

Analisis Pertumbuhan *Leaf Area* pada Tanaman *Aquaponic* dengan Webcam dan OpenCV

Salsabilla¹, Aji Gautama Putrada², Muhammad Agus Triawan

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹billsalsa@students.telkomuniversity.ac.id, ²ajigps@telkomuniversity.ac.id,

³matriawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Aquaponic merupakan kombinasi dari akuakultur seperti ikan dalam lingkungan yang terkendali, dan hidroponik adalah produksi tanaman dengan menggunakan media air dan dalam lingkungan yang saling menguntungkan. Ukuran daun sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan menentukan banyaknya cahaya yang dapat diserap yang mempengaruhi produktifitas dan fotosintesis tanaman. Akan tetapi, dalam menentukan luas *Leaf Area* atau luas daun pada tanaman *Aquaponic* masyarakat masih belum bisa mengetahui secara akurat luas *Leaf Area* sehingga tanaman *Aquaponic* tidak terantau dengan baik yang mengakibatkan tumbuhan tidak tumbuh dengan sempurna dan mengalami kegagalan panen. Namun pengukuran menggunakan cara manual masih tidak efektif sehingga timbulnya kesalahan dalam pengukuran dan mengakibatkan tumbuhan selada tidak tumbuh secara baik. Hasil pengujian menggunakan RMSE dan MAPE dimana menunjukkan pengukuran dengan menggunakan OpenCV lebih akurat dibandingkan dengan pengukuran menggunakan manual. Ukuran luas daun selada menggunakan OpenC dengan RMSE 4,7 dan pengukuran menggunakan MAPE sebesar 7,09%.

Kata kunci: openCV, *aquaponic*, *Leaf Area*, webcam

Abstract

Aquaponics is a combination of aquaculture such as fish in a controlled environment and hydroponics is the production of plants using water media and in a mutually beneficial environment. Leaf size is very influential on plant growth and determines the amount of light that can be absorbed which affects plant productivity and photosynthesis. However, in determining the leaf area or leaf area on aquaponic plants, people still cannot accurately determine the leaf area so that aquaponic plants are not monitored properly which results in plants not growing perfectly and experiencing crop failure. However, manual measurements are still ineffective, resulting in errors in measurement and resulting in plants not growing properly. The test results using RMSE and MAPE which show measurements using OpenCV are more accurate than measurements using manual. Lettuce leaf area was measured using OpenC with RMSE of 4.7 and using MAPE of 7.09%.

Keywords : OpenCV, *aquaponic*, *Leaf Area*, webcam

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Aquaponic merupakan kombinasi dari akuakultur dan hidroponik dalam lingkungan yang saling menguntungkan, dimana kotoran dari ikan diolah menjadi nutrisi yang dimanfaatkan oleh tanaman. *Aquaponic* terdiri dari 2 komponen organisme utama yaitu ikan dan tumbuhan [1]. Ada komponen lain, seperti filter biologis, tempat berkembang biak bakteri untuk mengubah ammonia menjadi nitrat yang dapat digunakan tanaman dan aerator yang mengirimkan udara ke dalam air sehingga akar tanaman dapat bernapas [2]. Pada *aquaponic*, *Leaf Area* pada daun merupakan salah satu indikator yang bisa dilihat pada pertumbuhan tanaman selada. Ukuran daun dan luas daun sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Luas daun menunjukkan banyaknya cahaya yang dapat diserap untuk mempengaruhi produktivitas dan fotosintesis tanaman [3]. Akan tetapi, dalam menentukan luas *Leaf Area* atau luas daun pada tanaman *aquaponic* masyarakat masih belum mengetahui secara akurat *Leaf Area* sehingga tanaman *aquaponic* tidak terantau dengan baik.

