

## Identifikasi Nilai Konstanta Daun Tanaman Rambutan dan Jambu Air Berbasis Pengolahan Citra Digital

Farchan Mushaf Al Ramadhani<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pekalongan, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>farchanmushaf@unikal.ac.id

### Abstrak

Daun merupakan salah satu organ tanaman yang penting, karena pada daun terdapat bagian berlangsungnya proses fotosintesis dan transpirasi yang menentukan pertumbuhan tanaman. Data luas daun diperlukan untuk pengukuran indeks luas daun dan asimilasi bersih. Terdapat beberapa metode pengukuran luas daun, salah satu metode yang paling cepat dan mudah digunakan adalah pengukuran luas daun berdasarkan dimensi daun (panjang dan lebar). Namun untuk mendapatkan akurasi yang tinggi perlu digunakan faktor koreksi yang optimal. Berdasarkan dari pertimbangan tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model konstanta luas daun ( $k$ ) berbasis pengolahan citra digital yang sangat berguna untuk meningkatkan akurasi pengukuran luas daun dengan studi kasus pada daun tanaman rambutan dan jambu air. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Agroteknologi Universitas Pekalongan. Penelitian ini merupakan penelitian identifikasi dengan melakukan pengamatan dan pengukuran dimensi daun untuk menghasilkan nilai konstanta ( $k$ ) daun. Analisis data menggunakan  $R^2$ , RMSE, NRMSE, NSE, dan  $d$ . Hasil penelitian didapatkan nilai konstanta daun tanaman rambutan sebesar 0,738 dan jambu air sebesar 0,680. Nilai konstanta tersebut dapat digunakan dalam pengukuran luas daun untuk tanaman rambutan dan jambu air dengan menggunakan metode dimensi daun (panjang dan lebar). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan nilai konstanta tersebut dalam mengukur luas daun menggunakan metode dimensi daun menghasilkan korelasi yang sangat kuat dan linier dengan pengukuran luas daun menggunakan pengolahan citra digital. Selain itu, berdasarkan hasil analisis statistik didapatkan bahwa nilai konstanta tersebut sangat baik dan akurat dalam memprediksi luas daun.

**Kata kunci:** Jambu Air, Konstanta Daun, Luas Daun, Pengolahan Citra Digital, Rambutan

### Abstract

Leaves are one of the important plant organs because leaves contain parts of the processes of photosynthesis and transpiration that determine plant growth. Leaf area data is needed for measuring leaf area index and net assimilation. There are several methods for measuring leaf area, one of the fastest and easiest methods to use is measuring leaf area based on leaf dimensions (length and width). However, to obtain high accuracy it is necessary to use an optimal correction factor. Based on these considerations, this research aims to develop a leaf area constant ( $k$ ) model based on digital image processing which is very useful for increasing the accuracy of leaf area measurements with case studies on the leaves of rambutan and water apple plants. This research was conducted at the Agrotechnology Laboratory, Pekalongan University. This research is an identification research by observing and measuring leaf dimensions to produce leaf constant ( $k$ ) values. Data analysis uses  $R^2$ , RMSE, NRMSE, NSE, and  $d$ . Based on the research results, it was found that the leaf constant value of rambutan plants was 0.738, and water apple was 0.680. These constant values can be used to measure leaf area for rambutan and water apple plants using the leaf dimension method (length and width). The research results show that using these constant values in measuring leaf area using the leaf dimension method produces a very strong and linear correlation with measuring leaf area using digital image processing. Apart from that, based on the results of statistical analysis, it was concluded that this constant value was very good and accurate in predicting leaf area.

**Keywords:** Digital Image Processing, Leaf Area, Leaf Constant, Rambutan, Water Apple

## 1. PENDAHULUAN

Daun merupakan salah satu organ tanaman yang penting, karena pada daun terdapat bagian berlangsungnya proses fotosintesis dan transpirasi yang menentukan pertumbuhan tanaman (Andrian

et al., 2022; Irwan & Wicaksono, 2017; Nurholis et al., 2023; Usman et al., 2018). Ratusan khloroplas yang terdapat pada daun dewasa memiliki peran terhadap proses fotosintesis (Andrian et al., 2022; Susilo, 2015). Oleh sebab itu, data luas daun adalah salah satu parameter penting dalam analisis pertumbuhan suatu tanaman.

Data luas daun diperlukan untuk pengukuran indeks luas daun dan asimilasi bersih (Nurholis et al., 2023; Wicaksono & Kadapi, 2021). Indeks luas daun adalah perbandingan antara luas daun tanaman dengan luas kanopi yang ditutupinya untuk melihat efektivitas tanaman dalam melakukan fotosintesis (Bréda, 2003; Risdiyanto & Setiawan, 2007). Laju asimilasi bersih yaitu indikator pertumbuhan yang menghitung peningkatan bobot tanaman per luas daun (Nurholis et al., 2023; Shipley, 2002, 2006). Selain itu, data luas daun juga diperlukan untuk memperkirakan respirasi, evaporasi dan fotosintesis yang dapat terjadi (Lindroth et al., 2008).

