

APLIKASI PENGUKURAN LUAS DAUN TANAMAN MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL BERBASIS ANDROID

Application of Measuring Plant Leaf Area Using Android-Based Digital Image Processing

Rico Andrian^{1*}, Agustiansyah², Akmal Junaidi¹, Dian Indah Lestari¹

¹Jurusan Ilmu komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

²Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*E-mail Korespondensi: rico.andrian@fmipa.unila.ac.id

ABSTRAK

Daun merupakan organ terpenting pada tumbuhan dalam proses fotosintesis dan akan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Luas daun merupakan parameter yang sangat penting dalam ilmu nutrisi tanaman, pengukuran perlindungan tanaman, hubungan antara air dan tanah pada tanaman, ekosistem tanaman, dan kesuburan tanaman. Penggunaan alat ukur luas daun yang ada saat ini memiliki kekurangan dalam hal dari portabilitas dan kepraktisan. Berkembangnya teknologi smartphone menjadi salah satu solusi karena dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut dengan merancang aplikasi yang dapat mengukur luas daun dengan menggunakan kamera smartphone berbasis android. Penelitian ini telah berhasil membuat aplikasi perhitungan luas daun yang memanfaatkan kamera smartphone menggunakan library OpenCV. Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini mampu mempermudah dan mempercepat penghitungan luas citra daun dengan tingkat kesalahan 4.9% dan keakuratan mencapai 95.1%.

Kata kunci: Pengolahan Citra, Luas Daun, Opencv, Android

ABSTRACT

Leaves are the most important organ in plants in the process of photosynthesis and will affect plant growth and productivity. Leaf area is a very important parameter in the science of plant nutrition, measurement of plant protection, the relationship between water and soil in plants, plant ecosystems, and plant fertility. The use of leaf area measuring instruments that exist today has its drawbacks in terms of portability and practicality. The development of smartphone technology become one solution in overcoming this problem because it can be designed as an application to measure the leaf area by utilizing an android based smartphone camera. This research has successfully measured made a leaf area by utilizing smartphone cameras using the OpenCV library. The application used in this study is able to provide convenience and speed up the calculation of the leaf image area with an error rate of 4.9% and an accuracy of 95.1% in averages.

Keywords : Image Processing, Leaf Area, Opencv, Android.

PENDAHULUAN

Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah daun. Daun hanya terdapat pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain pada tubuh tumbuhan. Makna daun adalah sebagai salah satu organ yang merupakan bagian tumbuhan yang penting. Daun merupakan organ tempat utama proses fotosintesis karena pada daun dewasa mengandung ratusan kloroplas yang berperan pada proses fotosintesis. Daun tanaman sebagai tempat proses pengolahan energi cahaya menjadi energi kimia dan karbohidrat (glukosa) yang diwujudkan dalam bentuk bahan kering, sehingga perkembangan daun layak sebagai parameter utama dalam analisis pertumbuhan tanaman. Besarnya peran daun dalam pertumbuhan tanaman inilah yang menyebabkan terjadinya perbedaan dalam produksi biomassa tanaman yang disebabkan oleh perbedaan kemampuan daun menghasilkan karbon reduksi untuk menghasilkan biomassa tanaman.

Pengukuran luas daun diperlukan sebagai indikator pertumbuhan dan kinerja fisiologis suatu tanaman. Mengukur luas daun bukan merupakan hal yang mudah karena daun pada tanaman memiliki bentuk yang beraneka ragam sehingga memerlukan waktu yang lama dan alat ukur yang tepat. Pengukuran luas daun pada saat ini dilakukan dengan cara manual menggunakan beberapa metode antara lain metode kertas milimeter, gravimetry, planimeter, metode pengukuran panjang dan lebar dan metode fotografi (Haryadi, 2013).

