

**IDENTIFIKASI NILAI KONSTANTA DAUN TANAMAN ALPUKAT DAN MANGGIS
BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL**

***IDENTIFICATION OF LEAF CONSTANT VALUES OF AVOCADO AND MANGOSTEEN
PLANTS BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING***

Zaen Ali Mustopa¹, ¹Farchan Mushaf Al Ramadhani², Ubad Badrudin³
^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pekalongan

ABSTRACT

Leaves are essential organs in plant physiology as they store unique morphometric information for each variety. The leaf constant is an important parameter because it can be used to efficiently estimate leaf area. This study aimed to identify the leaf constant values of avocado variety Hass and mangosteen variety Kaligesing using digital image processing methods. The research was conducted at the Agrotechnology Laboratory, University of Pekalongan. Leaf images were calibrated and processed using ImageJ software to obtain leaf area values. The leaf constant was found to be 0.722 for avocado and 0.661 for mangosteen. These constants were then used to predict leaf area, which was validated against measured leaf area from digital image processing using statistical analysis. The results showed determination coefficients (R^2) of 0,9984 for avocado and 0,9915 for mangosteen, with RMSE, NRMSE, NSE, and d values indicating a very high level of agreement. This study demonstrates that leaf constants obtained through digital image processing can be used to model leaf area accurately, quickly, and non-destructively.

Key-words: avocado, digital image processing, leaf area, leaf constant, mangosteen

INTISARI

Daun merupakan organ penting dalam fisiologi tanaman karena menyimpan informasi morfometrik yang khas pada setiap varietas. Konstanta daun merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengestimasi luas daun secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai konstanta daun dari tanaman alpukat varietas Hass dan manggis varietas Kaligesing menggunakan metode pengolahan citra digital. Penelitian dilakukan di Laboratorium Agroteknologi Universitas Pekalongan. Citra daun dikalibrasi dan diolah menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk memperoleh nilai luas daun. Nilai konstanta daun alpukat diperoleh sebesar 0,722 dan manggis sebesar 0,661. Nilai konstanta ini digunakan kembali untuk memprediksi luas daun, yang kemudian divalidasi terhadap luas daun terukur dari citra digital menggunakan analisis statistik. Hasil menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9984 untuk alpukat dan 0,9915 untuk manggis, dengan nilai RMSE, NRMSE, NSE, dan d yang mengindikasikan kesesuaian yang sangat baik. Penelitian ini membuktikan bahwa konstanta daun yang diperoleh dari pengolahan citra digital dapat digunakan untuk memodelkan luas daun secara akurat, cepat, dan non-destruktif.

Kata kunci: alpukat, konstanta daun, luas daun, manggis, pengolahan citra digital

¹ Alamat penulis untuk korespondensi: Farchan Mushaf Al Ramadhani. Email: farchan.mushaf@gmail.com

PENDAHULUAN

Daun merupakan organ penting pada tumbuhan yang tidak hanya berfungsi sebagai tempat fotosintesis, tetapi juga menyimpan informasi morfologi dan fisiologi yang khas bagi setiap jenis tanaman. Pada ilmu botani dan agronomi, karakteristik daun seperti bentuk, ukuran, warna, dan struktur tulang daun telah lama digunakan sebagai dasar identifikasi varietas dan evaluasi pertumbuhan tanaman (Roth-Nebelsick & Krause, 2023). Perkembangan teknologi digital telah mendorong metode identifikasi ini ke arah yang lebih objektif dan efisien, yaitu melalui pengolahan citra digital. Teknologi ini memungkinkan analisis otomatis terhadap parameter morfometrik daun dengan akurasi tinggi dan waktu yang lebih singkat dibandingkan metode manual (Oso & Jayecola, 2021).

