

# Perhitungan Luas Daun Berbasis Pemrosesan Citra Digital

## Leaf Area Calculation Based on Digital Image Processing

Choirul Umam\*, Suci Aulia Putri, Jannatin Milyani, Shavira Kintan Aurelita, Sinar Suryawati, Yusy Purwaningsih

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura, Madura 69162, Indonesia

\*E-mail: choirul.umam@trunojoyo.ac.id

Diterima: 12 Juni 2023; Disetujui: 27 Juli 2023

---

### ABSTRAK

Luas daun merupakan parameter yang sangat penting yang diperlukan sebagai analisis pertumbuhan dan kinerja fisiologis tanaman. Luas daun juga merupakan representasi dari indikator produksi dan mekanisme budidaya seperti kepadatan benih, pemupukan, pengairan dan penggunaan pestisida. Secara umum keterbatasan metode perhitungan luas daun yang banyak dilakukan saat ini adalah ketepatan proses dan hasil perhitungan, hal itu disebabkan oleh jenis daun tanaman sendiri memiliki bentuk dan ukuran yang sangat bervariasi, sehingga diperlukan waktu yang relatif lama dan alat ukur yang sesuai dan juga metode yang banyak digunakan menggunakan pendekatan konvensional dengan cara *off farm* dan *destructive*, diantaranya metode kertas *millimeter*, *gravimetry* dan konstanta luas daun. Penelitian ini bertujuan sebagai langkah awal pengembangan metode perhitungan luas daun secara digital *on farm* melalui uji perbandingan keakuratan pengukuran luas daun secara digital dibandingkan dengan metode destruktif yang konvensional yaitu kertas *militer* dan *gravimetri*. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat menggunakan bahan 40 jenis daun dalam kebun percobaan Prodi Agroekoteknologi Universitas Trunojoyo Madura, dapat disimpulkan bahwa pertama metode perhitungan luas daun ImageJ sangat layak untuk dikembangkan menjadi salah satu metode perhitungan luas daun yang akurat dan cepat, yang kedua metode ImageJ dapat dikembangkan untuk perhitungan luas daun *on farm* dikarenakan nilainya sangat berkorelasi dengan metode perhitungan luas daun konvensional yang lain khususnya metode kertas *millimeter*. Dasar dari kesimpulan metode ImageJ sangat layak untuk dikembangkan adalah nilai rata-rata *error* selisih persentase perbedaan hasil perhitungan luas daun metode A2b nilai rata-rata *error* nya hanya 4,67% dan untuk nilai SD didapati angka 6 %.

**Kata kunci:** Fisiologis Tanaman; Gravimetri; ImageJ; Kertas Milimeter; Konstanta Luas Daun.

---

### ABSTRACT

Leaf area is an essential parameter for analyzing plant growth and physiological performance. Leaf area also represents production indicators and cultivation mechanisms such as seed density, fertilization, irrigation, and pesticide use. In general, the limitations of the leaf area calculation method that is widely carried out today are the accuracy of the calculation process and results, the type of plant causes its leaves themselves to have a very varied shape and size, so it takes a relatively long time and appropriate measuring instruments and also methods that are widely used using conventional approaches in an off-farm and destructive way. Among them are millimeter paper methods, gravimetry, and leaf area constants. This research aims as the first step in developing a method of calculating leaf area digitally on the farm through a comparative test of the accuracy of digital leaf area measurements compared to conventional destructive methods, namely millimeter paper, and gravimetry. Based on the results of research obtained using 40 types of leaves in the experimental garden of the Agroecotechnology Study Program of Trunojoyo Madura University, it can be concluded that first, the ImageJ leaf area calculation method is very feasible to be developed into one of the accurate and fast leaf area calculation methods. Secondly, the ImageJ method can be developed for calculating leaf area on the farm because its value is highly correlated with other conventional leaf area calculation methods, especially the millimeter paper method. The basis of the conclusion of the ImageJ method is very feasible to be developed is the average error/percentage difference in calculating leaf area of the A2b method. The average error value is only 4.67% and 6% for SD values.

**Keywords:** Plant Physiological; Gravimetry; Imagej; Millimeter Paper; Leaf Area Constant.

### PENDAHULUAN

Produktivitas tanaman ditentukan oleh kemampuan tanaman melakukan fotosintesis dan mendistribusikan hasilnya kebagian tanaman yang bernilai ekonomi. Hasil fotosintesis (asimilat) dapat diukur dengan melihat bahan kering yang dihasilkan. Produksi bahan kering merupakan dasar dari produksi tanaman (Aboukarima *et al.*, 2017). Peningkatan laju fotosintesis berpengaruh terhadap peningkatan produksi bahan kering tanaman, sehingga asimilat yang ditranslokasikan ke bagian ekonomi juga akan meningkat (Susanti & Safrina, 2018). Daun pada tanaman

memiliki fungsi sebagai tempat pengolahan energi cahaya menjadi energi dan simpanan makanan (Zhichen *et al.*, 2022). Simpanan makanan yang dihasilkan tanaman berupa karbohidrat (glukosa) dalam bentuk bahan kering. Daun juga menjadi tempat berlangsungnya proses respirasi dan transpirasi (Azeem *et al.*, 2020). Mengingat banyaknya kegiatan yang berlangsung di daun, maka perkembangan daun layak sebagai parameter utama dalam analisis pertumbuhan tanaman dan luas daun merupakan salah satu parameter penting dalam analisis pertumbuhan tanaman. Indek luas daun, laju tumbuh relatif, dan laju

fotosintesis merupakan parameter yang erat terkait dengan luas daun (Susanti & Safrina, 2018).