Beberapa metode pengukuran luas daun yang ada yaitu metode dimensi daun atau konstanta daun (Chaudhary et al., 2012; Susilo, 2015), metode kertas milimeter (Pandey & Singh, 2011), metode gravimetri (Irwan & Wicaksono, 2017), metode *scanning* dan metode *Leaf Area Meter* (LAM) (Chandran S et al., 2015; Huang et al., 2005; Nie et al., 2010; Sala et al., 2015; Tech et al., 2018; Tu et al., 2021). Metode dimensi daun merupakan metode yang paling mudah digunakan dengan berdasarkan dimensi daun (panjang dan lebar), tetapi untuk akurasi yang tinggi perlu digunakan faktor koreksi (konstanta) yang optimal (Chaudhary et al., 2012). Sedangkan metode kertas milimeter merupakan metode yang sangat sulit diterapkan karena membutuhkan ketelitian yang tinggi, waktu yang lama dan tidak cocok untuk daun yang berbentuk majemuk (Pandey & Singh, 2011). Metode gravimetri kertas merupakan metode yang menerapkan prinsip luas daun ditaksir melalui perbandingan berat (gravimetri). Metode tersebut membutuhkan waktu yang sangat lama dan membutuhkan banyak kertas (Irwan & Wicaksono, 2017). Sedangkan metode *scanning* dan metode LAM merupakan metode pengukuran luas daun yang paling akurat (Chandran S et al., 2015; Huang et al., 2005; Nie et al., 2010; Sala et al., 2015; Tech et al., 2018; Tu et al., 2021). Namun pada penerapannya selain alatnya yang mahal, metode tersebut tidak dapat digunakan untuk daun yang memiliki ukuran yang besar.

Berdasarkan beberapa metode tersebut, salah satu metode yang paling cepat dan mudah digunakan adalah pengukuran luas daun berdasarkan dimensi daun (panjang dan lebar). Namun untuk mendapatkan akurasi yang tinggi perlu digunakan faktor koreksi yang optimal (Sala et al., 2015; Susilo, 2015). Berdasarkan dari pertimbangan tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model konstanta luas daun ( $k$ ) berbasis pengolahan citra digital yang sangat berguna untuk meningkatkan akurasi pengukuran luas daun dengan studi kasus pada daun tanaman rambutan dan jambu air. Pemilihan metode pengolahan citra digital dalam mengukur luas daun karena memiliki tingkat presisi yang tinggi yaitu sebesar 99,95-100% (Sala et al., 2015).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Agroteknologi Universitas Pekalongan. Bahan yang digunakan yaitu daun tanaman rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) dan jambu air (*Eugenia aquea* L.) masing-masing sejumlah 30 daun. Sedangkan alat yang digunakan yaitu Kamera Canon Mirrorless M3, tripod vertikal dan horizontal, akrilik, kertas manila warna putih, objek tuntun warna hitam ukuran 5x5 cm, penggaris, laptop dan *software ImageJ*.

### 2.2. Model Konseptual

Penelitian ini merupakan penelitian identifikasi dengan melakukan pengamatan dan pengukuran dimensi daun untuk menghasilkan nilai konstanta ( $k$ ) daun. Nilai konstanta ( $k$ ) daun tersebut kemudian dapat digunakan untuk membantu menghitung luas daun menggunakan metode panjang kali lebar (Montgomery, 1911) dengan rumus:

$$LA = L \times W \times k \quad (1)$$

$$k = \frac{LA}{L \times W} \quad (2)$$

Keterangan:

