Dian Nisya¹, Hafizah
Nahlunnisa¹, Doani Anggi Safira¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email Korespondensi: fawwazdinanty@unja.ac.id

Abstract

Pohon Tembesu (*Fagraea fragrans Roxb.*) merupakan salah satu plasma nutfah lokal bernilai ekonomi tinggi, namun keragaman morfologinya belum banyak dikaji secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan pola keragaman morfologi serta mengelompokkan individu pohon tembesu dari empat lokasi populasi berbeda (L1–L4) di Provinsi Jambi sebagai dasar seleksi materi genetik unggul. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling terhadap 32 individu. Karakter morfologi yang diamati meliputi enam karakter kuantitatif: Diameter Pohon (DP), Tinggi Pohon (TP), Panjang Daun (PD), Lebar Daun (LD), Panjang Tangkai Daun (PT), dan Luas Daun (LAI), dan lima karakter kualitatif (bentuk, ujung, pangkal, tepi, dan pertulangan daun). Data diolah dengan Analisis Ragam (ANOVA GLM), Analisis Komponen Utama (PCA), dan Analisis Kluster Hierarkis. Hasil ANOVA menunjukkan variasi fenotipik yang signifikan pada semua karakter kuantitatif. PCA menjelaskan sebagian besar keragaman yang didorong oleh gradien Kelembaban (berkorelasi positif dengan dimensi daun: PD, LD, LAI) dan Suhu (berkorelasi dengan pertumbuhan struktural: TP, DP). Analisis Kluster membagi aksesori menjadi ekotipe lokal yang konsisten dengan lokasi: Ekotipe L2 Tebo diidentifikasi sebagai kelompok dengan pertumbuhan struktural tertinggi (DP rata-rata 86 cm) dan daun kecil, sementara Ekotipe L3-L4 Muaro Jambi dicirikan oleh dimensi daun yang besar.

Keywords:

Fagraea fragrans,
Kluster,
Morfologi daun,
PCA,
Tembesu.

Pendahuluan

Tembesu (*Fagraea fragrans Roxb.*), yang dikenal sebagai *Ironwood*, merupakan spesies pohon dari famili Gentianaceae yang memiliki nilai ekonomi, ekologi, dan etnobotani signifikan di Asia Tenggara. Secara ekonomi, kayu tembesu dihargai karena kualitasnya yang keras, awet, dan tahan terhadap rayap, menjadikannya pilihan utama untuk konstruksi berat seperti jembatan, bantalan rel kereta api, dan mebel berkualitas tinggi. Dari perspektif ekologi, *F. fragrans* berperan krusial sebagai spesies pionir yang efektif dalam menekan gulma invasif seperti alang-alang (*Imperata cylindrica*), menjadikannya komponen penting dalam program reforestasi dan rehabilitasi lahan terdegradasi. Meskipun status konservasi globalnya adalah *Least Concern* (Risiko Rendah), spesies ini secara eksplisit terdaftar sebagai spesies yang dilindungi (*protected species*) di Provinsi Jambi, setara dengan Bulian (*Eusideroxylon zwageri*). Perbedaan status konservasi ini menjadi indikator adanya tekanan regional seperti degradasi habitat dan pembalakan liar, menegaskan bahwa penilaian global tidaklah cukup untuk merumuskan strategi konservasi lokal yang efektif.