Daun merupakan salah satu organ tanaman penting dan menjadi representasi kondisi suatu tanaman, dimana pertumbuhan dan perkembangan tanaman mulai dari proses fotosintesis, respirasi dan transpirasi juga terjadi di daun (Asie, 2018). Peran besar daun dalam pertumbuhan tanaman mengakibatkan perbedaan kemampuan daun melakukan fotosintesis untuk menghasilkan biomassa tanaman (Susanti & Safrina, 2018). Luas daun merupakan parameter yang sangat penting yang diperlukan sebagai analisis pertumbuhan dan kinerja fisiologis tanaman (Andrian *et al.*, 2022). Luas daun juga menunjukkan dari indikator produksi dan mekanisme budidaya seperti kepadatan benih, pemupukan, pengairan dan penggunaan pestisida (Kaushalya Madhavi *et al.*, 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, metode pengukuran luas daun memiliki banyak keterbatasan, terutama dalam aspek ketepatan proses dan hasil perhitungan, hal itu disebabkan oleh jenis daun tanaman sendiri memiliki bentuk dan ukuran yang sangat bervariasi, sehingga diperlukan waktu yang relatif lama dan alat ukur yang sesuai (Andrian *et al.*, 2022). Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran luas daun adalah keakuratan hasil pengukuran dan kecepatan pengukuran (Rusdiana *et al.*, 2021). Metode perhitungan luas daun sendiri, masih banyak menggunakan cara konvensional dengan cara *off farm* dan *destructive* (Azeem *et al.*, 2020; Ulfiani, 2020), dari literasi diatas dipaparkan bahwa kelemahan metode pengukuran luas daun yang ada adalah hasil didapat cukup lama karena daun harus di potong dan dihitung secara manual.

Pengukuran luas dapat dilakukan dengan memetik daun (*destructive*) maupun tanpa memetik daun (*non-destructive*) (Irwan & Wicaksono, 2017). Metode *destructive* menggunakan alat meteran elektronik yang bersifat merusak, mahal dan harus dirawat. Metode *non-destructive* memerlukan waktu lebih sedikit daripada metode *destructive* untuk mengukur dengan bantuan perhitungan matematis (Azeem *et al.*, 2020). Oleh karena itu, seiring dengan operasi global kontemporer fokus pada metode *non-destructive* untuk pengukuran luas daun dan luas tajuk (Ulfiani, 2020).

Mayoritas metode pengukuran daun dilakukan dengan cara konvensional, diantaranya metode kertas *millimeter*, *gravimetry* dan konstanta luas daun (Haryadi, 2013). Dalam beberapa penelitian terdahulu (Andrian *et al.*, 2022; Rusdiana dkk, 2021; Susilo, 2015) terdapat beberapa kelemahan dalam pendekatan perhitungan luas daun menggunakan metode kertas *millimeter*, *gravimetri* dan konstanta luas daun, diantaranya adalah metode diatas efektif untuk daun yang berbentuk relatif sederhana dan teratur, tidak semua daun memiliki konstanta pengali luas daun, kecepatan dan ketepatan hasil perhitungan, ditambah seluruh proses perhitungan harus dilakukan *off farm* dengan cara *destructive*, tidak semua daun bisa dihitung karena memiliki persyaratan tertentu, masih perlu waktu yang lama untuk mendapatkan hasil perhitungan. Proses pengukuran luas daun dengan pengolahan citra *digital* untuk mengatasi permasalahan ini.

Pengolahan citra digital (*digital image prosessing*) merupakan proses menambahkan informasi atau memanipulasi gambar, dengan digital imaging identifikasi daun dapat dilakukan secara otomatis pada data citra digital untuk mengukur luas daun (Suheryadi, 2017). *Digital Imaging* yang berbasis analisis mampu menyediakan data dengan cepat, tepat dan memiliki keunggulan sederhana untuk direkam, dikirim, dan disimpan dalam database (Devega dkk, 2021). Penelitian ini bertujuan sebagai

langkah awal pengembangan metode perhitungan luas daun secara digital *on farm* melalui uji perbandingan keakuratan pengukuran luas daun secara digital dibandingkan dengan metode *destructive* yang konvensional yaitu kertas *militer* dan *gravimetri*. Penelitian ini diharapkan lebih mengoptimalkan metode perhitungan luas daun yang ada, khususnya dalam aspek efektivitas kerja dalam menentukan hasil luas daun dengan bantuan pengolahan citra dan menjadi langkah awal dalam pengembangan alat pengukuran luas daun tanaman *on farm nondestructive*.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura pada April tahun 2023. Alat yang digunakan adalah kamera Canon 3000D dan studio mini *image acquisition* dengan cahaya terdistribusi, kertas milimeter, timbangan analitik dengan seri pabrikan SF-400C, aplikasi imageJ versi 1.53t Java 1.8.0\_345 (64 bit) dan laptop dengan spesifikasi Processor AMD Ryzen 5 2500U RAM 12 GB 64-bit. Bahan yang digunakan adalah 40 jenis daun yang ada di dalam kebun percobaan program studi Agroekoteknologi Universitas Trunojoyo Madura (Gambar 7), diantaranya: daun pulai, vanili, manga, jeruk, pucuk merah, Melati, cabai, pohon dolar, kamboja, kayu putih, jambu air, jambu biji, mahkota duri, kersen, sawo, Nangka, asoka, janda merana, kelor, lamtoro, terong, sirih gading, walisongo, bayam, kemangi, bebandotan, bayam batang merah, binahong, biduri, gingseng jawa, beras tumpah, mahoni, mengkudu, kelengkeng, bunga telang, cemara, bougenville, papaya, kremah, dan matahari kecil. Terdapat 2 metode yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu: perhitungan luas daun metode non-digital dan digital.