LA = luas daun

L = panjang daun

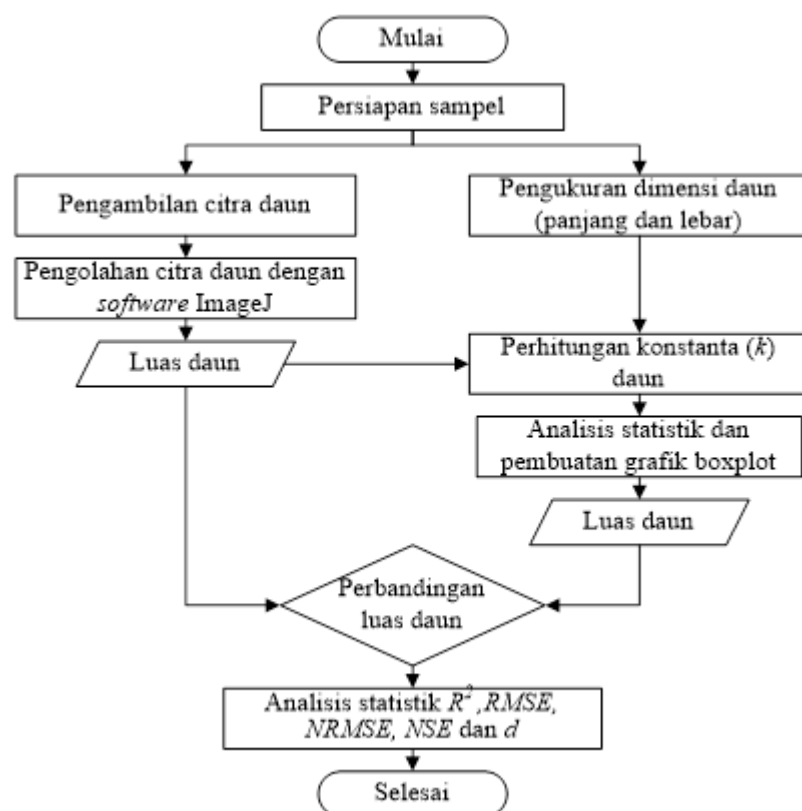
W = lebar daun

k = konstanta daun.

Untuk mendapatkan nilai konstanta ( $k$ ) daun, maka dilakukan perbandingan nilai antara luas daun sebenarnya yang diukur menggunakan metode pengolahan citra digital dengan luasan daun yang ditaksir menggunakan metode dimensi daun (panjang, lebar dan konstanta daun). Panjang dan lebar daun diukur dengan menggunakan penggaris dengan ketelitian 0,5 mm. Pengamatan dan pengukuran nilai konstanta ( $k$ ) daun dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor koreksi pola dan bentuk daun sehingga akan digunakan kembali untuk membantu menghitung luas daun menggunakan metode panjang kali lebar.

### 2.3. Tahapan Penelitian

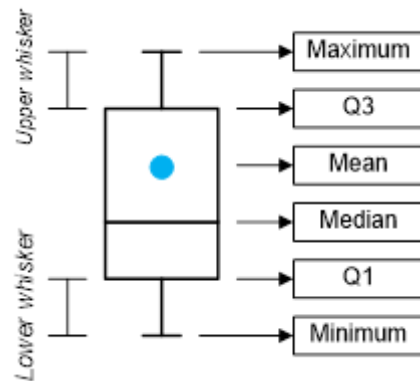
Pelaksanaan penelitian terdiri dari pengambilan data luas daun menggunakan metode pengolahan citra digital. Pemilihan metode pengolahan citra digital dengan *software* ImageJ dalam mengukur luas daun karena memiliki tingkat presisi yang tinggi yaitu sebesar 99,95-100% (Martin et al., 2020; Sala et al., 2015). Sehingga diharapkan dapat memperoleh nilai konstanta ( $k$ ) daun tanaman rambutan dan jambu air yang optimal dalam mengukur luas daun menggunakan metode dimensi daun. Tahapan penelitian disajikan dalam diagram alir penelitian yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 2.4. Analisis Statistik

Hasil pengukuran konstanta ( $k$ ) diolah dengan *software* Microsoft Excel untuk mendapatkan ukuran statistik yang berupa rata-rata, standar deviasi, Q1, Q2 (Median), Q3, nilai minimum, dan nilai maksimum. Hasil dari ukuran statistik ditampilkan dalam grafik boxplot (Firmansyah et al., 2019; Muddin et al., 2019). Berikut grafik boxplot ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Boxplot

Hubungan antara luas daun yang diukur dengan luas daun yang diprediksi berdasarkan konstanta luas daun ( $k$ ) dinilai. Analisis regresi digunakan untuk mendapatkan fungsi prediksi luas daun berdasarkan dimensi daun. Hasil akurasi dievaluasi berdasarkan parameter koefisien korelasi ( $R^2$ ) – nilai yang mendekati 1 adalah yang terbaik; *root mean square error* (RMSE) dan *normalized root mean square error* (NRMSE) – nilai terendah adalah yang terbaik; *Nash-Sutcliffe efficiency coefficient* (NSE) dan *Willmott's index of agreement* ( $d$ ) – nilai yang mendekati 1 adalah yang terbaik.