Variasi morfologi yang teramati dalam suatu spesies merupakan ekspresi fisik (*fenotipe*) dari interaksi kompleks antara susunan genetik (*genotipe*) dan faktor lingkungan tempat tumbuhan hidup. Keragaman fenotipik ini adalah bahan baku fundamental bagi proses seleksi alam dan sangat penting sebagai modal utama untuk perbaikan tanaman dalam program pemuliaan. Keberhasilan program pemuliaan sangat bergantung pada ketersediaan variasi genetik untuk sifat-sifat yang diinginkan (Begna dan Teresa 2024), di mana karakterisasi morfologi sistematis memungkinkan pemulia mengidentifikasi dan menyeleksi individu atau populasi dengan karakteristik unggul, misalnya pertumbuhan lebih cepat atau ketahanan terhadap cekaman lingkungan (Sari 2012). Pendekatan morfologis dalam penelitian ini menjadi metode strategis dan valid secara ilmiah untuk memetakan keragaman tembesu di Jambi, karena fenotipe yang terstruktur antar populasi yang terpisah secara geografis merupakan indikator kuat adanya diferensiasi genetik mendasar. Mengingat ketiadaan studi komprehensif mengenai keragaman morfologi Tembesu di zona ekologis spesifik Jambi, penelitian ini menjadi sangat mendesak sebagai dasar penyusunan rencana konservasi yang relevan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan mengkuantifikasi variasi morfologi, khususnya karakter daun, di antara populasi *Fagraea fragrans* dari empat lokasi berbeda di Provinsi Jambi (Tebo, Bungo, Jambi Tulo, dan Kumpeh Ulu).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif eksploratif, dilakukan di kawasan yang ditumbuhi pohon Tembesu (*Fagraea fragrans*) di Provinsi Jambi. Penelitian dilaksanakan di empat lokasi, yaitu Desa Jambi Tulo, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Tebo, dan Kabupaten Bungo. Pemilihan lokasi didasarkan pada keterwakilan habitat Tembesu yang tersebar di wilayah tersebut.

ALAT DAN BAHAN

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel morfologi dari pohon Tembesu (*Fagraea fragrans*) yang diamati di lapangan. Peralatan yang digunakan meliputi meteran gulung, Haga Hypsometer, *Global Positioning System* (GPS), Mikroskop stereo, pisau *cutter*, gunting kebun, bambu, dan kamera digital (Merk dan Model tidak disebutkan).

PENGAMBILAN DAN PARAMETER YANG DIAMATI

Pengambilan sampel menggunakan teknik Purposive Sampling (penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu). Pohon sampel yang diamati dipilih berdasarkan kriteria, yaitu menunjukkan fenotipe terbaik dan pertumbuhan yang sehat. Penelitian ini tidak menggunakan rancangan percobaan. Karakterisasi morfologi Tembesu dilakukan pada bagian pohon dan daun, mencakup pengamatan kuantitatif (biometrik) dan kualitatif.

1. Parameter Kuantitatif:

- Dimensi Pohon: Tinggi Pohon (TP) dan Diameter Batang (DP/DBH).
- Dimensi Daun: Panjang Daun (PD), Lebar Daun (LD), Panjang Tangkai Daun (PTD), dan Luas Daun (LAI).

2. Parameter Kualitatif:

- Deskripsi Daun: Bentuk Daun (ALS), Ujung Daun (ALA), Pangkal Bawah Daun (ALB), Tepi Daun (ALM), dan Pertulangan Daun (AV).

ANALISIS DATA

Data morfologi kuantitatif dan kualitatif Tembesu dikompilasi, diubah menjadi numerik, dan dianalisis menggunakan perangkat lunak R studio. Metode analisis yang digunakan meliputi: Analisis Ragam (*Analysis of Variance* - ANOVA GLM), *Principal Component Analysis* (PCA) dan Analisis Kluster Hierarkis.

Hasil dan Pembahasan

A. Identifikasi karakter morfologi Tembesu (*Fagraea fragrans* Roxb.)

Identifikasi karakter morfologi Tembesu (*Fagraea fragrans* Roxb.) tingkat pohon di empat lokasi sebagai berikut:



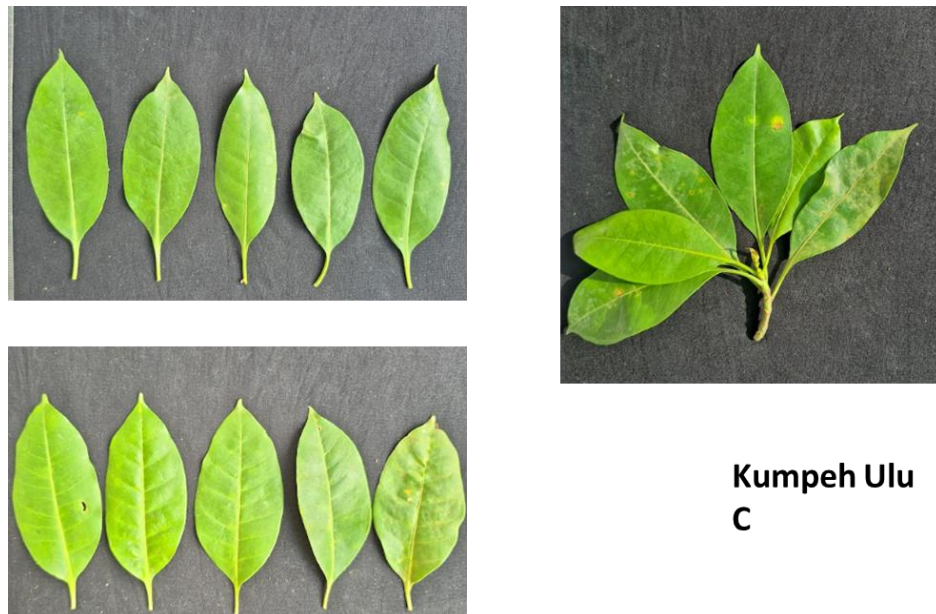
**Bungo
A**

Gambar 1. Daun Tembesu di Bungo



**Tebo
B**

Gambar 2. Daun Tembesu di Tebo



**Kumpeh Ulu
C**

Gambar 3. Daun Tembesu di Kumpeh Ulu



Gambar 4. Daun Tembesu di Jambi Tulo

1. Karakteristik Pertumbuhan Batang (TP dan DP)

Karakteristik batang, meliputi Tinggi Pohon (TP) dan Diameter Pohon (DP), menunjukkan variasi signifikan antar lokasi, yang dipengaruhi oleh perbedaan status tegakan dan lingkungan tumbuh:

Lokasi (Status Tegakan)	Ketinggian	Diameter pohon (rata-rata)	Tinggi Pohon (rata-rata)	Kondisi Lapangan
L2 - Tebo (Lapangan Terbuka)	50–100 mdpl	86 cm	20 hingga 42 m	Suhu Tinggi (37°C), Kelembaban Rendah (48%)
L3 - Kumpeh Ulu (Hutan Tanaman)	15 mdpl	25 hingga 26 cm	12,4 hingga 13,2 m	Tegakan Teratur, Kelembaban Tinggi (72%)
L4 - Jambi Tulo (Area Sawit/Rawa)	18 mdpl	25,5 cm	7,5 hingga 19 m	Suhu Cukup Panas (30°C), Kelembaban Sangat Tinggi (78%)

Populasi L2 (Tebo) jelas unggul secara struktural (TP dan DP) meskipun berada di bawah tekanan iklim tinggi, sementara populasi L3 dan L4 memiliki potensi pertumbuhan yang lebih rendah, dipengaruhi oleh kondisi tegakan dan persaingan vegetasi.

2. Karakter Kualitatif Daun

Karakteristik kualitatif daun pada umumnya menunjukkan stabilitas taksonomi yang tinggi di keempat lokasi, meskipun ada variasi pada ciri-ciri ujung dan pangkal daun:

Karakter	L1 (Bungo)	L2 (Tebo)	L3 (Kumpeh Ulu)	L4 (Jambi Tulo)
Bentuk Daun (ALS)	Memanjang (oblong)	Memanjang (oblong)	Lonjong hingga Elips	Dominan Memanjang (oblong)

Ujung Daun (ALA)	Runcing & Meruncing	Meruncing	Meruncing	Meruncing & Tumpul
Tepi Daun (ALM)	Rata (integer)	Rata	Rata	Rata (integer)
Pertulangan Daun (AV)	Menyirip	Menyirip	Menyirip	Menyirip
Pangkal Daun (ALB)	Konsisten Runcing	Runcing	Runcing	Runcing, Meruncing, & Tumpul

Variasi pada ujung dan pangkal daun di L4 (Jambi Tulo) menunjukkan tingkat keragaman morfologi tertinggi pada ciri kualitatif. Hal ini dapat mengindikasikan adanya tekanan seleksi lokal atau hibridisasi yang menyebabkan diversifikasi bentuk daun pada populasi tersebut (Magandhi *et al.*, 2023). Karakteristik kualitatif ini, meskipun stabil pada tingkat spesies, masih menunjukkan plastisitas fenotipik yang responsif terhadap mikroklimat dan interaksi biotik, mendukung gagasan bahwa adaptasi lokal memicu divergensi morfologi (Magandhi *et al.*, 2023) (AY *et al.*, 2024).