Teknologi *Image Processing* dapat masuk ke berbagai bidang seperti kedokteran untuk mendeteksi suatu penyakit, pertanian untuk memantau pertumbuhan, industri, dan lain sebagainya. *Image Processing* dan OpenCV digunakan dalam tugas akhir ini untuk membantu dalam menganalisis pertumbuhan *Leaf Area* pada sistem *Aquaponic*. OpenCV adalah software library untuk mengolah gambar berbasis komputer visi untuk platform apa pun. Dulunya OpenCV hanya digunakan oleh PC, tetapi sekarang juga digunakan untuk pengembangan aplikasi Android [4]. *Image Processing* dan OpenCV digunakan dalam tugas akhir ini untuk membantu menganalisis pertumbuhan *Leaf Area* pada sistem *Aquaponic*. Tugas akhir ini difokuskan terhadap analisis pertumbuhan *Leaf Area* dengan membandingkan pengukuran menggunakan *Image Processing* dan pengukuran manual. Pengambilan

data pada tugas akhir ini menggunakan kamera modul untuk mengambil gambar kemudian akan diproses pada pemrograman *python* menggunakan *library* OpenCV untuk dianalisis Pertumbuhan *Leaf Area* pada tumbuhan *Aquaponic* [4].

1.2 Topik dan Batasannya

Dalam tugas akhir ini topik yang akan dianalisis yaitu bagaimana mengimplementasikan dan menganalisis kinerja *image processing* pada *Leaf Area Aquaponic* menggunakan *Webcam* dan OpenCV. Terdapat batasan masalah dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Tanaman yang digunakan yaitu tanaman selada (*Lactuca Sativa*).
2. Tugas akhir ini menggunakan sistem *Aquaponic nutrient film technique* (NFT).
3. Pada tugas akhir ini membandingkan pengukuran *Leaf Area* daun selada menggunakan OpenCV dan menggunakan pengukuran manual.
4. Pengukuran manual menggunakan penggaris 30 cm.
5. Daun selada yang digunakan pada tugas akhir ini diambil dari 1 tanaman selada.
6. Koin yang digunakan untuk perbandingan adalah koin 500.
7. Ikan yang digunakan yaitu ikan Nila.

1.3 Tujuan

Tujuan pada tugas akhir ini yaitu mengimplementasikan dan menganalisis kinerja *image processing* pada *Leaf Area Aquaponic* menggunakan *Webcam* dan OpenCV. Hasil yang dikeluarkan berupa pengukuran daun menggunakan OpenCV. Sehingga tugas akhir ini diharapkan pengukuran menggunakan OpenCV lebih efisien dibandingkan dengan pengukuran manual.

1.4 Organisasi Tulisan

Adapun organisasi penulisan pada tugas akhir terdiri dari beberapa bagian. Bagian pertama dari studi terkait. Dalam studi terkait, ada penjelasan terperinci untuk dukungan dasar dan teori yang digunakan dalam tugas akhir ini. Bagian kedua adalah sistem yang dibangun. Dibagian ini akan dibahas tentang apa saja sistem yang akan dibangun pada tugas akhir ini. Dalam perancangan alat, ada penjelasan tentang alat yang digunakan selama tugas akhir ini berjalan. Bagian ketiga terdapat evaluasi dari sistem yang sudah dibangun. Bagian keempat adalah kesimpulan. Pada bagian ini menyimpulkan dari hasil evaluasi dan terdapat referensi.

2 Studi Terkait

2.1 State of the art

Pemrosesan gambar digital untuk pengukuran daun dengan koefisien dalam pencarian tanaman selada oleh Daniel G. Fernandez-Pacheo pada tahun 2014. Dalam pemrosesan gambar digital memungkinkan untuk memantau pertumbuhan tanaman. Metode ini didasarkan pada visi komputer untuk memperkirakan koefisien selada dari foto digital. Metode ini dapat diterapkan dan divalidasi menggunakan tanaman selada [5].

Piyush Chaudhary dkk. telah melakukan penelitian luas daun yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan fotosintesis. Pengukuran luas daun diukur secara tradisional menggunakan persamaan regresi dan planimeter. Dalam penelitian digunakan algoritma yang sederhana, cepat, dan akurat. Gambar diolah menggunakan kamera digital dan disimpan dalam format "jpeg", kemudian merubah citra menjadi RGB dengan menggunakan teknik *threshold*. Jumlah *pixel* dalam objek persegi dan daerah daun dihitung dengan statistik jumlah *pixel*. Akurasi yang didapatkan sebesar 99% yang di kofirmasi dengan membandingkan hasil algoritma yang diusulkan dengan metode *grid count* [6].

Pengembangan pengukuran luas dan menggunakan OpenCV berbasis aplikasi ponsel cerdas telah dilakukan penelitian oleh Tony K Hariadi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem untuk menentukan luas daun menggunakan ponsel. Aplikasi perangkat lunak untuk perhitungan luas dan dikembangkan menggunakan *library* OpenCV. Perangkat lunak OpenCV diuji untuk memperkirakan keakuratan perhitungan luas daun. Perhitungan area luas dibandingkan dengan hasil pengukuran luas daun pada laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa resolusi gambar yang lebih tinggi meningkatkan akurasi dengan mengurangi kesalahan [4].