Metode-metode yang dipakai untuk daun yang bentuknya teratur, luas daun dapat ditaksir dengan mengukur panjang dan lebar daun, sedangkan metode Metode ini menggunakan kertas milimeter dan peralatan menggambar untuk mengukur luas daun. Metode ini dapat diterapkan cukup efektif pada daun dengan bentuk daun relatif sederhana dan teratur. Pada dasarnya, daun

digambar pada kertas milimeter yang dapat dengan mudah dikerjakan dengan meletakkan daun diatas kertas milimeter dan pola daun diikuti. Luas daun ditaksir berdasarkan jumlah kotak yang terdapat dalam pola daun. Sekalipun metode ini cukup sederhana, waktu yang dibutuhkan untuk mengukur suatu luasan daun relatif lama, sehingga ini tidak cukup praktis diterapkan apabila jumlah sampel banyak.

Metode-metode tersebut yang digunakan dalam mengukur luas daun tersebut masih tidak praktis dan memerlukan waktu, sehingga perlu dicari metode yang dapat mengukur dengan mudah, cepat dan akurat. Untuk kepentingan hal tersebut perlu dicari sebuah solusi untuk mempermudah perhitungan luas daun. Proses penelitian tersebut dapat dibantu dengan menggunakan serangkaian proses pengolahan citra, khususnya dalam bidang ilmu botani yaitu mengukur luas daun untuk mempelajari pertumbuhan dan mekanisme perkembangan pada tanaman tersebut. Proses pengukuran luas daun dengan pengolahan citra digital dapat dimanfaatkan dalam permasalahan ini.

Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*) merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu citra itu dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Pengolahan citra adalah setiap bentuk pengolahan sinyal dimana *input* adalah gambar, seperti foto atau video bingkai, sedangkan *output* dari pengolahan gambar dapat berupa gambar atau sejumlah karakteristik atau parameter yang berkaitan dengan gambar. Citra digital yang dihasilkan dari pengujian tersebut memvisualisasikan daun. Citra daun yang dihasilkan akan diolah dan diperoleh sebuah hasil luas daun dengan menggunakan *computer vision*.

Penelitian yang akan dilakukan adalah pengukuran luas daun dengan menggunakan citra digital. Penelitian ini diharapkan lebih memudahkan dalam menetukan hasil luas daun dengan bantuan pengolahan citra dan

memberi dampak pada kegiatan pengukuran luas daun menjadi lebih praktis karena proses penghitungan dilakukan secara otomatis oleh aplikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan tahun ajaran 2021/2022.

Pengambilan Citra

Tahap ini merupakan tahap awal yang dilakukan yaitu pengambilan citra daun melalui kamera *smartphone* secara *realtime*. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera *handphone* Infinix Hot 11s NFC. Gambar yang dapat dilihat oleh komputer adalah angka RGB (*Red, Green, Blue*) dari sebuah gambar. Nilainya antara 0 sampai 255 untuk setiap warna pada tiap piksel gambar.



Konversi Warna (RGB-Gray)

Tahap pertama citra RGB dikonversi ke ruang warna *grayscale*. Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* digunakan untuk mendapatkan nilai warna yang lebih sederhana., dimana warna *grayscale* hanya mempunyai intensitas warna 0 - 255 untuk setiap pikselnya. Pengubahan sebuah gambar menjadi *grayscale* dapat dilakukan dengan cara mengambil semua piksel pada

citra kemudian warna tiap piksel akan diambil informasi mengenai 3 warna dasar yaitu merah, biru dan hijau (melalui fungsi warna to RGB), ketiga warna dasar ini akan dijumlahkan kemudian dibagi tiga sehingga didapat nilai rata-rata. Nilai rata-rata inilah yang akan dipakai untuk memberikan warna pada piksel gambar sehingga warna menjadi *grayscale*, tiga warna dasar dari sebuah piksel akan di-set menjadi nilai rata-rata.