3. Karakter Kuantitatif Daun

Karakteristik kuantitatif (ukuran daun) menunjukkan pola yang jelas, di mana dimensi daun yang lebih besar berasosiasi dengan lingkungan yang lebih lembab dan teduh, sedangkan dimensi daun yang kecil berasosiasi dengan suhu yang tinggi :

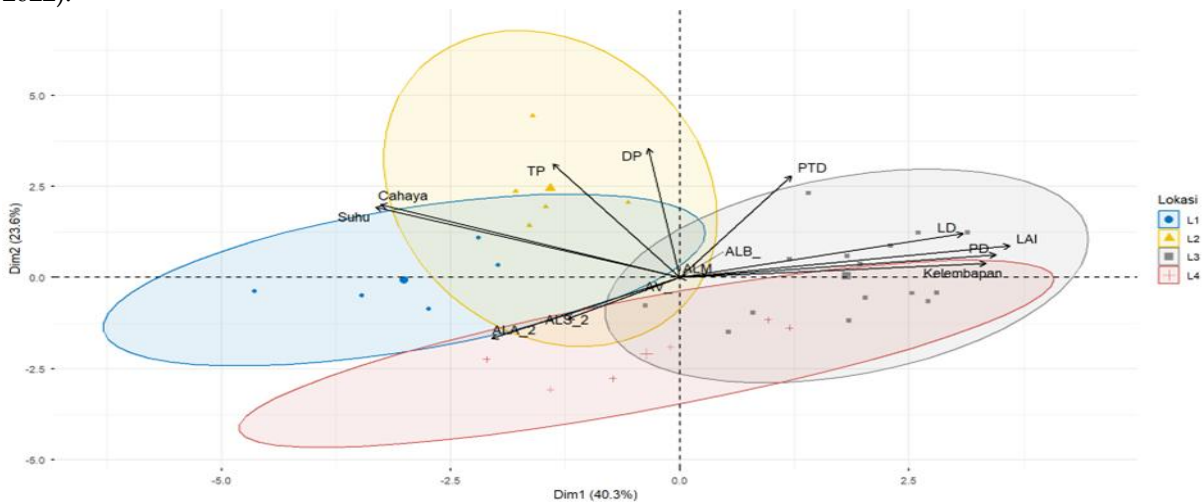
Lokasi	Rata-rata Panjang Daun (PD)	Rata-rata Lebar Daun (LD)	Kelembaban Lapangan	Adaptasi Utama
L3 - Kumpeh Ulu	11,2 cm	3 hingga 5,5 cm	72%	Daun relatif Besar. Strategi memaksimalkan penyerapan cahaya di bawah kanopi rapat (Cahaya 714 lux).
L4 - Jambi Tulo	10,06 cm	4,1 cm	78%	Daun relatif Besar. Didukung kelembaban tinggi di area rawa.
L2 - Tebo	8 hingga 10 cm	4,4 cm	48%	Daun relatif Kecil. Strategi konservasi air dan mengurangi transpirasi akibat suhu tinggi (37°C).