Pengolahan citra digital telah banyak diterapkan untuk ekstraksi fitur daun, seperti panjang, lebar, luas permukaan, perimeter, dan indeks bentuk (Ahmad et al., 2022; Al Ramadhani et al., 2024). Salah satu aspek penting dalam analisis morfologi daun adalah perhitungan nilai konstanta daun (Al Ramadhani, 2024), yakni nilai rasio geometris yang bersifat khas untuk setiap jenis tanaman. Selain itu, nilai konstanta daun memiliki peran penting dalam perhitungan luas daun menggunakan metode Montgomery (1911), yang merumuskan luas daun (LA) sebagai $LA = k \times L \times W$. Pendekatan ini menawarkan kemudahan dalam mengestimasi luas daun secara cepat dan efisien (Fu et al., 2025), tanpa memerlukan metode lain yang lebih rumit dan memakan waktu seperti metode kertas milimeter, gravimetri, *scanning*, atau penggunaan alat *Leaf Area Meter* (LAM).

Meski metode ini telah banyak dikembangkan untuk berbagai tanaman hortikultura dan kehutanan (Al Ramadhani,

2024; Sala et al., 2015), data mengenai konstanta daun tanaman tropis bernilai ekonomis tinggi seperti alpukat (*Persea americana*) dan manggis (*Garcinia mangostana*) masih terbatas. Padahal, identifikasi cepat dan akurat terhadap kedua komoditas ini penting bagi pengembangan varietas unggul dan pelestarian plasma nutfah. Kesenjangan penelitian yang ada menunjukkan bahwa masih sedikit kajian yang secara khusus mengidentifikasi nilai konstanta daun alpukat dan manggis menggunakan pendekatan berbasis pengolahan citra digital. Kebanyakan studi sebelumnya hanya berfokus pada klasifikasi tingkat varietas atau pencirian daun secara umum (Syahputra et al., 2022; Tavakoli et al., 2021), tanpa menyentuh aspek kuantitatif yang spesifik seperti konstanta daun yang mendasari pendekatan luas daun secara matematis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai konstanta daun dari tanaman alpukat varietas Hass dan manggis varietas Kaligesing menggunakan metode pengolahan citra digital. Melalui pendekatan ini, diharapkan diperoleh nilai konstanta daun yang dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi luas daun menggunakan pendekatan Montgomery secara cepat, efisien, dan non-destruktif. Selain itu, studi ini juga berkontribusi dalam penguatan basis data morfometrik tanaman tropis, yang bermanfaat bagi pengembangan aplikasi pertanian presisi dan sistem pendukung keputusan. Dengan mengisi celah penelitian yang ada, kajian ini menegaskan pentingnya integrasi teknologi digital dalam riset morfologi tanaman untuk menjawab tantangan di bidang pertanian modern.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Pekalongan pada bulan Februari hingga April 2025 dengan daun tanaman alpukat varietas Hass dan manggis

varietas Kaligesing sebagai objek penelitian yang dipilih secara acak dari tanaman sehat dan berumur produktif. Jumlah sampel yang digunakan untuk masing-masing jenis tanaman adalah sebanyak 40 helai daun yang utuh, bersih, dan tidak cacat. Alat yang digunakan berupa kamera *smartphone* dengan resolusi 12 MP, tripod vertikal, kertas putih manila sebagai latar belakang, objek tuntun hitam berukuran 5×5 cm sebagai acuan skala (Al Ramadhani et al., 2024), penggaris dengan ketelitian 0,5 mm, dan perangkat lunak ImageJ untuk pengolahan citra digital. Semua kegiatan pengolahan dan pengukuran dilakukan dalam kondisi pencahayaan konstan dan ruangan tertutup guna menghindari bayangan atau pantulan cahaya yang dapat mengganggu keakuratan pengambilan data.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif-kuantitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi nilai konstanta daun berdasarkan pendekatan persamaan Montgomery. Pada pendekatan ini, luas daun dihitung menggunakan formula berikut:

$$LA = k \times L \times W$$

Keterangan:

LA : luas daun (cm²)
 k : konstanta daun
 L : panjang daun (cm)
 W : lebar daun (cm)

Nilai konstanta daun (*k*) diperoleh dari hasil pembagian antara luas daun terukur (berdasarkan hasil pengolahan citra digital) dengan hasil perkalian antara panjang dan lebar daun. Pendekatan ini memungkinkan penggunaan nilai konstanta sebagai faktor koreksi dalam estimasi luas daun berdasarkan dimensi morfometrik sederhana.