Untuk mengubah RGB menjadi *grayscale* dapat digunakan rumus sebagai berikut:

1. *Lightness method*

$$g = \frac{\max(R,G,B) + \min(R,G,B)}{2}$$

2. *Average method* $g = \frac{R+G+B}{3}$

3. *Luminosity method* $g = (0.21 R) + (0.71 G) + (0.07 B)$

Keterangan:

g = Grayscale

R=Red

G=Green

B=Blue

Metode lightness cenderung mengurangi kontras. Metode luminositas bekerja paling baik secara keseluruhan dan merupakan metode default yang sering digunakan untuk mengubah gambar dari RGB ke skala abu-abu. Namun, beberapa gambar terlihat lebih baik menggunakan salah satu algoritme lain. Dan terkadang ketiga metode menghasilkan hasil yang sangat mirip. Berikut merupakan gambar hasil konversi warna RGB-*Gray*.



Memblurkan Citra (*Gaussian Blur*)

Gaussian Blur adalah Filter blur menempatkan warna transisi yang signifikan pada suatu citra, kemudian membuat warna-warna pertengahan untuk menciptakan efek lembut pada sisi-sisi citra. *Gaussian blur* adalah salah satu filter blur untuk mengurangi detail dan menciptakan efek berkabut, fungsinya adalah untuk mereduksi noise yang muncul pada gambar, dengan efek blur maka objek utama akan menjadi lebih fokus.

Persamaan dari fungsi *Gaussian* dalam dua dimensi dinyatakan sebagai berikut:

$$G_{2D}(x,y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

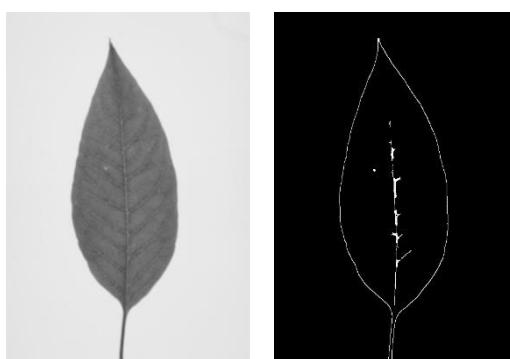
dimana σ adalah deviasi standar dari distribusi *gaussian*, x adalah jarak dari asal sumbu horizontal, dan y adalah jarak dari asal sumbu vertikal. Persamaan tersebut diaplikasikan dalam dua dimensi menghasilkan kontur permukaan berupa lingkaran konsentris dengan distribusi *Gaussian* dari titik pusat. Nilai dari distribusi ini digunakan untuk membangun sebuah matriks konvolusi yang diterapkan pada citra asli. Nilai baru setiap piksel diset pada nilai rata-rata dari daerah sekitarnya. Nilai piksel asli menerima nilai yan paling tinggi sedangkan piksel di sekitarnya menerima nilai yang lebih kecil dimana semakin dekat dengan piksel asli maka nilainya semakin mendekati. Hal inilah yang mengakibatkan timbulnya sebuah *blur* yang menjaga batas-batas dan *edge* yang baik (Yuwono, 2010).

Berikut ini contoh gambar daun yang sudah di-blur.



Deteksi Tepi (*Canny Edge Detection*)

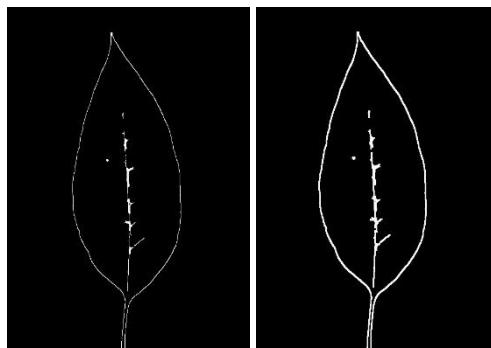
Menghitung besaran gradien citra dan menghitung potensi gradien citra merupakan operator yang paling mendekati definisi dari sebuah *Edge*. Operator sobel memanfaatkan dua buah templet *edge* pada dua arah tegak lurus (horizontal dan vertikal) dan menghitung arah *edge* dari *acrtangent* kedua nilai tersebut. Berikut merupakan citra daun yang telat dilakukan deteksi tepi.