Perbedaan dimensi daun ini menunjukkan bahwa Tembesu merespons perbedaan intensitas cahaya dan ketersediaan air antar lokasi dengan menyesuaikan ukuran daunnya. Daun yang lebih besar di Kumpeh Ulu dan Jambi Tulo memfasilitasi efisiensi fotosintesis di lingkungan yang lembab dan teduh, sementara daun yang lebih kecil di Tebo adalah respons adaptif terhadap lingkungan yang lebih terbuka dan kering. Observasi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa karakter morfologi daun seperti ukuran, bentuk, dan ketebalan dapat menjadi indikator adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi (Magandhi *et al.*, 2023). Fenomena ini juga diperkuat oleh studi lain yang mengidentifikasi adanya hubungan signifikan antara parameter lingkungan dan karakteristik morfometrik daun, menunjukkan plastisitas fenotipik sebagai mekanisme adaptasi utama (Dewi, 2023). Studi yang lebih lanjut tentang korelasi antara morfologi daun dan karakteristik lingkungan telah menguatkan bahwa luas permukaan daun dan rasio panjang/lebar daun seringkali menjadi penanda adaptasi utama terhadap ketersediaan air dan intensitas cahaya (Gentili *et al.*, 2021) (Nurmalasari *et al.*, 2024).

A. Analisis Komponen Utama (PCA)

Hasil analisis PCA terlampir pada Gambar 5. Dimensi 1 (Dim1, 40.3%) memisahkan populasi berdasarkan hubungan antara ukuran daun dan Kelembaban). Populasi di Kumpeh Ulu (L3) dan Jambi

Tulo (L4) mengelompok di sisi positif Dim1, berasosiasi kuat dengan vektor Kelembaban, Luas Daun (LAI), Lebar Daun (LD), dan Panjang Daun (PD). Kedua lokasi ini adalah dataran rendah rawa dengan kelembaban relatif tinggi (72% - 78%). Kondisi lingkungan yang teduh dan lembab ini berpotensi memengaruhi morfologi daun, di mana tumbuhan cenderung memiliki daun yang lebih lebar dan luas untuk memaksimalkan penyerapan cahaya pada intensitas rendah (Guan *et al.*, 2024). Sebaliknya, populasi dari Tebo dan Bungo yang berada di sisi negatif Dimensi 1 cenderung berasosiasi dengan suhu dan memiliki karakteristik daun yang lebih kecil, yang mungkin merupakan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang lebih kering dan terpapar sinar matahari secara langsung (Mafakheri *et al.*, 2022).



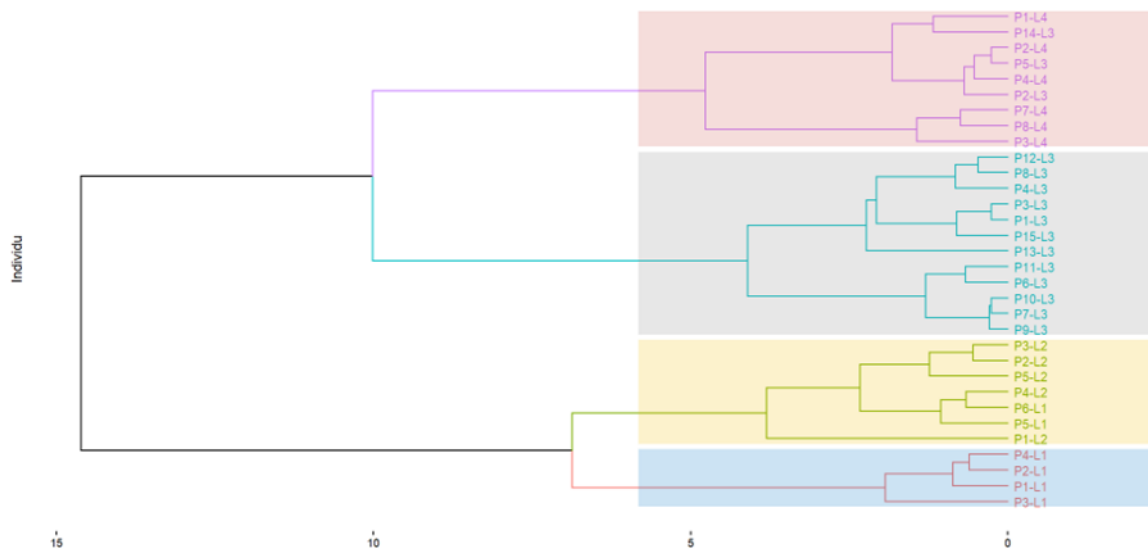
Gambar 5. PCA karakteristik batang dan daun