Tahapan penelitian dimulai dari proses pengambilan citra daun. Setiap daun alpukat dan manggis difoto satu per satu di

atas latar belakang putih dengan penambahan objek tuntun untuk kalibrasi skala citra. Kamera dipasang tegak lurus terhadap daun dengan bantuan tripod vertikal untuk menjaga sudut pengambilan tetap konstan. Jarak kamera terhadap daun disesuaikan agar seluruh permukaan daun terekam utuh tanpa distorsi. Hasil citra digital kemudian dipindahkan ke laptop untuk diolah menggunakan perangkat lunak ImageJ. Pada tahap pengolahan citra, citra asli dikalibrasi menggunakan skala objek tuntun, kemudian diubah ke bentuk citra biner (hitam-putih) dan dianalisis untuk menghitung luas daun dalam satuan cm².

Setelah luas daun terukur diperoleh, panjang dan lebar masing-masing daun diukur secara manual menggunakan penggaris. Panjang daun diukur dari ujung pangkal tangkai hingga ujung helai daun, sedangkan lebar daun diukur pada bagian terlebar secara tegak lurus terhadap panjang daun. Nilai konstanta (*k*) daun untuk setiap sampel kemudian dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$k = \frac{LA}{L \times W}$$

Semua nilai *k* yang diperoleh dihipunkan dan dianalisis secara statistik untuk mengetahui persebarannya. Analisis statistik deskriptif meliputi perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, nilai maksimum, nilai Q1, Q2, dan Q3. Visualisasi persebaran nilai konstanta daun ditampilkan dalam bentuk diagram boxplot untuk menilai konsistensi nilai dan mengidentifikasi adanya pencilan.

Langkah berikutnya adalah validasi nilai konstanta daun terukur yang telah diperoleh. Nilai *k* rata-rata yang telah dihitung digunakan kembali untuk memprediksi luas daun yang diprediksi ($LA_{prediksi}$) menggunakan rumus Montgomery. Hasil prediksi tersebut

kemudian dibandingkan dengan luas daun terukur dari citra digital (LA_{terukur}) untuk menilai tingkat akurasi model. Evaluasi kesesuaian dilakukan dengan analisis statistik menggunakan beberapa parameter pengujian, yaitu koefisien determinasi, *Root Mean Square Error* (RMSE), *Normalized Root Mean Square Error* (NRMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), dan *Willmott's index of agreement* (d) (Persamaan 3-7) (Al Ramadhani, 2024; Al Ramadhani et al., 2023). Parameter R^2 , NSE, dan d yang mendekati nilai 1 menunjukkan kesesuaian yang sangat baik antara hasil prediksi dan pengukuran aktual, sementara nilai RMSE dan NRMSE yang rendah menunjukkan kesalahan prediksi yang minimal.

$$R^2 = \frac{[\sum(O_i - \bar{O}) - (P_i - \bar{P})]^2}{(\sum(O_i - \bar{O})^2 + \sum(P_i - \bar{P})^2)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}}$$

$$NRMSE = \frac{1}{\bar{O}} \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}} \times 100$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2}$$

$$d = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

Keterangan:

- O_i : data hasil pengamatan
- $\bar{O}$: rata-rata data hasil pengamatan
- P_i : data hasil prediksi
- $\bar{P}$: rata-rata data hasil prediksi
- n : jumlah data
- d : *index of agreement*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran luas daun pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan non-destruktif menggunakan pengolahan citra digital berbasis

perangkat lunak ImageJ. Gambar 1 menunjukkan tahapan utama dalam proses ini, mulai dari pengambilan citra daun hingga konversi menjadi bentuk *biner* melalui proses *thresholding*. Citra daun asli dari tanaman alpukat dan manggis (Gambar 1a dan 1c) diambil dengan pencahayaan dan sudut kamera yang seragam, serta disertai objek tuntun hitam berukuran tetap (5×5 cm) untuk kalibrasi skala dalam satuan cm^2 . Citra tersebut kemudian diproses menjadi citra *biner* hitam-putih (Gambar 1b dan 1d), warna hitam mewakili area daun dan objek tuntun, sedangkan latar belakang putih dihilangkan. Proses ini menghasilkan representasi visual yang bersih dan kontras tinggi, yang memungkinkan pengukuran luas permukaan daun secara akurat berdasarkan jumlah piksel yang dikonversi ke satuan luas menggunakan skala yang telah ditentukan sebelumnya (Azlah et al., 2019).