$$R^2 = \frac{[\sum(O_i - \bar{O}) - (P_i - \bar{P})]}{(\sum(O_i - \bar{O}) \times \sum(P_i - \bar{P}))} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)}{n}} \quad (4)$$

$$NRMSE = \frac{1}{\bar{O}} \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}} \times 100 \quad (5)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

$$d = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (7)$$

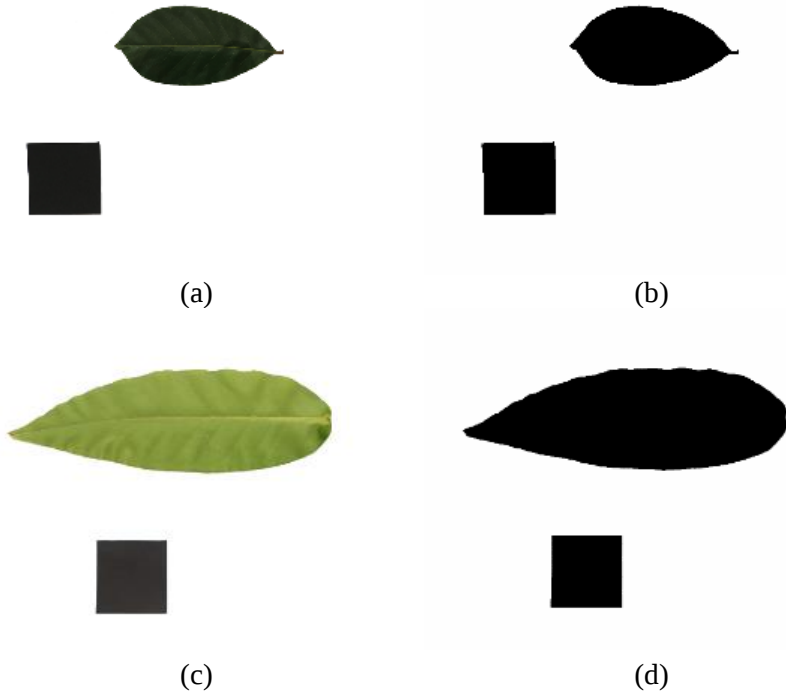
keterangan:

- $O_i$  = 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*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra daun tanaman rambutan dan jambu air setelah diambil menggunakan Kamera Canon Mirrorless M3 selanjutnya dipindah ke laptop untuk dilakukan pengolahan citra digital. Pada Gambar

3 dapat dilihat tahapan pengolahan citra digital untuk menghitung luas daun menggunakan software ImageJ dengan prinsip perhitungan jumlah pixel (Irwan & Wicaksono, 2017; Madhavi et al., 2022; Umam et al., 2023; Zhang, 2020). Objek citra daun dalam satuan pixel diubah dan diolah dengan *software* ImageJ menjadi satuan luas berdasarkan objek tuntun yang telah diatur skalanya dari satuan pixel ke satuan cm.



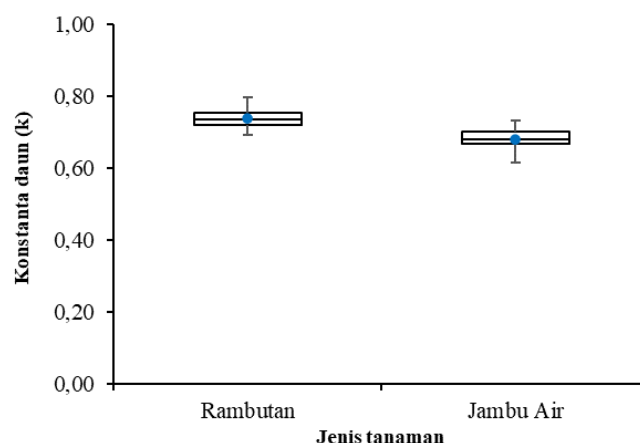
Gambar 3. Pengukuran luas daun berbasis pengolahan citra digital; (a) citra daun rambutan, (b) hasil citra binary rambutan, (c) citra daun jambu air, (d) hasil citra binary jambu air

Data pengukuran luas daun tanaman rambutan dan jambu air menggunakan metode pengolahan citra digital disajikan pada Tabel 1. Selain itu, dalam tabel tersebut juga dapat diketahui data dimensi daun (panjang dan lebar) dan nilai hasil perhitungan konstanta daun (Persamaan 2) untuk masing-masing pengamatan. Berdasarkan Persamaan 2 diperoleh nilai konstanta daun dan kemudian didapatkan nilai rata-rata konstanta daun untuk tanaman rambutan sebesar 0,738 dan jambu air sebesar 0,680.