Dimensi 2 (Dim2, 23.6%) didominasi oleh vektor Tinggi Pohon, Diameter Pohon dan Panjang Tangkai Daun (TP, DP dan PTD). Korelasi tinggi di antara ketiganya menunjukkan bahwa sifat pertumbuhan vertikal dan ketebalan batang berasosiasi erat dengan panjang tangkai daun. Hal ini mengindikasikan bahwa seleksi untuk peningkatan tinggi dan diameter pohon secara bersamaan dapat berdampak pada karakteristik tangkai daun, yang merupakan pertimbangan penting dalam program pemuliaan (Byiringiro *et al.*, 2024). Perbedaan fenotipik ini mencerminkan adaptasi genotipe terhadap tekanan seleksi lingkungan yang berbeda, menyoroti pentingnya studi genetik lebih lanjut untuk mengidentifikasi lokus-lokus yang bertanggung jawab terhadap sifat-sifat adaptif tersebut (Oubida *et al.*, 2015) (Cruz *et al.*, 2018).

ALS_2 (Oblong) dan ALA_2 (Meruncing) memiliki koordinat yang cenderung negatif pada Dim1, mengelompok di kuadran yang sama dengan Suhu dan Cahaya negatif. Hal ini menguatkan bahwa fenotipe daun oblong dan meruncing secara morfologi merupakan respons adaptif yang ditemukan di populasi dengan tekanan lingkungan tinggi (L1/L2), yang secara fisiologis membantu manajemen suhu dan paparan radiasi. Variasi morfologi yang mencakup tinggi pohon dan lingkaran batang seringkali dipengaruhi secara signifikan oleh faktor lingkungan lokal, strategi perawatan, dan iklim mikro (Lombardi *et al.*, 2022). Lingkungan yang tidak homogen, seperti perbedaan geografis dan ekologis di Kabupaten Tebo, Bungo, dan Muaro Jambi, secara kuat mendorong ekspresi plastisitas fenotipik ini (Mata *et al.*, 2022).

B. Analisis Kluster Hirarkis

Analisis Kluster Hierarki (Gambar 6) mengkonfirmasi hasil PCA, hasilnya tembusu terbagi menjadi 4 kelompok yang dominan terhadap lokasi geografis yang menunjukkan adanya ekotipe-ekotipe lokal di Jambi.



Gambar 6. Analisis Kluster Tembesu

Kluster 1 dan Kluster 2 didominasi oleh individu dari L4 (Jambi Tulo) dan L3 (Kumpeh Ulu), yang mengelompok pada jarak Euclidean terpendek (< 5). Hal ini menunjukkan adanya konvergensi fenotipik yang kuat pada karakter morfologi daun di kedua lokasi tersebut. Kondisi Lapangan: L3 (Kumpeh Ulu) yang merupakan hutan tanaman pada ketinggian 15 mdpl dengan kanopi rapat menciptakan lingkungan lembab. L4 (Jambi Tulo) yang merupakan area intercrop sawit pada 18 mdpl juga mempertahankan kelembaban tinggi (78%). Suhu yang lebih rendah dan kelembaban udara yang tinggi pada lokasi ini menciptakan kondisi mikro lingkungan yang mendukung pertumbuhan daun yang lebih lebar dan panjang, yang berdampak pada peningkatan fotosintesis di bawah intensitas cahaya rendah (Zhang *et al.*, 2021). Kelompok ini ideal sebagai sumber genetik untuk sifat produksi biomassa dan ukuran daun maksimal, menjadikannya target utama program pemuliaan untuk kondisi pertumbuhan optimal. Sebaliknya,