Pada tugas akhir ini memfokuskan pengukuran luas daun menggunakan OpenCV dengan membandingkan pengukuran manual menggunakan penggaris. Untuk pengambilan gambar menggunakan kamera modul Raspberry Pi dengan menggunakan pembanding koin 500 tahun 2003 untuk pengukuran *pixel per metrix*. Pengukuran luas daun juga menggunakan *library* OpenCV dan menggunakan deteksi tepi Canny.

2.2 Aquaponic

Simbiosis ikan-sayuran adalah teknik yang digunakan untuk budidaya tanaman, yang dikombinasikan dengan budidaya ikan dan hewan air lainnya. Teknik budidaya ikan dan sayuran mirip dengan teknik budidaya *hidroponic*.

Perbedaan antara *aquaponic* dan *hydroponic* yaitu terdapat pada sumber nutrisi tanamannya. *Hydroponic* konvensional menggunakan sumber nutrisi kimia, sedangkan *aquaponic* menggunakan sumber nutrisi yang diperoleh dari feses dan amonia hasil metabolisme ikan. Dibandingkan dengan hidroponik, simbiosis ikan dan sayuran memiliki beberapa keunggulan, antara lain tidak menggunakan pupuk dan pestisida kimia, efisiensi air yang tinggi, dapat dilakukan di lahan non pertanian, menghasilkan dua produk yaitu tanaman dan ikan (simbiosis ikan dan tumbuhan). Sistem pada *aquaponic* mempunyai kelebihan yaitu menghasilkan dua produk yaitu ikan dan sayuran, *aquaponic* juga tidak memerlukan tanah dan tidak menggunakan pupuk atau pestisida kimia.

Aquaponic juga dapat digunakan pada lahan yang kering seperti gurun dan menghasilkan sedikit limbah. *Aquaponic* juga memiliki kekurangan seperti biaya yang dikeluarkan diawal mahal, petani juga harus memiliki pengetahuan tentang ikan, bakteri dan tanaman, dan pengontrolan terhadap tanaman harus dilakukan setiap hari [7]. Komponen utama dari *aquaponic* yaitu tangki ikan, alat penghilang padatan untuk mengurangi kotoran ikan yang tidak dimakan, tangki penyaring untuk menyaring kotoran dan bak hidroponik untuk konversi biologis ikan dan mengubah amonia menjadi nitrat [8].

2.3 Tanaman Selada

Selada (*Lactuca Sativa L*) merupakan tanaman sayuran yang dapat dibudidayakan secara *aquaponic*. Tanaman selada dapat tumbuh di daerah basah, dingin, dataran rendah, dan dataran tinggi. Umumnya daun selada yang sehat memiliki ciri – ciri tinggi tanaman selada sekitar 30 - 40 cm dan lebar daun berkisar antara 20 - 30 cm. Tanaman selada membutuhkan sinar matahari selama pertumbuhannya.

2.4 OpenCV

Pengolahan citra telah menjadi metode yang populer untuk penghitungan ukuran, deteksi warna, deteksi bentuk dan tujuan lainnya. Pengolahan citra adalah proses menggunakan sistem computer untuk mengolah citra dan mendapatkan citra yang lebih baik. Teknologi *Image Processing* dapat masuk ke berbagai bidang seperti kedokteran untuk mendeteksi suatu penyakit, pertanian untuk memantau pertumbuhan, industri, dan lain sebagainya. *Image Processing* dan *OpenCV* digunakan dalam tugas akhir untuk membantu dalam menganalisis pertumbuhan *leaf area* pada *Aquaponic*. *OpenCV* adalah software *library* untuk pengolahan gambar dan berbasis komputer visi untuk platform apa pun. Dulunya *OpenCV* hanya digunakan dengan PC, tapi sekarang juga digunakan untuk pengembangan aplikasi android [4].