Tabel 1. Hasil pengukuran luas daun menggunakan metode pengolahan citra digital dan pengukuran dimensi daun

| Sampel | Rambutan                     |              |            |       | Jambu Air                    |              |            |       |
|--------|------------------------------|--------------|------------|-------|------------------------------|--------------|------------|-------|
|        | Luas daun (cm <sup>2</sup> ) | Panjang (cm) | Lebar (cm) | k     | Luas daun (cm <sup>2</sup> ) | Panjang (cm) | Lebar (cm) | k     |
| 1      | 92.417                       | 15.0         | 8.4        | 0.733 | 104.08                       | 17.00        | 8.50       | 0.720 |
| 2      | 60.306                       | 13.4         | 6.5        | 0.692 | 110.96                       | 22.80        | 7.90       | 0.616 |
| 3      | 40.468                       | 10.0         | 5.6        | 0.723 | 108.47                       | 24.00        | 6.90       | 0.655 |
| 4      | 80.246                       | 15.0         | 7.6        | 0.704 | 79.12                        | 18.80        | 6.70       | 0.628 |
| 5      | 66.093                       | 14.0         | 6.5        | 0.726 | 111.37                       | 21.90        | 7.50       | 0.678 |
| 6      | 26.231                       | 7.5          | 4.7        | 0.744 | 141.19                       | 24.20        | 8.60       | 0.678 |
| 7      | 49.143                       | 11.6         | 6.0        | 0.706 | 120.34                       | 22.50        | 8.00       | 0.669 |
| 8      | 36.667                       | 9.8          | 5.1        | 0.734 | 89.21                        | 20.00        | 6.60       | 0.676 |
| 9      | 54.582                       | 12.9         | 6.1        | 0.694 | 121.23                       | 22.00        | 7.90       | 0.698 |
| 10     | 41.881                       | 11.3         | 5.2        | 0.713 | 101.90                       | 20.20        | 7.80       | 0.647 |

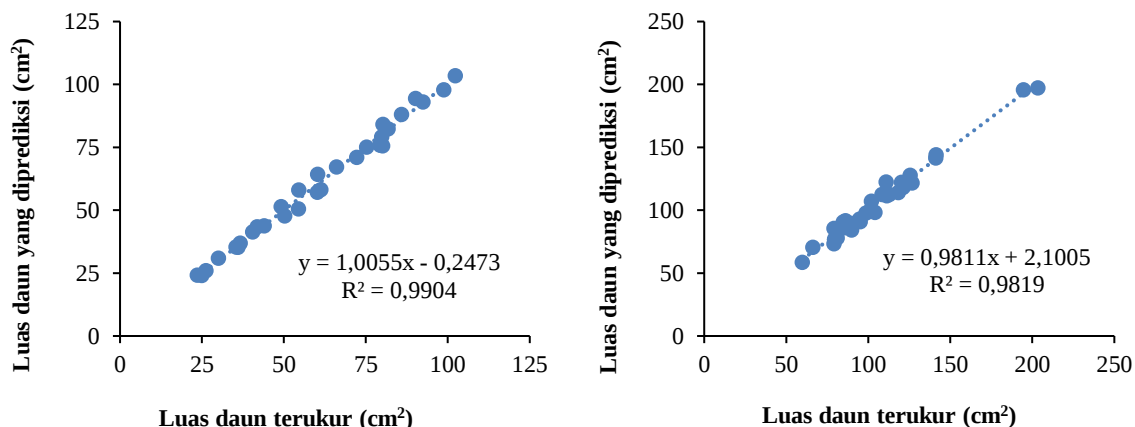
|    |         |      |     |       |        |       |       |       |
|----|---------|------|-----|-------|--------|-------|-------|-------|
| 11 | 54.476  | 11.8 | 5.8 | 0.796 | 112.80 | 22.10 | 7.50  | 0.681 |
| 12 | 50.217  | 12.2 | 5.3 | 0.777 | 194.58 | 28.80 | 10.00 | 0.676 |
| 13 | 24.947  | 7.1  | 4.6 | 0.764 | 101.30 | 23.00 | 6.40  | 0.688 |
| 14 | 79.834  | 14.5 | 7.4 | 0.744 | 79.06  | 18.00 | 6.00  | 0.732 |
| 15 | 35.435  | 10.2 | 4.7 | 0.739 | 85.46  | 19.50 | 6.50  | 0.674 |
| 16 | 35.979  | 10.6 | 4.5 | 0.754 | 79.57  | 18.00 | 6.30  | 0.702 |
| 17 | 102.282 | 16.3 | 8.6 | 0.730 | 95.16  | 18.60 | 7.20  | 0.711 |
| 18 | 90.195  | 14.7 | 8.7 | 0.705 | 59.77  | 16.00 | 5.40  | 0.692 |
| 19 | 23.586  | 8.2  | 4.0 | 0.719 | 98.59  | 19.70 | 7.30  | 0.686 |
| 20 | 30.026  | 7.9  | 5.3 | 0.717 | 118.40 | 21.00 | 8.00  | 0.705 |
| 21 | 60.166  | 10.6 | 7.3 | 0.778 | 66.21  | 17.00 | 6.10  | 0.638 |
| 22 | 98.800  | 15.6 | 8.5 | 0.745 | 84.84  | 21.50 | 6.20  | 0.636 |
| 23 | 79.398  | 13.0 | 7.9 | 0.773 | 86.19  | 21.40 | 6.30  | 0.639 |
| 24 | 85.895  | 15.1 | 7.9 | 0.720 | 126.75 | 23.90 | 7.50  | 0.707 |
| 25 | 80.140  | 13.3 | 7.7 | 0.783 | 89.83  | 15.50 | 8.00  | 0.724 |
| 26 | 75.212  | 13.2 | 7.7 | 0.740 | 94.79  | 18.50 | 7.40  | 0.692 |
| 27 | 81.808  | 14.3 | 7.8 | 0.733 | 141.44 | 26.50 | 8.00  | 0.667 |
| 28 | 72.211  | 13.0 | 7.4 | 0.751 | 203.42 | 25.90 | 11.20 | 0.701 |
| 29 | 61.264  | 12.7 | 6.2 | 0.778 | 125.63 | 21.60 | 8.70  | 0.669 |
| 30 | 43.953  | 11.0 | 5.4 | 0.740 | 81.00  | 18.50 | 6.20  | 0.706 |