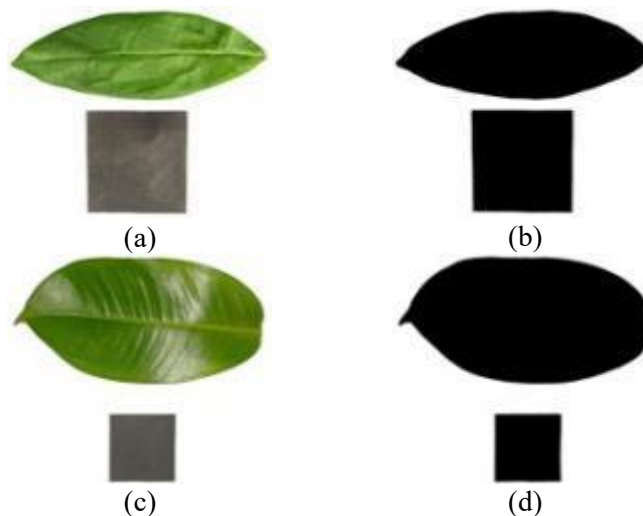
Tabel 1 menyajikan hasil pengukuran luas daun yang diperoleh dari pengolahan citra digital serta data dimensi daun berupa panjang dan lebar untuk masing-masing sampel daun alpukat dan manggis. Selain itu, tabel ini juga menampilkan nilai konstanta daun (k) yang dihitung berdasarkan rumus Montgomery, yaitu sebagai rasio antara luas daun dengan hasil perkalian panjang dan lebar daun. Data dari 40 sampel menunjukkan bahwa terdapat variasi nilai k baik pada daun alpukat maupun manggis, yang mencerminkan keragaman bentuk dan proporsi daun dari masing-masing tanaman. Nilai konstanta daun pada alpukat berkisar antara 0,707 hingga 0,735, sedangkan pada manggis berkisar antara 0,645 hingga 0,683. Meskipun terdapat fluktuasi nilai antar sampel, sebagian besar nilai k cenderung stabil dan berada pada rentang yang konsisten, yang menandakan bahwa konstanta tersebut berpotensi digunakan sebagai faktor koreksi dalam estimasi luas daun menggunakan metode dimensi.

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan rata-rata nilai konstanta untuk alpukat yaitu sebesar 0,722 dan manggis sebesar 0,661. Kemudian, data tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan *boxplot* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan visualisasi tersebut, terlihat bahwa sebaran nilai konstanta daun alpukat cenderung lebih sempit dan simetris, dengan median mendekati nilai rata-rata, menunjukkan distribusi data yang relatif homogen. Sebaliknya, nilai konstanta daun manggis menunjukkan rentang sebaran yang sedikit lebih lebar, dengan median yang sedikit bergeser dari rata-ratanya, mengindikasikan adanya variasi bentuk daun yang lebih besar pada tanaman manggis.

Berdasarkan Gambar 2 tidak ditemukan adanya pencilan (*outlier*) pada kedua kelompok data. Hal tersebut mengindikasikan bahwa semua nilai konstanta daun berada dalam rentang yang wajar dan terdistribusi secara

konsisten (Mazarei et al., 2025). Secara umum, perbedaan nilai konstanta ini menegaskan bahwa karakter morfometrik daun dari kedua tanaman memiliki pola yang khas (Abdallah et al., 2022) dan dapat dibedakan secara kuantitatif melalui pendekatan pengolahan citra digital.