### Metode Perhitungan Luas Daun Non-Digital

Metode non-digital yang digunakan adalah pendekatan *gravimetri* dan pendekatan kertas *millimeter*. Metode non-digital pendekatan *gravimetri* pada prinsipnya luas daun ditaksir melalui perbandingan berat (Ali *et al.*, 2012). Tahapannya sebagai berikut (Zhichen *et al.*, 2022): Pertama daun yang akan dihitung luasnya, digambar luasnya pada kertas dan menghasilkan replika daun. Kedua, replika daun digunting dari kertas yang berat dan luasnya telah diketahui. Ketiga, luas daun ditaksir berdasar perbandingan berat replika daun dengan berat total kertas, dapat dilihat pada persamaan (1). Salah satu syarat yang harus dipenuhi jika menggunakan metode ini adalah berat kertas yang digunakan harus memiliki sebaran yang sama diseluruh bagian (JI Corcoles *et al.*, 2015).

$$LD = \frac{Wr}{Wt} \times LK \quad (1)$$

Keterangan:

- LD : Luas daun
- LK : Luas kertas
- Wr : Berat kertas replika
- Wt : Berat total kertas

Metode non-digital kedua adalah pendekatan kertas milimeter. Pendekatan kertas milimeter dilakukan dengan cara daun digambar pada kertas milimeter dan ikuti pola daun (Madhavi *et al.*, 2022). Luas daun ditaksir berdasarkan jumlah kotak yang terdapat dalam pola daun, dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$LD = nxLK \quad (2)$$

Keterangan:

- LD : Luas daun
- LK : Luas setiap kotak
- n : Jumlah kotak

Pendekatan ini banyak dilakukan menggunakan kertas *milimeter* transparan. Kertas *milimeter* diletakkan di atas daun dan jumlah kotak yang terdapat daun dihitung secara langsung (Nasution *et al.*, 2021). Metode ini cukup sederhana, tetapi cukup membutuhkan waktu pengambilan data yang lama sehingga tidak praktis untuk jumlah daun banyak (Pandev and Hema, 2011). Perhitungan luas daun pada setiap kotak pada kertas *milimeter* dapat dilihat pada persamaan 3 dengan satuan akhir  $cm^2$ .

Kotak Utuh	:	(Jumlah Kotak)	x	0.25	
$\frac{3}{4}$ Kotak	:	(Jumlah Kotak)	x	0.25	x $\frac{3}{4}$
$\frac{1}{2}$ Kotak	:	(Jumlah Kotak)	x	0.25	x $\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$ Kotak	:	(Jumlah Kotak)	x	0.25	x $\frac{1}{4}$

(3)

Setiap kotak yang memiliki arsiran daun akan dihitung sesuai dengan luasan arsiran di dalam kertas *milimeter*. Dapat dilihat pada persamaan (3), secara berurutan dapat dijelaskan sebagai berikut: arsiran daun yang tergambar penuh memiliki pengali bernilai 0.25 cm, arsiran daun yang tergambar  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{1}{4}$  kotak berurutan dikalikan 0.25 cm dan faktor pengalinya (Siswanto & Artadana, 2019).

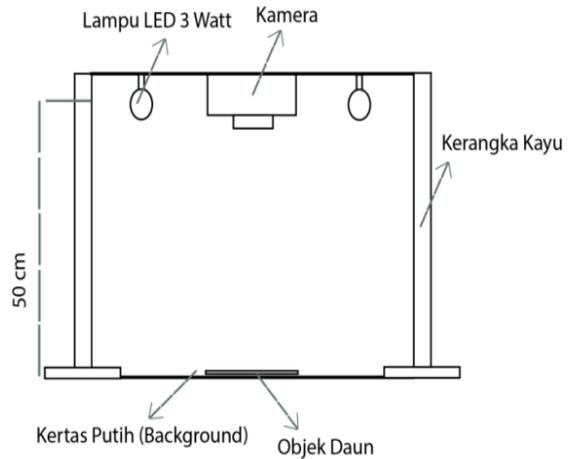
### Metode Perhitungan Luas Daun Digital

Metode pengukuran luas daun berbasis citra digital secara prinsip memiliki 2 tahapan, pertama adalah tahap akuisisi citra dan kedua adalah tahap pengolahan citra untuk mengetahui hasil perhitungan luas daun (Purnama dkk, 2020). Tahapan akuisisi citra digital dilakukan di dalam studio mini *image acquisition*, tahap pengolahan citra sendiri dilakukan menggunakan aplikasi ImageJ. Aplikasi ImageJ merupakan aplikasi yang dikhususkan untuk pengolahan citra gambar, *software* ini bersifat *open source* dan dikembangkan oleh *National Institutes of Health* dan *Laboratory for Optical* (Zhichen *et al.*, 2022).