Gambar 4. Boxplot konstanta daun

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan nilai konstanta daun rambutan dan jambu air memiliki sebaran nilai yang cukup merata. Hal tersebut dapat dilihat dari sebaran nilai yang relatif seimbang antara *upper whisker* dan *lower whisker* untuk masing-masing tanaman. Selain itu, berdasarkan boxplot tersebut bisa dilihat distribusi datanya relatif merata dengan nilai jangkauan antar kuartilnya yang relatif kecil untuk masing-masing jenis tanaman tanaman.

Grafik korelasi luas daun terukur berdasarkan pengukuran pengolahan citra digital dengan luas daun yang diprediksi berdasarkan pengukuran metode dimensi daun menggunakan nilai konstanta yang telah diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai korelasi antara luas daun terukur dengan luas daun yang diprediksi untuk tanaman rambutan dan jambu air berturut-turut sebesar 0,9904 dan 0,9819. Dapat disimpulkan bahwa korelasi antara luas daun terukur dengan luas daun yang diprediksi memiliki korelasi sangat kuat dan linier, karena nilai  $R^2$  dalam rentang 0,8-1 adalah sangat kuat (Islam et al., 2021; Ramadhani et al., 2023; Ramadhani & Jalil, 2023; Suhartanto et al., 2019; Tech et al., 2018). Berdasarkan hal tersebut, sesuai dengan tujuan penelitian ini maka metode pengukuran luas daun menggunakan dimensi daun dengan nilai konstanta daun untuk rambutan dan jambu air berturut-turut sebesar 0,738 dan 0,680 adalah akurat, linier dan dapat diterapkan dalam mengukur luas daun tanaman tersebut.



Gambar 5. Hubungan luas daun terukur berdasarkan pengukuran metode pengolahan citra digital dengan luas daun yang diprediksi berdasarkan pengukuran metode dimensi daun menggunakan nilai konstanta; (a) rambutan; dan (b) jambu air

Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil analisis statistik terhadap luas daun terukur menggunakan pengolahan citra digital dengan prediksi luas daun menggunakan metode dimensi daun untuk masing-masing daun tanaman rambutan dan jambu air. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut menunjukkan bahwa metode prediksi luas daun menggunakan metode dimensi daun dengan menggunakan nilai konstanta yang diperoleh dalam hasil penelitian dapat bekerja sangat baik dan akurat dalam mengukur luas daun untuk masing-masing jenis tanaman. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil analisis statistik *RMSE*, *NRMSE*, *NSE*, dan *Willmott's index or agreement (d)*.

Tabel 2. Hasil analisis statistik

| Tanaman   | <i>RMSE</i> | <i>NRMSE</i> | <i>NSE</i> | <i>d</i> |
|-----------|-------------|--------------|------------|----------|
| Rambutan  | 2.288       | 0.038        | 0.990      | 0.998    |
| Jambu air | 4.254       | 0.040        | 0.982      | 0.995    |

*RMSE* yaitu besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, semakin kecil nilai *RMSE* yang diperoleh, maka hasil prediksi akan semakin akurat (Alvar-Beltrán et al., 2021; Ramadhani et al., 2023; Suprayogi et al., 2014). Hal yang serupa juga berlaku untuk *NRMSE*, semakin kecil (mendekati 0) nilai *NRMSE*, maka hasil prediksi akan semakin baik (Alvar-Beltrán et al., 2021; Ramadhani et al., 2023). Sedangkan untuk *NSE* dan *Willmott's index or agreement (d)* menunjukkan angka yang mendekati 1. Nilai *NSE* yang mendekati 1 atau dalam rentang 0,75-1 (Alvar-Beltrán et al., 2021; Nash & Sutcliffe, 1970; Ramadhani et al., 2023; Suhartanto et al., 2019), maka dinyatakan bahwa nilai konstanta daun yang diperoleh dalam mengukur luas daun sangat baik. Sedangkan untuk nilai *Willmott's index or agreement (d)* yang mendekati 1 atau dalam rentang 0,9-1 (Alvar-Beltrán et al., 2021; Ramadhani et al., 2023) maka dinyatakan bahwa nilai konstanta daun yang diperoleh dalam mengukur luas daun tersebut sangat baik.