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara luas daun terukur (LA_{terukur}) yang diperoleh melalui pengolahan citra digital dengan luas daun yang diprediksi (LA_{prediksi}) yang dihitung menggunakan nilai konstanta daun yang diperoleh dari penelitian ini melalui pendekatan metode Montgomery. Korelasi antara kedua variabel ini penting untuk mengevaluasi sejauh mana akurasi model prediktif berbasis konstanta daun dapat merepresentasikan luas daun aktual. Gambar 3 menampilkan sebaran data dan persamaan regresi linier untuk masing-masing tanaman yang menjadi objek penelitian.

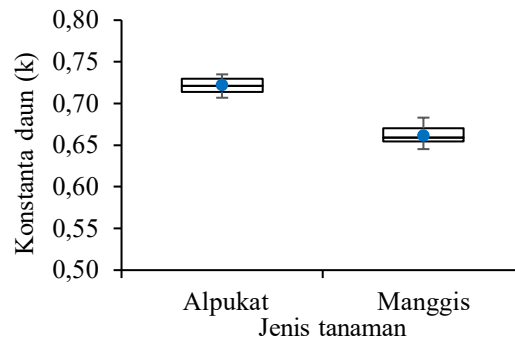


Gambar 1. Pengukuran Luas Daun Berbasis Pengolahan Citra Digital; (a) Citra Daun Alpukat, (b) Hasil *Threshold* Citra Daun Alpukat, (c) Citra Daun Manggis, (d) Hasil *Threshold* Citra Daun Manggis

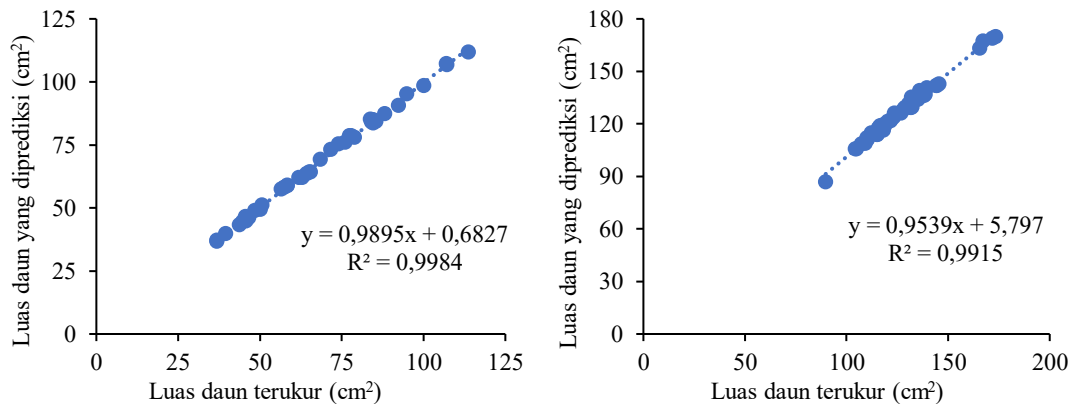
Tabel 1. Hasil Pengukuran Luas Daun Berbasis Pengolahan Citra Digital Dan Pengukuran Dimensi Daun Untuk Tanaman Alpukat Dan Manggis