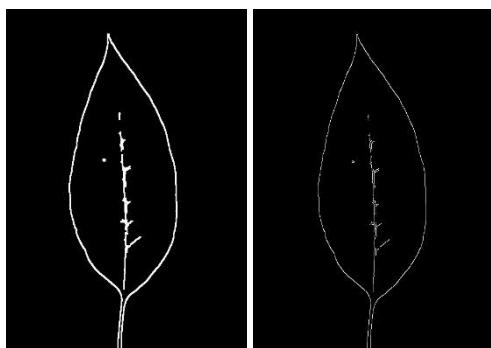
Dilasi dan Erosi

Hasil dari proses deteksi tepi kemungkinan akan menunjukan adanya banyak *noise* dalam klasifikasi piksel daun. Langkah selanjutnya mengurangi *noise* tersebut menggunakan *structuring element* dalam filter morfologis. Pertama menggunakan *structuring element* dengan filter dilasi (*dilation*) yang memperluas area di daerah yang dianggap daun, fungsi ini akan melebarkan piksel dari citra daun

sehingga piksel akan semakin besar dan jelas ,setelah itu *structuring element* yang sama digunakan untuk mengikis (*erosion*) gambar dan mengurangi semua ketidak sempurnaan yang dibuat dilasi. Teknik ini digunakan dengan pendekatan untuk mengisi semua ruang yang menurut rentang ruang warna *Hue* yang dideteksi sebagai daun.



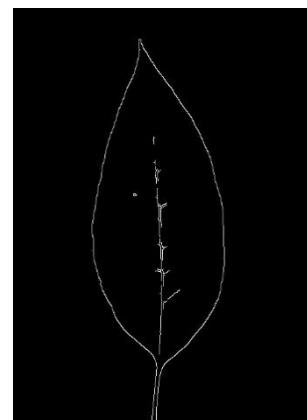
Erosi digunakan untuk mengikis piksel citra daun dan mengurangi semua ketidak sempurnaan yang dibuat dalam proses dilasi. Fungsi dilasi dapat mengakibatkan pembesaran atau pelebaran pada piksel citra daun saling menyatu antara piksel yang saling berdekatan, sehingga fungsi erosi berguna untuk memperkecil dan mengikis piksel yang saling berdekatan sehingga tidak ada penyatuhan antara dua piksel tersebut. Hasil dari proses erosi ditunjukkan pada gambar berikut



Contour

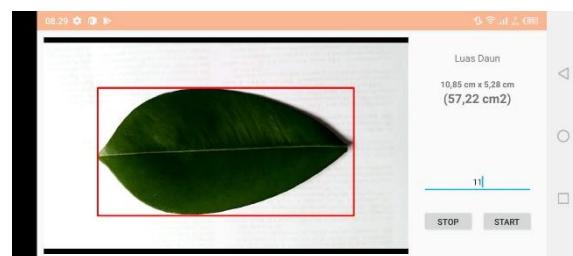
Proses selanjutnya adalah analisis bentuk, untuk deteksi dan pengenalan objek.

Proses ini dilakukan dengan mengelompokan objek yang memiliki warna atau intensitas yang sama (*contour*). *Contour* ini dapat memberikan informasi batas daerah yang berguna untuk mendeskripsikan bentuk objek dalam tahap analisis citra (misalnya untuk mengenali objek).



Deteksi dan Hitung

Hasil dari mendapatkan kontur merupakan representasi dari objek citra daun yang kemudian dihitung luasnya. Citra daun yang terdeteksi ditandai dengan *marker rectangle* lalu akan terdeteksi luas daunnya. Hasil dari deteksi dan hitung ditunjukkan pada gambar berikut.