Kebutuhan terhadap faktor koreksi bentuk daun atau nilai konstanta (*k*) daun sangat diperlukan dalam melakukan pengukuran luas daun menggunakan metode dimensi daun. Mengingat pentingnya daun bagi tanaman, nilai luas daun sangat penting untuk mengetahui berbagai variabel pengamatan lainnya yang berkaitan dengan daun misalnya indeks luas daun dan asimilasi bersih (Nurholis et al., 2023; Wicaksono & Kadapi, 2021), khloroplas (Andrian et al., 2022; Susilo, 2015), transpirasi, respirasi dan fotosintesis (Andrian et al., 2022; Irwan & Wicaksono, 2017; Lindroth et al., 2008; Nurholis et al., 2023; Usman et al., 2018). Pengukuran luas daun dengan menggunakan metode dimensi daun ini juga sangat terkenal dan sering digunakan di Indonesia (Susilo, 2015), karena metode tersebut mudah, cepat dan membutuhkan biaya yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan penelitian sejenis lainnya untuk mencari nilai konstanta (*k*) daun tanaman lainnya agar dapat digunakan untuk memperoleh nilai luas daun suatu tanaman dengan akurasi yang tinggi menggunakan metode pengukuran dimensi daun.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai konstanta daun tanaman rambutan sebesar 0,738 dan jambu air sebesar 0,680. Nilai konstanta tersebut dapat digunakan dalam pengukuran luas daun untuk tanaman rambutan dan jambu air dengan menggunakan metode dimensi daun (panjang dan lebar). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan nilai konstanta tersebut dalam mengukur luas daun menggunakan metode dimensi daun menghasilkan korelasi yang sangat kuat dan linier dengan pengukuran luas daun menggunakan pengolahan citra digital. Selain itu, berdasarkan hasil analisis statistik menyimpulkan bahwa nilai konstanta tersebut sangat baik dan akurat dalam memprediksi luas daun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alvar-Beltrán, J., Gobin, A., Orlandini, S., & Marta, A. D. (2021). AquaCrop parametrisation for quinoa in arid environments. *Italian Journal of Agronomy*, 16(1749). <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1749>
- Andrian, R., Agustiansyah, A., Junaidi, A., & Lestari, D. I. (2022). Aplikasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Android. *Jurnal Agrotropika*, 21(2), 115–123. <https://doi.org/10.23960/ja.v21i2.6096>
- Bréda, N. J. J. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: A review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*, 54(392), 2403–2417. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg263>
- Chandran S, L., Shariff B, P., J, P., & Rao A, R. (2015). Portable Leaf Area Meter: A Review. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, 3(2), 134–136. <https://doi.org/10.17148/ijireeice.2015.3228>
- Chaudhary, P., Godara, S., Cheeran, A. N., & Chaudhari, A. K. (2012). Fast and accurate method for leaf area measurement. *International Journal of Computer Applications*, 49(9), 22–25. <https://doi.org/10.5120/7655-0757>
- Firmansyah, M. R. N., Soedibyo, D. W., & Wahyuningsih, S. (2019). Pemutuan Belimbing Manis (averrhoa carambola l.) Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Agritechno*, 12(2), 121–130. <https://doi.org/10.20956/at.v0i0.220>
- Huang, W., Liu, L., Sun, G., Lu, Y., Wang, J., & Zhao, C. (2005). A novel portable crop environment factors stress and grain quality monitoring instrument. *Procedings of IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium*, 554–557. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2005.1526234>
- Irwan, A. W., & Wicaksono, F. Y. (2017). Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi dan scanner. *Jurnal Kultivasi*, 16(3), 425–429. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i3.14448>
- Islam, S., Reza, M. N., Chowdhury, M., Islam, M. N., Ali, M., Kiraga, S., & Chung, S. O. (2021). Image processing algorithm to estimate ice-plant leaf area from RGB images under different light conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012013>
- Lindroth, A., Lagergren, F., Aurela, M., Bjarnadottir, B., Christensen, T., Dellwik, E., Grelle, A., Ibrom, A., Johansson, T., Lankreijer, H., Launiainen, S., Laurila, T., Mölder, M., Nikinmaa, E., Pilegaard, K., Sigurdsson, B. D., & Vesala, T. (2008). Leaf area index is the principal scaling parameter for both gross photosynthesis and ecosystem respiration of northern deciduous and coniferous forests. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 60(2), 129–142. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2006.00330.x>
- 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>