Sampel	Alpukat				Manggis			
	Luas Daun (cm ²)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	<i>k</i>	Luas Daun (cm ²)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	<i>k</i>
1	107,137	16,8	8,8	0,725	104,702	20	8	0,654
2	73,940	17,1	6,1	0,709	120,280	20,4	9	0,655
3	99,953	17,7	7,7	0,733	121,465	20	9,2	0,660
4	83,974	16,4	7,1	0,721	145,298	21,8	9,9	0,673
5	68,380	15	6,4	0,712	165,542	23,5	10,5	0,671
6	92,230	15,9	7,9	0,734	138,588	20,9	9,9	0,670
7	75,937	16,7	6,3	0,722	104,236	17	9,4	0,652
8	83,751	16,6	7,1	0,711	89,697	19,6	6,7	0,683
9	113,608	17,4	8,9	0,734	128,715	20,8	9,4	0,658
10	77,897	16	6,8	0,716	173,427	23,8	10,8	0,675
11	94,755	16,9	7,8	0,719	144,235	21,9	9,8	0,672
12	84,604	16,8	6,9	0,730	123,229	20,4	9,2	0,657
13	39,452	12	4,6	0,715	109,979	18,8	9	0,650
14	77,402	15,8	6,9	0,710	143,948	21,9	9,8	0,671
15	106,936	17,9	8,3	0,720	127,681	20,6	9,4	0,659
16	48,304	12,3	5,5	0,714	131,693	21,7	9	0,674
17	65,373	12,9	6,9	0,734	132,186	20	9,8	0,674
18	85,402	14,8	7,9	0,730	135,075	20,9	9,7	0,666
19	88,014	15,3	7,9	0,728	113,997	19,3	9	0,656
20	64,955	13,5	6,6	0,729	118,138	20,1	9	0,653
21	58,288	12,7	6,4	0,717	167,082	21,8	11,6	0,661
22	71,625	14,9	6,8	0,707	107,200	19,3	8,5	0,653
23	45,641	11,5	5,4	0,735	131,945	21,3	9,6	0,645
24	56,460	15	5,3	0,710	135,878	21	10	0,647
25	64,242	11,9	7,4	0,730	116,476	20,2	8,9	0,648
26	36,841	10,1	5,1	0,715	112,186	21,7	8	0,646
27	58,236	16	5,1	0,714	171,726	22,8	11,2	0,672
28	46,570	13,6	4,7	0,729	114,929	18,9	9,1	0,668
29	61,772	14,3	6	0,720	130,453	20,5	9,7	0,656
30	45,757	11	5,7	0,730	110,261	20	8,4	0,656
31	57,253	14,1	5,7	0,712	117,953	19,8	8,9	0,669
32	44,624	11	5,6	0,724	126,578	20,5	9,3	0,664
33	50,531	12	5,9	0,714	138,174	20,8	9,9	0,671
34	78,905	15,9	6,8	0,730	114,817	21	8,2	0,667
35	50,075	11,2	6,1	0,733	109,215	20,6	8	0,663
36	36,768	10	5,1	0,721	122,991	21	8,9	0,658
37	84,537	15,9	7,4	0,718	139,530	21,9	9,7	0,657
38	43,757	10	6	0,729	118,862	20,5	8,8	0,659
39	62,903	14,1	6,1	0,731	115,518	20,2	8,8	0,650
40	45,596	12,9	5	0,707	123,417	20,5	9,3	0,647

Sumber: Analisis Data Primer



Gambar 2. Boxplot Konstanta Daun Alpukat Dan Manggis



Gambar 3. Grafik Korelasi Luas Daun Terukur Berbasis Pengolahan Citra Digital Dengan Luas Daun Yang Diprediksi Berbasis Pengukuran Konstanta Daun; (a) Alpukat, dan (b) Manggis

Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Luas Daun Terukur Dengan Luas Daun Yang Diprediksi Untuk Tanaman Alpukat Dan Manggis

Tanaman	RMSE	NRMSE	NSE	d
Alpukat	0,857	0,013	0,998	1,000
Manggis	1,852	0,015	0,990	0,997

Sumber: Analisis Data Primer

Gambar 3a menunjukkan grafik korelasi antara luas daun terukur dan prediksi pada tanaman alpukat, dengan nilai R^2 sebesar 0,9984 yang sangat tinggi mendekati 1 menunjukkan bahwa prediksi luas daun menggunakan konstanta daun pada tanaman alpukat sangat akurat dan linier terhadap nilai pengukuran aktual dari citra digital (Sabouri et al., 2022). Sementara itu, Gambar 3b

menunjukkan hubungan serupa untuk tanaman manggis, dengan nilai R^2 sebesar 0,9915, yang juga menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang sangat tinggi meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan alpukat. Secara keseluruhan, kedua grafik menunjukkan bahwa pendekatan pengukuran luas daun berbasis konstanta daun yang dihasilkan melalui pengolahan citra digital

sangat efektif dalam memprediksi luas daun aktual pada kedua jenis tanaman.