2.5 Deteksi Tepi (Canny)

Mendeteksi tepi adalah fitur paling dasar pada sebuah gambar yang mengacu pada kumpulan *pixel* yang berubah menjadi abu-abu. Deteksi tepi berfungsi untuk mengenali dan mengelompokkan tepi gambar berdasarkan titik diskontinu abu-abu. Deteksi tepi *Canny* adalah algoritma deteksi tepi skala ganda yang bertujuan untuk menemukan algoritma deteksi yang optimal. Deteksi *Canny* terdiri dari beberapa langkah, yaitu mendenoise gambar sebelum mendeteksi tepi dengan menerapkan gaussian blur untuk mengurangi *noise*, setelah itu menghitung amplitudo dan arah gradien, yang ketiga yaitu menghilangkan *pixel* non-tepi dan menyisakan garis, setelah itu melakukan pilihan ambang histeris yang membutuhkan dua ambang batas mempertahankan atau mengecualikan *pixel* untuk memilih tepi [9]. Kualitas gambar akan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *noise* dan proses akuisisi gambar [10].

2.6 RMSE (Root Mean Square Error)

RMSE merupakan metode alternatif untuk mengevaluasi Teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur keakuratan hasil prediksi model dan melihat efek estimasi model. Nilai yang dihasilkan oleh RMSE adalah rata-rata kuadrat dari jumlah kesalahan dalam model prediksi. Semakin kecil nilai yang dihasilkan maka semakin akurat hasil prediksinya. Berikut adalah persamaan dari RMSE [11][12]:

$$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (1)$$

A_t = Nilai Aktual

F_t = Nilai Prediksi

N = banyaknya data

2.7 MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE adalah rata-rata diferensiasi absolut antara perkiraan dan nilai-nilai actual yang dipaku sebagai presentasi nilai-nilai nyata. MAPE digunakan untuk menghitung presentase kesalahan antara nilai actual dan prediksi. Semakin kecil kesalahan semakin akurat hasil peramalan. Berikut adalah persamaan dari MAPE [11]:

$$\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{At - Ft}{At} \right| \times 100 \quad (2)$$

At = Nilai Aktual

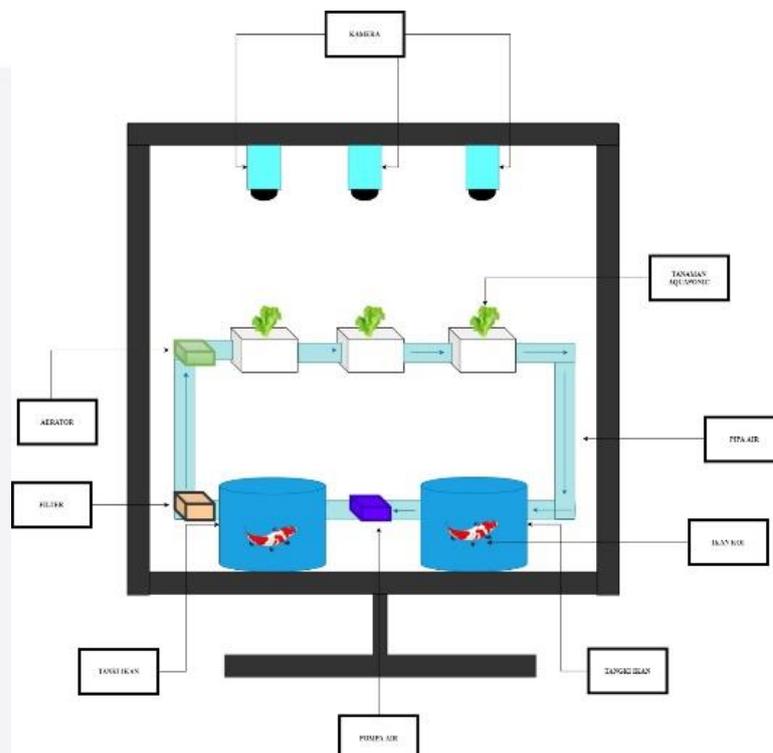
Ft = Nilai Prediksi

N = banyaknya data

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Perancangan Sistem *Aquaponic*

Dalam tugas akhir ini menggunakan sistem *aquaponic* tangki ikan berbentuk silinder. Tangki ikan ini sebagai tempat pemeliharaan ikan dan ikan yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu ikan nila. Tangki ikan disambungkan dengan pipa air ke filter biologis, yang berfungsi sebagai tempat untuk bakteri melakukan nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat yang dapat digunakan oleh tanaman. Aerator mengirim udara ke air sehingga tanaman dapat bernafas menggunakan akar tanaman [2]. Sirkulasi air pada desain ini dibantu dengan pompa air. Kamera modul terletak di atas untuk mengambil gambar tumbuhan *aquaponic*, tumbuhan *aquaponic* yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah tanaman selada.