Tahap pertama merupakan tahap pengambilan citra daun, dilakukan di dalam studio mini *image acquisition* (Gambar 1). Penggunaan data digital dalam pengukuran luas daun sudah acapkali dilakukan, di Indonesia alat digital yang sering digunakan dalam pengukuran luas daun adalah LI-3000 yang dikembangkan oleh LI-COR. Alat ini dapat mengukur luas daun, mengetahui panjang dan lebar daun, bekerja dengan cepat dan akurat (Kaushalya Madhavi *et al.*, 2022), kelemahan utama alat ini adalah biaya investasi pembelian sangat mahal, sehingga kepemilikan alat ini sangat terbatas dan menjadi suatu hambatan dalam penerapan teknologi digital terkait perhitungan luas daun di pertanian Indonesia.

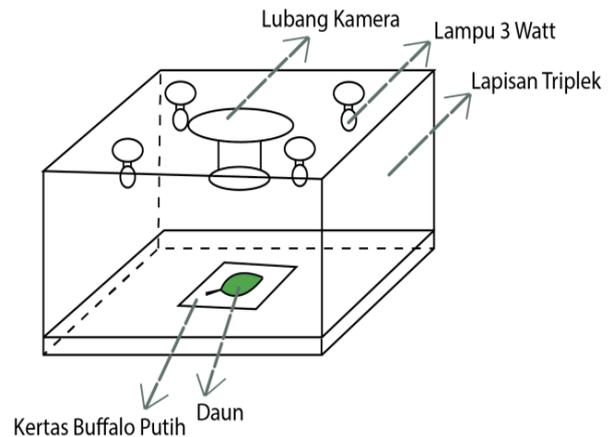
Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan metode digital untuk perhitungan luas daun masih dilakukan. Pendekatan yang dilakukan menggunakan kamera dan *software* tambahan untuk menganalisa hasil pengambilan gambar. Sebagai contohnya menggunakan *software* Scion Image dengan bahasa pemrograman Matlab, James and Newcombe Azeem *et al.*, 2020 dan Madhavi *et al.*, 2022 menggunakan *software* Adobe Photoshop dan Autocad. Dari hasil percobaan tersebut, didapat hasil yang cukup akurat dengan kelemahan utama *software* yang digunakan tidak sepenuhnya memiliki kekhususan untuk perhitungan

luas daun dan juga berbiaya cukup mahal untuk *device hardware* yang digunakan (Madhavi *et al.*, 2022).



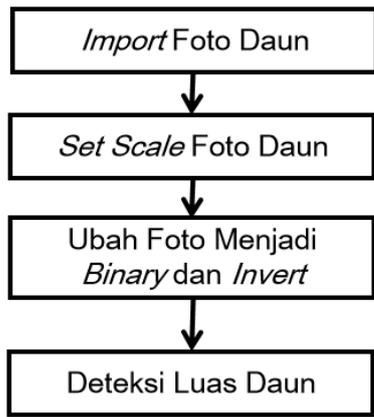
Gambar 1. Desain studio mini *image acquisition*

Penelitian ini mencoba untuk mengembangkan dan juga langkah awal metode perhitungan luas daun digital dengan hasil akurat dan dilakukan *on farm*, artinya pengukuran luas daun dapat dilakukan secara *non destructive* serta langsung dilakukan dilahan. Dapat dilihat pada Gambar 1., desain dari studi *mini image acquisition* terbuat dari kerangka kayu dengan dimensi 50 cm x 50 cm x 50 cm, penutup terbuat dari kayu triplek ketebalan 0.5 cm dan dilapisi kertas buffalo berwarna putih dengan cahaya terdistribusi oleh 4 buah lampu *LED 3 watt* (Siswanto & Artadana, 2019). Kamera diletakkan di lubang bagian atas studio *mini*, dengan jarak ke objek foto 50 cm (lensa kamera dan daun) dan latar belakang kertas buffalo berwarna putih (Aboukarima *et al.*, 2017), tata letak kamera dan objek dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Posisi tata letak kamera

Tujuan dari tata letak kamera (Gambar 2) sendiri adalah mengontrol jarak lensa kamera dan objek agar supaya konstan dan tidak berubah, *angle* kamera, pencahayaan yang optimal dan posisi terbaik daun agar sepenuhnya daun diposisi rata sehingga luas daun secara keseluruhan dapat terkalkulasi (Andrian *et al.*, 2022). Melalui pengaturan tata letak kamera dalam mini studio juga diharapkan didapat hasil foto yang terbaik, akurat dan homogen. Selanjutnya tahap kedua yaitu tahap pengolahan data citra menggunakan aplikasi ImageJ untuk mengetahui luas daun.



Gambar 3. Tahapan pengolahan data citra daun menggunakan software imagej

Tahap kedua merupakan tahap pengolahan data citra menggunakan software ImageJ untuk mengetahui luas daun. Secara prinsip terdapat 4 proses yang dilakukan (Gambar 3): (i) *import/ insert* foto daun yang akan dihitung luasnya, (ii) tentukan batas foto yang akan di hitung luasnya dan *marking* penanda skala (*set scale*) di dalam foto, (iii) ubah foto daun menjadi *binary* (hitam putih) dan *invert*, (iv) deteksi luas daun (otomatis/ manual) dan hasil perhitungan luas daun didapat dari gambar daun terpilih hasil *invert binary* yang berwarna hitam. Dari 4 tahap diatas, yang harus menjadi atensi adalah tahap *scaling area/ marking* penanda skala, setiap *frame* daun yang di foto harus memiliki gambar pembanding skala yang biasanya menggunakan penggaris. Tahap *set scale* ini dilakukan untuk mengetahui jarak asli di dalam foto dalam satuan yang telah ditentukan (cm) dibandingkan dengan jarak *pixels* foto yang ada dalam gambar (Azeem *et al.*, 2020; Devega dkk, 2021).