Hasil analisis statistik dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai RMSE untuk tanaman alpukat sebesar 0,857 dan untuk tanaman manggis sebesar 1,852. Nilai RMSE yang rendah pada kedua jenis tanaman menunjukkan bahwa selisih antara luas daun yang diprediksi dengan luas daun terukur sangat kecil, menandakan model prediksi yang cukup akurat. Selain itu, nilai NRMSE masing-masing sebesar 0,013 untuk alpukat dan 0,015 untuk manggis mengindikasikan bahwa galat relatif terhadap rata-rata pengukuran juga sangat kecil, yaitu kurang dari 2%. Hal ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa model berbasis konstanta daun mampu merepresentasikan variasi luas daun secara efisien (Al Ramadhani, 2024; Dong et al., 2025; Yang et al., 2025).

Koefisien efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NSE) juga memberikan dukungan kuat terhadap akurasi model, dengan nilai sebesar 0,998 untuk alpukat dan 0,990 untuk manggis. Nilai NSE yang mendekati 1 menunjukkan bahwa prediksi model sangat dekat dengan data aktual hasil pengolahan citra digital. Selain itu, nilai koefisien kesesuaian Willmott (*d*) sebesar 1 untuk alpukat dan 0,997 untuk manggis mengindikasikan kesesuaian yang hampir sempurna antara hasil prediksi dan data aktual. Kombinasi dari keempat parameter statistik ini memberikan keyakinan bahwa pendekatan prediksi menggunakan konstanta daun yang dihasilkan dari pengolahan citra digital dapat diterapkan secara andal pada kedua jenis tanaman (Al Ramadhani et al., 2024; Sala et al., 2015).

Secara umum, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa konstanta daun yang diperoleh melalui pendekatan citra digital tidak hanya spesifik untuk masing-masing jenis tanaman, tetapi juga dapat digunakan secara efektif untuk memodelkan dan memprediksi luas daun tanpa harus melakukan pengukuran

secara langsung. Keunggulan pendekatan ini dibandingkan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Montgomery (1911) dan beberapa studi lanjutan lainnya (Madhavi et al., 2022; Pablo Guerra & Cuevas, 2024) adalah penggunaan teknologi pengolahan citra digital yang memungkinkan efisiensi waktu, pengolahan massal, serta non-destruktif. Selain itu, nilai konstanta daun untuk tanaman alpukat dan manggis yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan temuan baru (*novelty*) yang belum banyak dilaporkan dalam literatur, sehingga memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan model morfometrik tanaman tropis. Penerapan temuan ini dapat memberikan manfaat luas dalam penelitian fisiologi tanaman, pemantauan pertumbuhan secara presisi, cepat, efisien dan non-destruktif, serta pengembangan sistem klasifikasi tanaman berbasis citra.

KESIMPULAN

1. Nilai konstanta daun dari tanaman alpukat varietas Hass sebesar 0,722 dan manggis varietas Kaligesing sebesar 0,661 menggunakan metode pengolahan citra digital. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa nilai konstanta tersebut mampu memprediksi luas daun dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, ditunjukkan oleh nilai R^2 , NSE, dan *d* yang mendekati 1, serta nilai RMSE dan NRMSE yang sangat rendah.
2. Temuan ini menunjukkan bahwa konstanta daun yang dihasilkan dapat digunakan sebagai parameter prediktif dalam pemodelan luas daun secara presisi, efisien, cepat, dan non-destruktif.