Gambar 1. Perancangan Sistem *Aquaponic*

Pada sistem *aquaponic* ini menggunakan model *nutrient film technique*. Model tersebut memiliki 12 lubang tanam dengan panjang satu meter menggunakan media tanam *rockwool*. Proses kerja dari sistem tersebut yaitu air yang terdapat pada tangki pemeliharaan ikan ukuran 80 liter yang disalurkan ke dalam filter biologis menggunakan pipa PVC satu inci. Filter biologis menggunakan filter jenis *swirl* dengan prinsip arah putaran air. Setelah air masuk ke dalam filter biologis, air diteruskan ke dalam filter mekanis dengan menggunakan media *bioball* dan *japmat*. Selanjutnya air dialirkan ke dalam tangki penampungan atau *sump tank* untuk dipompa ke tanaman. Tangki yang digunakan sebagai filter dan *sump tank* menggunakan ukuran 20 liter. Rangka tanaman menggunakan pipa PVC $\frac{3}{4}$ inci sedangkan wadah tanaman yang menggunakan *netpot* yang diletakkan pada *gully trapesium*.

3.2 Perancangan Alat

Terdapat perancangan alat yang digunakan untuk pengambilan gambar yang akan di hitung luas daunnya.



Gambar 2. Raspberry Pi Camera rev 1.3 5 MP

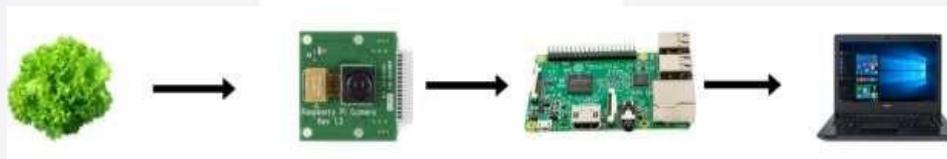


Gambar 3. Raspberry Pi model B V1.2

Gambar 2 dan gambar 3 menunjukkan komponen yang diperlukan dalam tugas akhir ini yaitu Raspberry Pi model 3 B V1.2 dengan SD Card 16 GB sebagai penyimpanan foto yang akan di proses dan modul kamera yaitu Raspberry Pi rev 1.3 5 MP. Kemudian modul kamera tersebut disambungkan dengan Raspberry Pi untuk mengambil gambar yang akan dianalisis luas daunnya.

3.3 Mekanisme Pengambilan Data Leaf Area

Perancangan tugas akhir dengan *Webcam* dan *OpenCV* ini bertujuan untuk memudahkan pengambilan data dan menganalisis pertumbuhan *leaf area* pada tanaman selada.

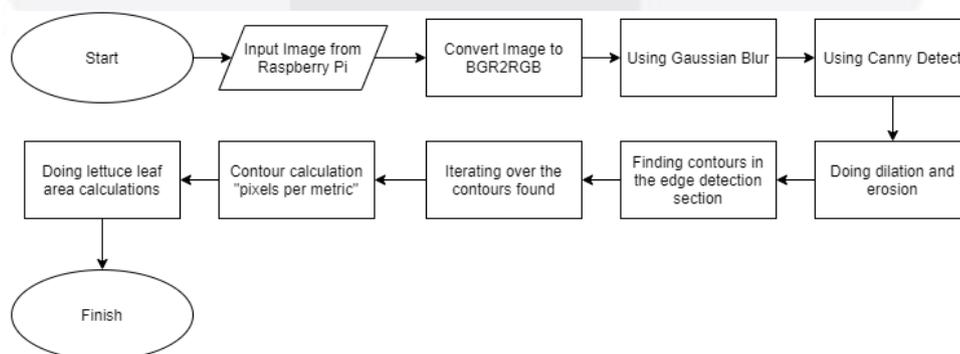


Gambar 4. Mekanisme Pengambilan Data *Leaf Area*

Pada gambar 4 pengambilan gambar *leaf area* dilakukan dari tampak atas menggunakan *module camera* yang dihubungkan ke *Raspberry pi* model B. Selanjutnya gambar tersebut diproses menggunakan *image processing* dan *OpenCV* dengan bahasa pemrograman *python* untuk melakukan proses pengolahan citra. Lalu dilakukan perhitungan nilai *leaf area* tumbuhan selada untuk dianalisis perbandingan antara menghitung *Leaf Area* menggunakan *OpenCV* dengan menggunakan penghitungan dengan penggaris.