Kluster 3 terdiri dari individu-individu yang berasal dari L1 dan L2, mencerminkan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang lebih kering dan terbuka (Pangestika *et al.*, 2025). Adaptasi ini melibatkan pengurangan ukuran daun untuk meminimalkan transpirasi dan memaksimalkan efisiensi penggunaan air di area dengan paparan sinar matahari langsung (Cruz *et al.*, 2018). Kluster individu dari Tebo (L2) memvalidasi bahwa populasi ini mewakili ekotipe yang unggul dalam pertumbuhan struktural (korelasi dengan TP dan DP tinggi pada PCA) meskipun dengan suhu yang tinggi. Populasi L2 ini merupakan sumber genetik yang krusial untuk program pemuliaan yang fokus pada pertumbuhan batang (TP/DP). Kluster 4 (L1/Bungo) terpisah dengan jarak ~ 15 . Jarak yang signifikan ini mengindikasikan adanya perbedaan fenotipik yang substansial, kemungkinan mencerminkan isolasi genetik atau lingkungan. Akan tetapi perlu menjadi perhatian konservasi ex-situ untuk memastikan pool genetik yang berbeda tetap terjaga.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan mengkuantifikasi variasi morfologi *Fagraea fragrans* yang signifikan di Provinsi Jambi, sehingga memenuhi tujuan penelitian. Temuan utama menegaskan adanya diferensiasi fenotipik yang jelas yang terstruktur menjadi ekotipe-ekotipe lokal: Ekotipe Tebo (L2), dicirikan oleh pertumbuhan struktural tertinggi (DP dan TP tertinggi), dan Ekotipe Muaro Jambi (L3 dan L4), dicirikan oleh dimensi daun yang lebih besar, sebagai respons adaptif terhadap lingkungan

lembab dan teduh. Keberhasilan diferensiasi morfologi ini mengindikasikan adanya potensi genetik tinggi pada karakter pertumbuhan yang sensitif lingkungan. Oleh karena itu, populasi Tebo (L2) diidentifikasi sebagai sumber daya genetik krusial yang harus diprioritaskan dalam program pemuliaan untuk sifat pertumbuhan batang. Untuk memastikan konservasi keragaman penuh, disarankan untuk melanjutkan dengan analisis genetik molekuler guna memvalidasi diferensiasi genetik antar ekotipe.

References

- AY, J., PR, J., SA, S., AU, S., MC, P., KV, P., & PG, K. (2024). *Integrating Molecular and Phenotypic Approaches to Assess Genetic Diversity in Heliconia Genotypes*. Research Square.
- Begna, T., & Teressa. (2024). Genetic Variability and Its Benefits in Crop Improvement: A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 13(1), 128-136.
- Byiringiro, M. H., Uchendu, E. E., Paliwal, R., & Abberton, M. (2024). *Assessing Genetic Relatedness of In Vitro Cassava Accessions Using Quantitative Morphological Traits and DarTseq Single Nucleotide Polymorphism (SNP) Markers*. Research Square.
- Cruz, M. V., Mori, G. M., Signori-Müller, C., Silva, C. C. da, Oh, D., Dassanayake, M., Zucchi, M. I., Oliveira, R. S., & Souza, A. P. de. (2018a). Environment-driven genomic and trait divergence in a neotropical mangrove highlight differential sensitivities to climate change. *bioRxiv*.
- Cruz, M. V., Mori, G. M., Signori-Müller, C., Silva, C. C. da, Oh, D., Dassanayake, M., Zucchi, M. I., Oliveira, R. S., & Souza, A. P. de. (2018b). Local adaptation insights from genomics and ecophysiology of a neotropical mangrove. *bioRxiv*.
- Dewi, S. M. (2023). KERAGAAN 14 GENOTIPE TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DI EMPAT LINGKUNGAN DATARAN RENDAH. *AGROTEKSOS Agronomi Teknologi Dan Sosial Ekonomi Pertanian*, 33(1), 226.
- Duan, H., Cao, S., Zheng, H., Hu, D., Lin, J., Cui, B., Lin, H., Hu, R., Wu, B. M., Sun, Y., & Li, Y. (2017). Genetic Characterization of Chinese fir from Six Provinces in Southern China and Construction of a Core Collection. *Scientific Reports*, 7(1).
- Gentili, R., Ambrosini, R., Augustinus, B. A., Caronni, S., Cardarelli, E., Montagnani, C., Müller-Schärer, H., Schaffner, U., & Citterio, S. (2021). High Phenotypic Plasticity in a Prominent Plant Invader along Altitudinal and Temperature Gradients. *Plants*, 10(10), 2144.
- Graudal, L., Moestrup, S., Kollert, W., & Kleine, M. (2017). The Genetic Variation in Natural and Planted Teak Forests: Characterisation, Use and Conservation for the Future. *Research Portal Denmark*, 19.
- Guan, B., Liu, Q., Liu, X., & Gong, X. (2024). Environment influences the genetic structure and genetic differentiation of *Sassafras tzumu* (Lauraceae). *BMC Ecology and Evolution*, 24(1).
- Lombardi, E., Rodríguez, F., Santini, F., Chambel, M. R., Climent, J., Dios, V. R. de, & Voltas, J. (2022). UAV-LiDAR and RGB Imagery Reveal Large Intraspecific Variation in Tree-Level Morphometric Traits across Different Pine Species Evaluated in Common Gardens. *Remote Sensing*, 14(22), 5904.
- Mafakheri, M., Bakhshipour, M., Omrani, M., Gholizadeh, H., Rahimi, N., Mobaraki, A., & Rahimi, M. (2022). The impact of environmental and climatic variables on genetic diversity and plant functional traits of the endangered tuberous orchid (*Orchis mascula* L.). *Scientific Reports*, 12(1).
- Magandhi, M., Sobir, S., Matra, D. D., Wahyu, Y., & Sudarmono, S. (2023). *Genetic diversity of the endemic Durian Kura-kura (Durio testudinarius Becc.) using morphology and SSR markers*. Research Square.