**Parameter Evaluasi Perhitungan Luas Daun Digital dan Non-Digital**

Hasil perhitungan luas daun metode digital dan non-digital akan dievaluasi menggunakan perhitungan rumus 4. Rumus 4 menjelaskan tentang perhitungan nilai % *error* (E1 dan E2) (Purnama dkk, 2020; Rusdiana *et al.*, 2021).

$$Error = \frac{AI - A2a,b}{A2a,b} \times 100\% \tag{4}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil gambar diambil menggunakan Camera Canon EOS 3000D dengan resolusi gambar berwarna 5184 x 3456 *pixel*, ISO 400, F/5,6, dan *shutter speed* 1/1250 *second* berlatar putih dengan format penyimpanan JPEG. Pengambilan gambar dilakukan di dalam mini studio (Gambar 2) dan akan didapat hasil foto seperti Gambar 4a.

Pada Gambar 4 diketahui tahap selanjutnya adalah gambar diolah menggunakan software ImageJ dengan prinsip perhitungan jumlah *pixel* (Irwan & Wicaksono, 2017; Kaushalya Madhavi *et al.*, 2022). Objek foto daun dalam satuan *pixel* diubah dan diolah oleh aplikasi ImageJ menjadi satuan luas sesuai kebutuhan, untuk penelitian ini menggunakan satuan cm.

Foto daun pada Gambar 4a selanjutnya di *input* pada aplikasi ImageJ untuk dilakukan proses perhitungan luas daun. Citra daun didapati bernilai 192,09 *pixel* untuk 1 cm, dirubah menjadi citra biner seperti Gambar 4b, selanjutnya

dilakukan *invert* untuk didapat hasil yang optimal seperti Gambar 4c dan terakhir dikalkulasikan luas daun melalui *marking* (bertanda kuning pada *edge* citra) dan tombol *wand* pada software ImageJ sama seperti Gambar 4d. Selanjutnya didapatkan hasil data luas daun (Tabel 1) dalam satuan *cm*<sup>2</sup>.

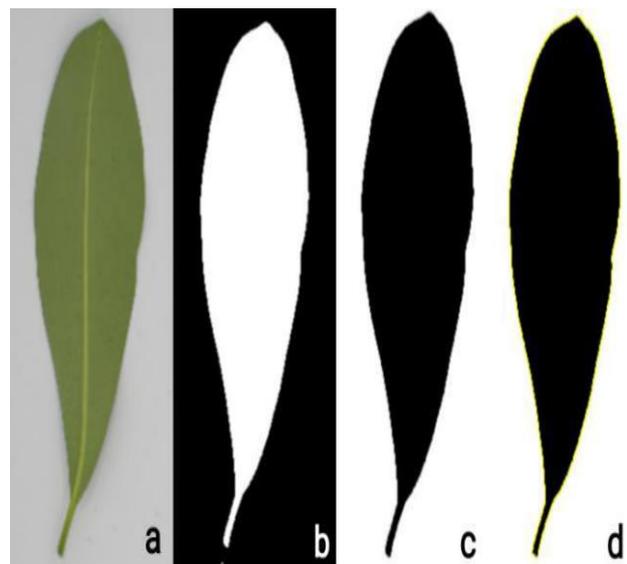
Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengukuran luas daun menggunakan 3 pendekatan: Data citra daun digital menggunakan ImageJ, metode konvensional *gravimetri* dan kertas *milimeter*. Dalam tabel juga diketahui nilai standar deviasi dan presentase *error*. Standar Deviasi didapat dari sebaran nilai antar data/ simpangan baku antar data pengamatan dibandingkan dengan nilai antara rata-rata data pengamatan (Nasution *et. al.*, 2021).

Berdasar pada urutan luas daun pada Tabel 2, didapati 4 daun dengan nilai tertinggi dan terendah adalah daun nomor 31, 11, 1, 21 dan nomor 20, 19, 25, 28 dengan masing-masing memiliki kode dalam persamaan 4. Kita tahu juga bahwa E1 adalah kode untuk selisih nilai A1 dan A2a dan E2 untuk selisih nilai A1 dan A2b, keduanya dinyatakan dalam persentase (%).

Untuk nilai deviasi perhitungan ULD terluas didapat hasil nilai A1 lebih dekat dengan A2a, dengan nilai rata-rata E1 1,42 % sedangkan data ULD terkecil A1 memiliki hasil nilai deviasi terdekat dengan A2b, rata-rata nilai E2 7,95%. Dengan simpulan data tersebut dapat diketahui bahwa metode luas daun ImageJ cenderung lebih dekat dengan perhitungan kertas *milimeter* untuk daun ukuran besar dan lebih dekat dengan pendekatan kertas milimeter untuk daun yang berukuran kecil.

Adapun apabila diurutkan berdasarkan nilai *error*, 4 nilai *error* tertinggi pada E1 adalah ND 39, 18, 20, 40 dengan rata-rata *error* 38,70%; E2 ND 7, 19, 33, 26 dengan rata-rata *error* 13,01%. Sebaliknya untuk *error* terendah pada E1 ialah ND 21, 26, 31, 30 dengan nilai rata-rata 0,2 %; E2 ND 6, 36, 23, 3 dengannilai rata-rata 0,68 %.