3.4 Skenario Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini akan menganalisis lebar *Leaf Area* pada tanaman selada menggunakan *OpenCV*.



Gambar 5. *Flowchart* Skenario Pengujian

Pengujian akan menggunakan *OpenCV* dengan bahasa pemrograman *python* untuk menentukan objek yang akan diambil oleh kamera [13]. *Flowchart* pada gambar 5 menunjukkan langkah-langkah pada tugas akhir ini yaitu

mengambil objek yang akan diteliti menggunakan Raspberry pi dan modul kamera Raspberry pi untuk mengubah objek yang akan diteliti menjadi citra BGR2RGB karena jika menggunakan *greyscale* kontras warna menjadi terlalu kecil sehingga membedakan titik benda, kemudian melakukan *blurring* menggunakan *Gaussian blur*. *Gaussian Blur* adalah filter kabur yang menempatkan warna transisi dalam suatu gambar. Filter gaussian sangat baik untuk menghilangkan kebisingan karena sifat cerminan cahaya dan sensor pada kamera itu sendiri.

Setelah itu, mendeteksi tepi menggunakan Canny yaitu melakukan penghapusan *noise* menggunakan *gaussian blur* selanjutnya menghitung potensi gradien citra, melakukan penghitungan arah tepi yang sebenarnya, dan menghubungkan arah tepi yang telah didapatkan. Lalu melakukan *dilation* dan *erosion* yang bertujuan untuk mempertebal deteksi Canny yang telah dilakukan [14]. Setelah itu menemukan *countur* dibagian deteksi tepi dan melakukan iterasi pada setiap *countur* yang ditemukan. Kemudian melakukan perhitungan *countur pixel per matrix* yang diurutkan dari kiri atas ke kanan bawah berdasarkan *Euclidean distance* dibagi dengan nilai koin yang sudah diketahui yaitu 2,7 cm untuk ukuran koin 500 emisi tahun 2003, koin 500 ini sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran luas daun pada tanaman selada karena menggunakan perhitungan *pixel per matrix*. Setelah mendapatkan perhitungan menggunakan OpenCV maka kemudian melakukan regresi kalibrasi yang bertujuan untuk memeriksa keakuratan alat ukur dengan membandingkan dengan standar/referensi dan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran akurat. Kemudian gunakan rumus untuk menghitung luas daun selada terdapat pada blog Scot Trimble yaitu :

$$A = b \times l \times w \quad (3)$$

b = *coefficient* bentuk daun selada
 l = panjang daun
 w = lebar daun pada titik lebarnya

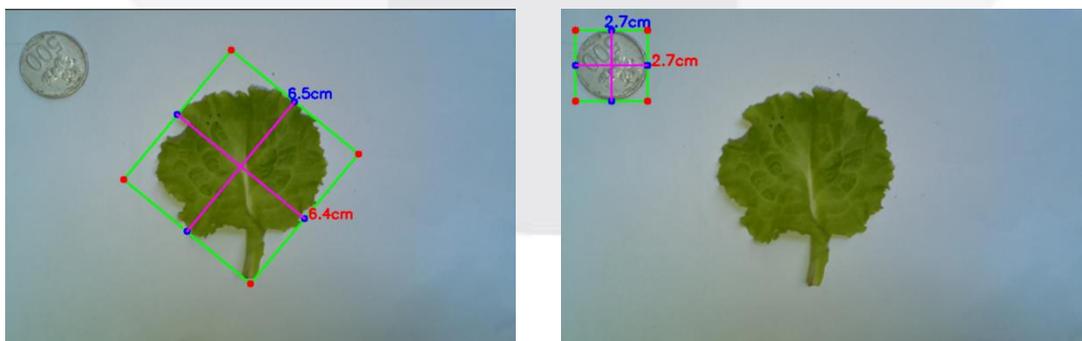
4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, untuk menentukan luas *Leaf Area* pada tanaman selada menggunakan pembanding yaitu koin 500 untuk menghitung jarak dari koin ke daun agar perhitungan yang dihasilkan lebih akurat. Setelah daun diubah menjadi BGR2RGB kemudian menggunakan deteksi Canny untuk mempertebal/memperjelas deteksi tepi dan menghilangkan *noise*, maka selanjutnya adalah menentukan bagian kontur yang akan dideteksi. Langkah selanjutnya yaitu mengurutkan kontur dari kiri ke kanan agar sistem mendeteksi awal ukuran dari objek tersebut. Setelah itu maka mulai dilakukan penghitungan luas *Leaf Area* menggunakan rumus luas daun dengan *leaf coefficient* nya 0,826 [15]. Setelah memperoleh perhitungan menggunakan OpenCV, lakukan regresi kalibrasi yang bertujuan untuk memeriksa keakuratan alat ukur dengan membandingkan dengan standar/referensi dan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran akurat dengan rumus:

$$y = a + bX + u \quad (4)$$

a = intersep
 b = variable bebas
 X = variable yang digunakan untuk memprediksi Y
 u = sisa regresi



Gambar 6. Hasil Perhitungan Menggunakan OpenCV

Pada gambar 6 terdapat hasil pengujian perhitungan menggunakan OpenCV. Garis yang berwarna merah muda menunjukkan panjang dan lebar yang terdeteksi pada daun selada. Garis yang berwarna hijau menunjukkan luas daun tanaman selada.

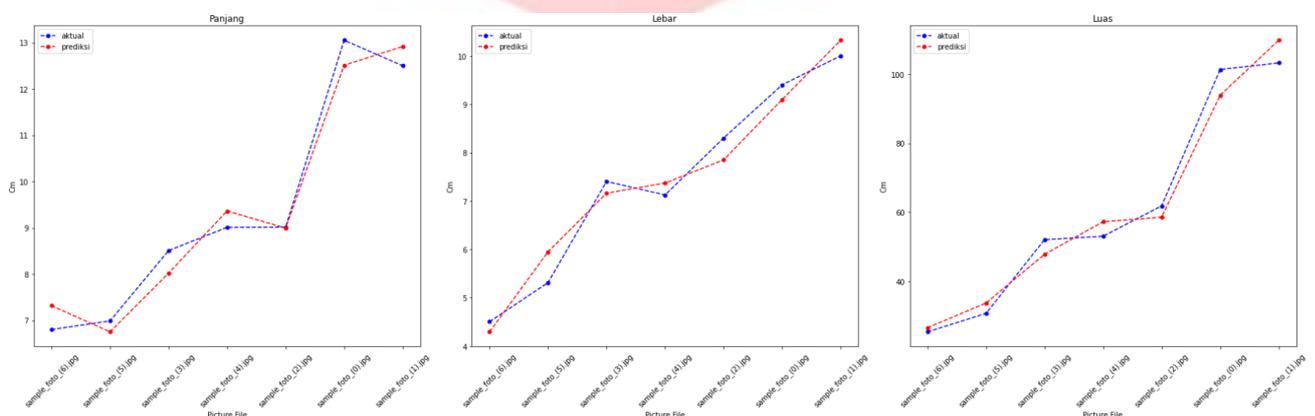
Tabel 1. Hasil RMSE dan MAPE

	Panjang	Lebar	Luas
RMSE	0,40	0,37	4,71
MAPE	4,04 %	5,03 %	7,09 %

Pada tabel 1 terdapat perbedaan antara panjang, lebar, dan luas *Leaf Area* menggunakan OpenCV dengan menggunakan penggaris pada dimana yang dihasilkan oleh data prediksi lebih akurat dibandingkan dengan data aktual. Akurasi yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu RMSE dan MAPE.

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menjelaskan tentang panjang, lebar, dan luas *leaf area* pada tanaman selada.



Gambar 7. Grafik Analisis Pengujian

Untuk garis yang berwarna biru adalah data aktual/data yang dihitung manual menggunakan penggaris, sedangkan garis yang berwarna orange adalah data prediksi/data yang dihitung menggunakan OpenCV.