SARAN

1. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas cakupan varietas tanaman lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, M., Douthe, C., & Flexas, J. (2022). Leaf morpho-physiological comparison between native and non-native plant species in a Mediterranean island. *Biological Invasions*, 24(8), 2597–2612. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02797-4>
- Ahmad, M. U., Ashiq, S., Badshah, G., Khan, A. H., & Hussain, M. (2022). Feature extraction of plant leaf using deep learning. *Complexity*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/6976112>
- Al Ramadhani, F. M. (2024). Identifikasi nilai konstanta daun tanaman rambutan dan jambu air berbasis pengolahan citra digital. *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)*, 4(2), 655–664. <https://doi.org/10.54082/jupin.400>
- Al Ramadhani, F. M., Bowo, C., & Slameto. (2023). The use of aquacrop model for soybean in various water availability within a lysimeter system. *Journal of Applied and Agricultural Science and Technology*, 7(4), 399–413. <https://doi.org/10.55043/jaast.v7i4.153>
- Al Ramadhani, F. M., Sajuri, Amin, R., & Lutfiana, A. (2024). Metode pengukuran luas daun tanaman menggunakan bantuan objek tuntun berbasis pengolahan citra digital. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(4), 1677–1688. <https://doi.org/10.37159/jpa.v26i4.4832>
- Azlah, M. A. F., Chua, L. S., Rahmad, F. R., Abdullah, F. I., & Alwi, S. R. W. (2019). Review on techniques for plant leaf classification and recognition. *Computers*, 8(4), 1–22. <https://doi.org/10.3390/computers8040077>
- Dong, W., Yuan, H., Lin, W., Liu, Z., Xiang, J., Wei, Z., Li, L., Li, Q., & Dai, Y. (2025). A global urban tree leaf area index dataset for urban climate modeling. *Scientific Data*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04729-y>
- Fu, W., Chen, Z., Cheng, Q., Li, Y., Zhai, W., Ding, F., Kuang, X., Chen, D., & Duan, F. (2025). Maize leaf area index estimation based on machine learning algorithm and computer vision. *Agriculture*, 15(12), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture15121272>
- Madhavi, B. G. K., Bhujel, A., Kim, N. E., & Kim, H. T. (2022). Measurement of overlapping leaf area of ice plants using digital image processing technique. *Agriculture*, 12(9), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091321>
- Mazarei, A., Sousa, R., Mendes-Moreira, J., Molchanov, S., & Ferreira, H. M. (2025). Online boxplot derived outlier detection. *International Journal of Data Science and Analytics*, 19(1), 83–97. <https://doi.org/10.1007/s41060-024-00559-0>
- Montgomery, E. G. (1911). *Correlation studies in corn* (Annual report No. 24). Agricultural Experimental Station.
- Oso, O. A., & Jayeola, A. A. (2021). Digital morphometrics: Application of MorphoLeaf in shape visualization and species delimitation, using Cucurbitaceae leaves as a model. *Applications in Plant Sciences*, 9(9–10), 1–14. <https://doi.org/10.1002/aps3.11448>
- Pablo Guerra, J., & Cuevas, F. (2024). Application of digital image processing techniques for agriculture: A review. In F. Cuevas, P. L. Mazzeo, & A. Bruno (Eds.), *Digital Image Processing: Latest Advances and Applications* (pp. 1–21). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004767>

- Roth-Nebelsick, A., & Krause, M. (2023). The plant leaf: A biomimetic resource for multifunctional and economic design. *Biomimetics*, 8(2), 1–32. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8020145>
- Sabouri, A., Bakhshipour, A., Poornoori, M. H., & Abouzari, A. (2022). Application of image processing and soft computing strategies for non-destructive estimation of plum leaf area. *PLoS ONE*, 17, 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271201>
- Sala, F., Arsene, G. G., Iordănescu, O., & Boldea, M. (2015). Leaf area constant model in optimizing foliar area measurement in plants: A case study in apple tree. *Scientia Horticulturae*, 193, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.008>
- Syahputra, W. N. H., Nugraha, D. C., Jalil, A., & Chaichana, C. (2022). Identification of long bean seed varieties using digital image processing coupled with neural network analysis. *International Applied Science*, 1(2), 74–81. <https://doi.org/10.32528/ias.v1i2.164>
- Tavakoli, H., Alirezazadeh, P., Hedayatipour, A., Banijamali Nasib, A. H., & Landwehr, N. (2021). Leaf image-based classification of some common bean cultivars using discriminative convolutional neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 181, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105935>
- Yang, C., Lei, J., Liu, Z., Xiong, S., Xi, L., Wang, J., Qiao, H., & Shi, L. (2025). Estimation model of corn leaf area index based on improved CNN. *Agriculture*, 15(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050481>