Berdasar nilai perhitungan *sampling* 10 % data terbesar dan terkecil pada perhitungan luas daun E1 dan E2, dapat disimpulkan bahwa metode perhitungan luas daun A2a memiliki nilai *error* lebih besar dibandingkan metode A2b dengan selisih nilai sebesar 25,69 %, sedangkan untuk nilai *error* terkecil didapati fakta bahwa metode A2a lebih baik dibandingkan metode A2b dimana selisih nilainya 0,48 %.



Gambar 4. Tahapan pengolahan citra luas daun pendekatan imagej (a) citra daun (b) citra daun *binary* (c) citra daun *binary invert* (d) *marking* dan deteksi luas daun

Tabel 1. Hasil perhitungan luas daun melalui pendekatan imagej, *gravimetri* dan kertas *milimeter*

ND	ULD	A1 (cm <sup>2</sup> )	A2a (cm <sup>2</sup> )	A2b (cm <sup>2</sup> )	E1 (%)	E1 (%)
1	38	64,69	67,79	61,44	-4,57	5,29
2	34	31,22	34,88	30,19	-10,49	3,41
3	32	28,56	28,12	28,81	1,56	-0,87
4	26	20,98	26,66	21,56	-21,31	-2,69
5	5	6,37	6,25	6,69	1,92	-4,78
6	35	36,37	37,63	36,19	-3,35	0,50
7	29	22,41	17,74	18,92	26,32	18,45
8	30	27,78	27,36	26,56	1,54	4,59
9	27	21,53	21,76	20,50	-1,06	5,02
10	11	8,74	11,42	8,38	-23,47	4,30
11	39	105,52	106,55	101,44	-0,97	4,02
12	31	28,10	27,41	29,75	2,52	-5,55
13	14	10,27	14,31	10,88	-28,23	-5,61
14	28	22,24	23,33	22,50	-4,67	-1,16
15	21	16,75	18,75	18,06	-10,67	-7,25
16	16	12,09	9,47	11,50	27,67	5,13
17	6	7,77	11,66	7,12	-33,36	9,13
18	10	8,72	5,73	8,00	52,18	9,00
19	2	3,29	4,03	2,90	-18,36	13,45
20	1	2,74	5,00	2,56	-45,20	7,03
21	37	53,92	53,93	56,87	-0,02	-5,19
22	24	18,87	19,31	18,25	-2,28	3,40
23	18	13,27	10,66	13,38	24,48	-0,82
24	15	11,55	10,37	11,75	11,38	-1,70
25	3	4,73	5,76	4,38	-17,88	7,99
26	17	13,07	13,06	14,44	0,08	-9,49
27	9	8,62	7,81	8,56	10,37	0,70
28	4	5,62	5,35	5,44	5,05	3,31
29	7	8,21	8,33	8,13	-1,44	0,98
30	8	8,25	8,3	7,94	-0,60	3,90
31	40	146,59	146,74	152,57	-0,10	-3,92
32	36	46,19	50,79	46,62	-9,06	-0,92
33	22	16,88	20,31	18,89	-16,89	-10,64
34	19	14,95	13,06	14,99	14,47	-0,27
35	13	10,20	8,75	10,31	16,57	-1,07
36	33	29,46	33,33	29,62	-11,61	-0,54
37	25	19,36	18,46	19,61	4,88	-1,27
38	20	15,41	12,41	14,43	24,17	6,79
39	23	18,10	6,00	18,55	201,67	-2,43
40	12	9,14	6,66	9,56	37,24	-4,39
Rata-Rata Error					18,24	4,67
Standar Deviasi					37,08	6

Keterangan:

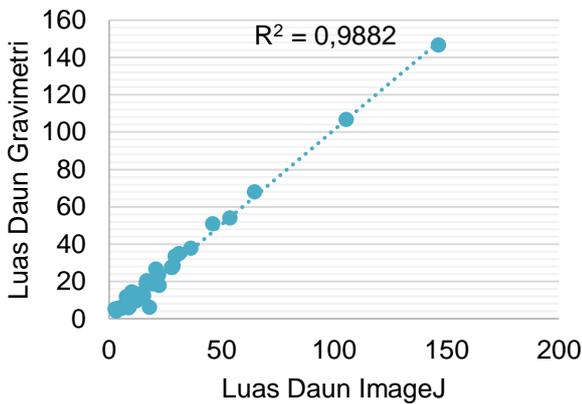
- ND : Nomor Daun
- ULD : Urutan Luas Daun
- A1 : Luas Daun Metode ImageJ
- A2a : Luas Daun Metode Gravimetri
- A2b : Luas Daun Metode Kertas Milimeter
- E1 : Error 1
- E2 : Error 2

Pada Gambar 5 ditampilkan grafik korelasi perhitungan luas daun A1 dan A2a. Nilai perhitungan korelasi didapatkan nilai  $R^2 = 0,9882$ , dapat disimpulkan bahwa berdasar literasi nilai korelasi hasil perhitungan berkorelasi sangat kuat, dimana menurut (Azeem *et al.*, 2020; Siswanto & Artadana, 2019) nilai R hitung pada range nilai 0.8-1 adalah sangat kuat. Berdasar nilai tersebut dssuai dengan tujuan penelitian ini yaitu sebagai langkah awal pengembangan metode perhitungan luas daun secara digital *on farm* melalui uji perbandingan keakuratan pengukuran luas daun secara digital dibandingkan dengan metode *destructive* yang konvensional yaitu kertas *militer*