Perhitungan luas daun dengan menggunakan aplikasi dilakukan dengan cara membuat nilai referensi daun yang sudah didefinisikan pada aplikasi, pada aplikasi sudah didapatkan nilai yang dihitung secara manual dan digunakan untuk membandingkan dengan luas citra daun yang akan kita ukur. Nilai referensi daun pada aplikasi yang sudah ditetapkan yaitu memiliki jarak pengambilan citra yaitu 9 cm

dan nilai piksel lebar daun yaitu 266 piksel dan tinggi daun yaitu bernilai 278 piksel, sedangkan luas asli citra daun tersebut yaitu memiliki nilai lebar 2 cm dan tinggi 2 cm, sehingga memiliki luas daun sebesar 4 cm². Perhitungan luas daun pada aplikasi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{piksel_per_metrik} = \text{lebar_objek} / \text{lebar_diketahui}$$

Perhitungan diaplikasi yang menggunakan jarak 11 cm, lebar piksel 1183 dan tinggi piksel 600 maka nilai luas citra tersebut adalah langkah pertama dengan cara memasukan nilai yang diketahui pada rumus, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Jarak} &= 11 / 9 = 1,22 \text{ cm;} \\ \text{Lebar} &= 1183 / 266 = 4,45 \text{ cm;} \\ \text{Tinggi} &= 600,5 / 278 = 2,16 \text{ cm;}\\ \end{aligned}$$

Perhitungan setelah memasukan nilai daun yang akan dihitung untuk mengetahui luas daun maka langkah selanjutnya yaitu menentukan lebar dan tinggi citra daun, dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Lebar daun} &= 4,45 * 2 * 1,22 = 10,85 \text{ cm} \\ \text{Tinggi daun} &= 2,16 * 2 * 1,22 = 5,28 \text{ cm} \\ \text{Luas citra daun} &= 10,85 * 5,28 \text{ cm} \\ \text{Luas} &= 57,22 \text{ cm}^2;\end{aligned}$$

Perhitungan Kesalahan Error dan Tingkat Akurasi

Perhitungan Kesalahan error dan tingkat akurasi diperlukan untuk mengetahui apakah aplikasi sesuai dengan kebutuhan dan juga untuk mengetahui bahwa aplikasi berhasil digunakan (Asasun N, 2015). Rumus untuk mengetahui tingkat kesalahan error yaitu:

Kesalahan Error

$$= \frac{(a - b) - \text{aplikasi}}{a} \times 100$$

Keterangan:

a= Luas Daun Manual

b= Luas Daun Aplikasi

Tingkat Akurasi Aplikasi

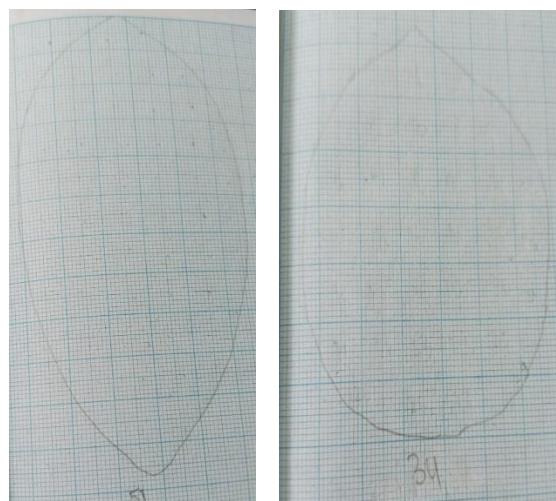
Perhitungan tingkat akurasi aplikasi dapat diketahui dengan cara yaitu:

$$(100\%) - (\text{Nilai kesalahan error}\%)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Luas Daun dengan Metode Manual

Perhitungan luas daun dengan metode manual dilakukan dengan menggunakan metode milimeter blok, metode ini dilakukan dengan cara memplot daun ke kertas milimeter blok. Luasan yang ditutupi oleh daun tersebut kemudian dihitung sehingga diperoleh luasan daun dalam satuan cm², sebanyak 10 sampel daun diukur luasannya. Gambar 15 menunjukkan penghitungan luas daun yang dilakukan dengan menggunakan milimeter blok.