- Martin, T. N., Fipke, G. M., Winck, J. E. M., & Marchese, J. A. (2020). ImageJ software as an alternative method for estimating leaf area in oats. *Acta Agronomica*, 69(3), 162–169. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.69401>
- Montgomery, E. G. (1911). *Correlation studies in corn. Annual report no. 24. Agricultural Experimental Station*.
- Muddin, M. I. U., Soedibyo, D. W., & Wahyuningsih, S. (2019). Identifikasi Varietas Benih Jagung (*Zea Mays L.*) Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan. *Teknika*, 8(2), 78–85. <https://doi.org/10.34148/teknika.v8i2.173>
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Nie, P., Yang, Y., Liu, F., Zheng, J., & He, Y. (2010). Method of non-destructive measurement for plant leaf area and its instrument development. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26(9), 198–202. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.09.034>
- Nurholis, Umam, C., Syafii, M., Damayanti, E. N., Syaifullah, Dermawan, D. A., & Supyanto, A. (2023). Penerapan metode digital untuk mengukur indeks luas daun tanaman sawi caisim (*Brassica juncea L.*). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan*, 4(1), 8–15. <https://doi.org/10.54387/jpp.v4i1.30>
- Pandey, S. K., & Singh, H. (2011). A simple, cost-effective method for leaf area estimation. *Journal of Botany*, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2011/658240>
- Ramadhani, F. M. Al, Bowo, C., & Slameto, S. (2023). The Use of Aquacrop Model for Soybean in Various Water Availability Within a Lysimeter System. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 7(4), 399–413. <https://doi.org/10.55043/jaast.v7i4.153>
- Ramadhani, F. M. Al, & Jalil, A. (2023). Analisis Usia Tanaman Padi Berdasarkan Berbagai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Kamera. *Jurnal Penelitian Ilmu Sosial Dan Eksakta*, 2(2), 84–95. <https://doi.org/10.47134/trilogi.v2i2.41>
- Risdiyanto, I., & Setiawan, R. (2007). Metode neraca energi untuk perhitungan indeks luas daun menggunakan data citra satelit multi spektral. *Jurnal Agromet Indonesia*, 21(2), 27–38. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.21.2.27-38>
- 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>
- Shipley, B. (2002). Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. *Functional Ecology*, 16(5), 682–689. <https://doi.org/10.1046/j.13652435.2002.00672.x>
- Shipley, B. (2006). Net assimilation rate, specific leaf area and leaf mass ratio: which is most closely correlated with relative growth rate? a meta-analysis. *Functional Ecology*, 20(4), 565–574. <https://doi.org/10.1111/j.13652435.2006.01135.x>
- Suhartanto, E., Cahya, E. N., & Maknun, L. (2019). Analisa Limpasan Berdasarkan Curah Hujan Menggunakan Model Artifical Neural Network (ANN) Di Sub Das Brantas Hulu. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(2), 134–144. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2019.010.02.07>
- Suprayogi, I., Trimaijon, & Mahyudin. (2014). Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1), 1–18. <http://ce.unri.ac.id>
- Susilo, D. E. H. (2015). Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun untuk Pengukuran Luas Daun Metode Panjang Kali Lebar pada Tanaman Hortikultura di Tanah Gambut. *Anterior Jurnal*, 14(2), 139–146. <https://doi.org/10.33084/anterior.v14i2.178>
- Tech, A. R. B., Silva, A. L. C. da, Meira, L. A., Oliveira, M. E. de, & Pereira, L. E. T. (2018). Methods of image acquisition and software development for leaf area measurements in pastures. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.025>

- Tu, L., Peng, Q., Li, C., & Zhang, A. (2021). 2D in Situ Method for Measuring Plant Leaf Area with Camera Correction and Background Color Calibration. *Scientific Programming*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/6650099>
- Umam, C., Putri, S. A., Milyani, J., Aurelita, S. K., Suryawati, S., & Purwaningsih, Y. (2023). Perhitungan Luas Daun Berbasis Pemrosesan Citra Digital. *Teknotan*, 17(2), 115. <https://doi.org/10.24198/jt.vol17n2.5>
- Usman, U., Syahrudin, S., Asie, K. V., & Suparno, S. (2018). Akurasi Penggunaan Metode Panjang Kali Lebar Untuk Pengukuran Luas Daun Jagung (*Zea mays* L.) dan Kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 10(2), 42–50. <https://doi.org/10.33512/j.agrtek.v10i2.5806>
- Wicaksono, F. Y., & Kadapi, M. (2021). Perbandingan Model Regresi untuk Pengukuran Luas Daun Gandum di Daerah Tropis. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 9(2), 150–156. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v9i2.302>
- Zhang, W. (2020). Digital image processing method for estimating leaf length and width tested using kiwifruit leaves (*Actinidia chinensis* Planch). *PLoS ONE*, 15(7), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235499>