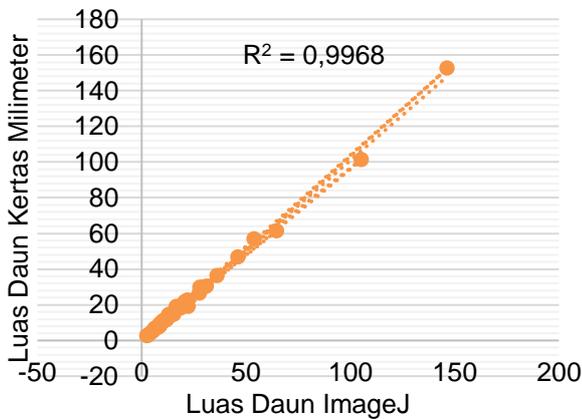
dan *gravimetri*, dapat disimpulkan pendekatan luas daun ImageJ akurat dan dapat diterapkan dalam perhitungan luas daun.

Pada Gambar 6 menampilkan korelasi metode perhitungan luas daun A1 dan A2b, sama seperti metode A1 dan A2a, dari hasil perhitungan didapat nilai  $R^2$  bernilai korelasi sangat kuat yaitu 0,9968. Fakta kedua juga diketahui bahwa korelasi nilai  $R^2$  luas daun A1 dan A2b lebih tinggi dibanding korelasi A1 dan A2a, artinya secara korelasi perhitungan luas daun ImageJ lebih dekat dengan pendekatan luas daun kertas *milimeter*. Hal itu juga didukung oleh data korelasi pada Gambar 5 dan Gambar 6,

dimana korelasi perhitungan luas daun metode ImageJ sangat dekat dengan metode kertas *milimeter* yang menggunakan sampling data terbesar dan terkecil, dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa fakta data tersebut sesuai dengan beberapa penelitian lain (Ali *et. Al.*, 2012; Devega dkk, 2021; Susilo, 2015; Zhichen *et al.*, 2022) dimana dasar perhitungan pengolahan citra digital sama seperti dasar perhitungan luas daun melalui kertas milimeter, yang secara prinsip pendekatan ImageJ ditentukan dari nilai *pixel* yang terdapat pada gambar, lalu dikonversi dalam satuan yang diinginkan, dalam penelitian ini menggunakan satuan  $cm^2$ .

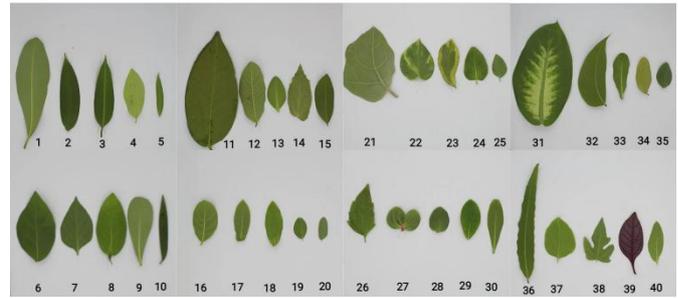


Gambar 5. Grafik korelasi perhitungan luas daun pendekatan imagej dan *gravimetri*



Gambar 6. Grafik korelasi perhitungan luas daun pendekatan imagej dan kertas *milimeter*

Pada Tabel 1, juga dapat diketahui bahwa perhitungan luas daun metode A1 (ImageJ) layak untuk dikembangkan dalam perhitungan luas daun *on farm*, meskipun pada penelitian ini masih dilakukan secara *off farm destructive*, dimana sampel daun di foto dalam studi mini yang memiliki cahaya terdistribusi dengan perlakuan pemotongan daun dari tanaman terlebih dahulu. Metode ImageJ sangat dekat hubungan korelasinya dengan metode kertas milimeter karena nilai rata-rata *error/ selisih persentase perbedaan* hasil perhitungan luas daun metode A2b nilai rata-rata *error* nya hanya 4,67% dan untuk nilai SD didapati angka 6 % saja. Kedepan metode A1 dapat dilakukan dalam penelitian lanjutan untuk melakukan perhitungan luas daun langsung di lahan.



Gambar 7. Empat Puluh Jenis Daun dalam Kebun Percobaan Prodi Agroekoteknologi Universitas Trunojoyo Madura

Pada Gambar 7 dapat dilihat 40 jenis daun yang digunakan dalam penelitian. Secara berurutan nama daun pada nomor tanaman 1-40 antara lain: Daun pulai, daun vanili, daun mangga, daun jeruk, daun pucuk merah, daun melati, daun melati, daun cabai, daun pohon dollar, daun kamboja, daun kayu putih, daun jambu air, daun jambu biji, daun mahkota duri, daunkersen, daun sawo, daun nangka, daun asoka, daun janda merana, daun kelor, daun lamtoro, daun terong, daun sirih gading, daun walisongo, daun bayam, daun kemangi, daun babandotan, daun bayam merah, daun binahong, daun biduri, daungingseng jawa, daun beras tumpah, daun mahoni, daun mengkudu, daun kelengkeng, daun bunga telang, daun cemara, daun *bougenville*, daun pepaya, daun kremah dan daun matahari kecil.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat menggunakan bahan 40 jenis daun dalam kebun percobaan Prodi Agroekoteknologi Universitas Trunojoyo Madura, dapat disimpulkan bahwa, pertama: metode perhitungan luas daun ImageJ sangat layak untuk dikembangkan menjadi salah satu metode perhitungan luas daun yang akurat dan cepat, kedua: metode ImageJ dapat dikembangkan untuk keperluan perhitungan luas daun *on farm* dikarenakan nilai hitung luas daunnya sangat berkorelasi kuat dengan metode perhitungan luas daun konvensional yang lain khususnya metode kertas *milimeter*. Dasar dari 2 kesimpulan diatas adalah secara kuantitatif nilai rata-rata *error/ selisih persentase perbedaan* hasil perhitungan luas daun metode A2b nilai rata-rata *error* nya hanya 4,67% dan untuk nilai SD didapati angka 6 % saja. Saran kedepan dapat dilakukan penelitian lanjutan perhitungan luas daun menggunakan pendekatan *on farm* tanpa melakukan destruktifikasi tanaman terlebih dahulu.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis berterimakasih kepada program studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura atas akses bahan dan penggunaan fasilitas laboratorium dalam pelaksanaan penelitian, dalam upaya peningkatan kompetensi penulis.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aboukarima, A.m., M. F. Zayed., M. Minyaw., H.A Elsoury., & H.H.H. Tarabye. (2017). Image Analysis-based