Metode milimeter blok untuk pengukuran luas daun terbilang cukup mudah, praktis, dan cukup memberikan hasil yang memuaskan dengan catatan jumlah sampel sedikit. Penghitungan dengan metode ini jika banyak jumlah sampel yang dibutuhkan maka cukup menghabiskan banyak waktu dan tidak efisien.

Peritungan Luas Daun Menggunakan Aplikasi

Penelitian ini digunakan smartphone Infinix 11s Hot NFC dengan OS android 11, pada penelitian ini jarak yang digunakan juga tergantung pada luas daun yang akan dihitung, sehingga untuk menghitung jaraknya bisa berbeda-beda setiap daunnya.

Prosedur penempatan objek yang akan dihitung

1. Disiapkan selembar kertas dengan ukuran A4.
2. Objek yang akan dihitung diletakkan diatas kertas A4.
3. Kondisi lingkungan pada objek yang akan dihitung harus terpapar dengan kondisi cahaya yang cukup (sinar matahari atau cahaya lampu).

4. Smartphone diletakkan pada posisi jarak tertentu di atas permukaan objek yang akan dihitung.

Prosedur penggunaan aplikasi perhitungan luas daun sebagai berikut.

1. Mengukur jarak smartphone dan objek daun yang akan diambil
2. Memasukan Jarak smartphone dan objek daun dalam cm
3. Menekan tombol “Capture” untuk mengambil citra.
4. Menekan tombol “Start” untuk mulai mengukur luas citra yang akan dihitung luasnya.
5. Menekan tombol “Stop” jika sudah selesai.

Tabel 1. Data Perbandingan Pengukuran Luas Daun Manual dan Aplikasi

No	Luas Daun Menggunakan Aplikasi (cm ²)	Luas Daun Millimeter Block (cm ²)	Jarak Kamera-Daun	Perbedaan Luas	Kesalahan (%)	Akurasi (%)
1.	56,04 cm ²	51 cm ²	10	5,04	9.80	90.20
2.	33.90 cm ²	34 cm ²	10	0.10	0.29	99.71
3.	20.64 cm ²	23 cm ²	6	2.36	10	90
4.	43.90 cm ²	45 cm ²	10	1.10	2.40	97.60
5.	38.98 cm ²	38 cm ²	12.50	0.98	2.50	97.50
6.	47.93 cm ²	44.50 cm ²	10	3.43	7.70	92.30
7.	63.41 cm ²	60 cm ²	10	3.41	5.60	94.40
8.	12.81 cm ²	14 cm ²	12	1.19	8.50	91.50
9.	57.22 cm ²	56 cm ²	11	1.22	2.10	97.90
10.	20.08 cm ²	20 cm ²	10	0.08	0.40	99.60
Rata-rata				4.90	95.10	

Tabel 1 di atas terdapat 6 kolom, kolom pertama adalah data hasil pengukuran yang didapat dari penghitungan citra daun menggunakan aplikasi, kolom kedua adalah data daun yang diukur secara manual menggunakan kerta millimeter blok. Selanjutnya adalah kolom ketiga yaitu pada kolom ini berisi jarak pada saat pengambilan

citra dilakukan. Jarak dihitung antara smartphone dan daun. Kolom keempat adalah selisih luas yan diukur menggunakan kertas millimeter blok dengan luas daun yang diukur berdasarkan aplikasi. Kolom kelima adalah nilai presentase nilai selisih luas dan kolom yang terakhir adalah tingkat akurasi. Pengambilan data ini nilai yang

terdapat di kolom pertama adalah nilai yang muncul pada LCD Smartphone.

Aplikasi ini belum mampu mengukur luas suatu citra pada besaran milimeter, yaitu hanya mampu mengukur luas pada besaran *centimeter*. Dalam penelitian ini, pengaruh cahaya pada saat pengambilan citra objek yang akan dihitung luasnya cukup mempengaruhi karena posisi saat pengambilan gambar. Hal ini akan mengakibatkan adanya bayangan pada hasil pengambilan citra yang berdampak pada kualitas hasil penghitungan citra, sehingga kondisi cahaya yang cukup dan posisi pengambilan citra harus diperhatikan. Hasil dari pengukuran beberapa citra daun diatas didapatkan hasil memiliki tingkat akurasi yang cukup. Tingkat akurasi ini didapat dengan melihat dari hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan beberapa macam citra daun.