- Mata, R. de la, Zas, R., Bustingorri, G., Sampedro, L., Rust, M., Hernandez-Serrano, A., & Sala, A. (2022). Drivers of population differentiation in phenotypic plasticity in a temperate conifer: A 27-year study. *Evolutionary Applications*, 15(11), 1945.
- Nurmalasari, Y., Aji, I. M. L., & Sari, D. P. (2024). Hubungan parameter lingkungan dengan morfometrik daun mangrove jenis *Rhizophora mucronata* pada kawasan mangrove Desa Labuan Tereng Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Kehutanan Rimba Kalimantan/ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 8(2), 7.
- Oubida, R. W., Gantulga, D., Zhang, M., Zhou, L., Bawa, R. K., & Holliday, J. (2015). Partitioning of multivariate phenotypes using regression trees reveals complex patterns of adaptation to climate across the range of black cottonwood (*Populus trichocarpa*). *Frontiers in Plant Science*, 6.
- Pangestika, I. W., Susilowati, A., Purwanto, E., & Gunawan, G. (2025). Relationship between altitudes, morphological traits, and biochemical compositions of *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner in Temanggung, Indonesia. *Deleted Journal*, 93(1), 39.
- Prastowo, E., & Arimarsetiowati, R. (2019). Morphological Variations of Robusta Coffee As a Response to Different Altitude in Lampung. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 35(2), 103.
- Sari, V. R. (2012). *Variasi morfologi tanaman kepel (Stelechocarpus burahol Hook. f dan Thomson) yang tumbuh pada ketinggian berbeda*. [Skripsi]. Universitas Airlangga.
- Silva, D., Rosa, J. R. B. F., Souza, I. C. G. de, Nunes, M. P., Benatti, T. R., Fernandes, A. C. M., Matos, J. A. O., Oda, S., Beerli, P., & Tambarussi, E. V. (2024). *Dynamics of genetic diversity and population structure of Eucalyptus urophylla in Indonesia Islands using SNP Data*. Research Square.
- Zhang, M., Lu, N., Zhu, T., Yang, G., Qu, G., Shi, C., Fei, Y., Liu, B., Ma, W., & Wang, J. (2021). A Bivariate Mapping Model Identifies Major Covariation QTLs for Biomass Allocation Between Leaf and Stem Growth of *Catalpa bungei*. *Frontiers in Genetics*, 12.
- Zhang, Y., Dong, L., Xie, Y., Chen, D., & Sun, X. (2022). Altitude shape genetic and phenotypic variations in growth curve parameters of *Larix kaempferi*. *Journal of Forestry Research*, 34(2), 507.