- System for Estimating Cotton Leaf Area. *Asian Research Journal of Agriculture*. 5(1) : 1-8.
- Ali, M.M., Al-Ani, A., Eamus, D., & Tan, D. K. Y. (2012). A New Image-Processing-Based Technique for Measuring Leaf Dimensions. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (12): 1588-1894.
- Andrian, R., Agustiansyah, A., & Lestari, D. I. (2022). Aplikasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Android. *Jurnal Agrotropika*. 21(2) : 115-123.
- Asie, K. V. (2018). Akurasi Penggunaan Metode Panjang Kali Lebar Untuk Pengukuran Luas Daun Jagung (*Zea Mays L.*) Dan Kedelai (*Glycine max L.*). *Jurnal Agroekoteknologi*. 10(2).
- Azeem, A., Javed, Q., Sun, J., & Du, D. (2020). Artificial neural networking to estimate the leaf area for invasive plant *Wedelia trilobata*. *Nordic Journal of Botany*. 38(6).
- Devega, M., Susi, H., & Walhidayat. (2021). Pelatihan Online Digital Imaging Menggunakan Aplikasi Android. *Journal of Computer Science Community Service*. 1(1) : 18-23.
- Haryadi, H. (2013). Pengukuran Luas Daun dengan Metode Simpson: The Measurement of Leaves Area by Simpson Method. *Anterior Jurnal*. 12(2) : 1-5.
- Irwan, A. W., & Wicaksono, F. Y. (2017). Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi dan scanner. *Kultivasi*, 16(3) : 425-429.
- Jl Córcoles, A. Domínguez, MA Moreno, JF Ortega, dan JA de Juan. (2015). Metode non-destruktif untuk memperkirakan luas daun bawang. *Jurnal Penelitian Pertanian dan Pangan Irlandia* vol. 54, ed, 2015, hal. 17.
- Kaushalya Madhavi, B. G., 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) : 1321.
- Madhavi, B, G, K., Bhujel, A., Kim, N, E., & Kim, N, E, K. (2022). Measurment of Overlapping Leaf Area of Ice Plants Using Digital Image Processing Technique. *Journal MDPI Agriculture* 2022, 12, 1321, <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/9/1321>
- Nasution, I.S., P. Satriyo., Ichawana., A. Yolanda., & A. Alma. (2021). Non-destructive measurement of leaf area and leaf number of hydroponic pak-choy plants (*Brassica rapa*). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- Pandey, S.K., & Hema Singh. (2011). A Simple, Cost-Effective Method for Leaf Area Estimation. *Journal of Botany*. 6.
- Purnama, M., Pribadi, R., & Soenardjo, N. (2020). Analisa Tutupan Kanopi Mangrove Dengan Metode Hemispherical Photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research* Vol 9, No. 3 Agustus 2020, 317-325.
- Rusdiana, R. Y., Widuri, L. I., & Restanto, D. P. (2021). Pendugaan Model Luas Daun Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Dengan Regresi Kuantil.
- Siswanto, J., & Artadana, I. B. M. (2019, March). Image based leaf area measurement method using artificial neural network. In *2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIIT)* (pp. 288-292). IEEE.
- Suheryadi, A. (2017). Penerapan Digital Watermark Sebagai Validasi Keabsahan Gambar Digital Dengan Skema Blind Watermark. *Jurnal Teknologi Terapan*. 3(2) : 1-6. <https://doi.org/10.31884/jtt.v3i2.544>.
- Susanti, D., & Safrina, D. (2018). Identifikasi luas daun spesifik dan indeks luas daun pegagan (*Centella asiatica (L.) Urb.*) di Karangpandan, Karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*. 11(1) : 11-17.
- Susilo, D. E. H. (2015). Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun untuk Pengukuran Luas Daun Metode Panjang Kali Lebar pada Tanaman Hortikultura di Tanah Gambut: Identification of Constanta Value of Leaf Shape for Leaf Area Measurement Using Length Cross Width of Leaf of Horticulture Plant in Peat Soil. *Anterior Jurnal*, 14(2) : 139-146.
- Ulfiani, U. (2020). *Pengaruh Media Tanam Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Dalam Sistem Akuaponik* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Zhichen Li., Changying Ji., dan Jicheng Liu. (2022). Leaf Area Calculating Based on Digital Image. *Computer and Computing Technologies in Agriculture*. 2 : 1427-1433.

Halaman ini sengaja dikosongkan