KESIMPULAN

Simpulan penelitian ini adalah bahwa aplikasi pengukuran luas daun tanaman menggunakan pengolahan citra digital berbasis android adalah aplikasi mampu mempermudah dan mempercepat penghitungan luas citra daun dengan tingkat kesalahan 4.9% dan keakuratan mencapai 95.1%.

SARAN

Saran untuk penelitian ini adalah perlunya pengembangan agar aplikasi dapat menghitung luas citra daun dengan konstanta jarak yang tepat agar didapatkan asil yang lebih akurat. Selain itu perlu pengembangan agar aplikasi kompatibel pada semua versi OS Android.

DAFTAR PUSTAKA

- Najakh, A. 2015. Jurnal Rancang Bangun Perhitungan Keliling Daun Bayam Menggunakan Citra Digital. Skripsi. Fakultas Sains dan teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Achmad, B. dan K. Firdaus. 2005. Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi . Andi Publishing. Yogyakarta
- Easlon H. M. dan A. J. Bloom. 2014. Easy Leaf Area: Automated Digital Image Analysis For Rapid And Accurate Measurement Of Leaf Area. Appl. Plant Sci. 2(7): 1-4.
- Gargenta, M. 2011. Learning Android. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- Guswanto. 2009. Teknik pengukuran luas daun. Universitas Muhamadiyah Malang. Malang.
- Haryadi. 2013. Pengukuran Luas Daun dengan Metode Simpson, Anterior Jurnal, 12: 1-5.
- Ichniarsyah A. N dan H. Agusrin. 2017. Pengolahan Citra untuk Penghitungan Luas Daus Kale. Jakarta: Universitas Trilogi.
- Irwan, A.W. dan F.Y. Wicaksono. 2017. Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi dan scanner, Jurnal Kultivasi, 16: 425-429.
- Iswari, Ni M. S. 2015. "Review Perangkat Lunak Star UML Berdasarkan Faktor Kualitas McCall." Ultimatics 7(1): 72– 81.
- Kendall, J.E., and K.E Kendall. 2010. Analisis Dan Perancangan Sistem. Jakarta: Indeks.
- Laganiere, R. 2011. OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Munir, R. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Informatika, Bandung. 260 hlm.
- Mulyani, S. 2006. Anatomi Tumbuhan. Kanisius, Yogyakarta:..

- Nidhra, Srinivas, and Jagruthi Dondeti. 2012. "Black Box and White Box Testing Techniques - A Literature Review." International Journal of Embedded Systems and Applications 2(2): 29–50.
- Putra, D. W. T. dan R. Andriani. 2019. "Unified Modelling Language (UML) Dalam Perancangan Sistem Informasi Permohonan Pembayaran Restitusi SPPD." Jurnal Teknoif 7(1): 32-39.
- Rojatkar, D. V, Jengathe, G. M., Khairnar, A. B., & Lengure, S. A. 2016. Android Application Development Software – Android Studio and Eclipse. International Journal For Engineering Applications and Technology, 5(2): 9–12. <http://www.ijfeat.org>
- Johnson, S. 2006. Stephen Johnson on Digital Photography. O'reilly, Sebastopol. 305p.
- Sitompul, S. dan Guritno. 1995 Analisis Tanaman. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. Morfologi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Yudiyanto, A. dan Murinto. 2014. Implementasi Metode Canny Untuk Deteksi Tepi Mutu Daun Tembakau, Jurnal Sarjana Teknik Informatika, 2(3): 231-243.
- Yuwono, B. 2010. Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering Dan Gaussian Filtering, Anterior Jurnal Telematika 7(1): 65 – 75