Tabel 2. Luas Tanaman Selada

Gambar Daun	Panjang <i>Leaf Area</i>		Lebar <i>Leaf Area</i>		Luas <i>Leaf Area</i>	
	OpenCV	Manual	OpenCV	Manual	OpenCV	Manual
	12,5108 cm	13,051 cm	9,100 cm	9,403 cm	94,043 cm ²	101,365 cm ²
	12,916 cm	12,501 cm	10,325 cm	10,003 cm	110,157 cm ²	103,289 cm ²
	8,994 cm	9,013 cm	7,850 cm	8,302 cm	58,323 cm ²	61,806 cm ²

	8,018 cm	8,507 cm	7,162 cm	7,405 cm	47,438 cm ²	52,033 cm ²
	9,362 cm	9,010 cm	7,371 cm	7,125 cm	57,003 cm ²	53,026 cm ²
	6,751 cm	6,987 cm	5,949 cm	5,312 cm	33,175 cm ²	30,656 cm ²
	7,316 cm	6,801 cm	4,292 cm	4,502 cm	25,944 cm ²	25,290 cm ²

Pada tabel 2 dijelaskan bahwa perhitungan menggunakan OpenCV menghasilkan panjang, lebar, dan luas yang berbeda dengan perhitungan menggunakan manual.

5. Kesimpulan

Dalam tugas akhir ini perhitungan luas *Leaf Area* dengan dua sistem penghitungan berbeda yaitu menggunakan OpenCV dan penggaris bahwa yang hasil yang di peroleh dari perhitungan menggunakan OpenCV lebih akurat daripada menggunakan perhitungan menggunakan cara manual telah terpenuhi. Terdapat pada akurasi yang digunakan pada tugas akhir ini RMSE dan MAPE menghasilkan dengan menggunakan OpenCV, masing masing dengan panjang 0,40 dan 0,37 kemudian luas 4,71 dan MAPE dengan panjang 4,04% , lebar 0,37% dan luas 7,09%. Untuk penelitian selanjutnya dapat lebih memperhatikan pengambilan dan pengaturan gambar yang akan dihitung luas *Leaf Area* sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih baik.

Referensi

- [1] A. F. Subahi and K. E. Bouazza, "An Intelligent IoT-Based System Design for Controlling and Monitoring Greenhouse Temperature," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 125488–125500, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3007955.
- [2] M. M. Elsokah and M. Sakah, "Next Generation of Smart Aquaponics with Internet of Things Solutions," *19th Int. Conf. Sci. Tech. Autom. Control Comput. Eng. STA 2019*, pp. 106–111, 2019, doi: 10.1109/STA.2019.8717280.
- [3] P. Arief, "No Title עלון המעשה", ענף הקיטור: תמונת מצב, vol. 66, no. September, pp. 37–39, 1995.
- [4] T. K. Hariadi, Z. Fadholi, A. N. N. Chamim, N. A. Utama, I. Prabasari, and S. Riyadi, "Development of leaf area meter using Open CV for smartphone application," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 16, no. 4, pp. 1857–1863, 2018, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v16i4.8608.
- [5] D. G. Fernández-Pacheco, D. Escarabajal-Henarejos, A. Ruiz-Canales, J. Conesa, and J. M. Molina-Martínez, "A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain," *Biosyst. Eng.*, vol. 117, no. C, pp. 23–34, 2014, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2013.07.014.
- [6] P. Chaudhary, S. Godara, A. N. Cheeran, and A. K. Chaudhari, "Fast and Accurate Method for Leaf Area Measurement," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 49, no. 9, pp. 22–25, 2012, doi: 10.5120/7655-0757.
- [7] H. Nishiyama, A. Nagata, Y. Matsuo, and R. Matsuo, *Light avoidance by a non-ocular photosensing system in the terrestrial slug Limax valentianus*, vol. 222, no. 14, 2019.
- [8] E. Pantanella, M. Cardarelli, G. Colla, E. Rea, and A. Marcucci, "Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop," *Acta Hort.*, vol. 927, pp. 887–894, 2012, doi: 10.17660/actahortic.2012.927.109.
- [9] Z. Xu, X. Baojie, and W. Guoxin, "Canny edge detection based on Open CV," *ICEMI 2017 - Proc. IEEE 13th Int. Conf. Electron. Meas. Instruments*, vol. 2018-Janua, no. 1, pp. 53–56, 2017, doi: 10.1109/ICEMI.2017.8265710.
- [10] M. Zhao, H. Liu, and Y. Wan, "An improved Canny edge detection algorithm based on DCT," *Proc. 2015 IEEE Int. Conf. Prog. Informatics Comput. PIC 2015*, vol. 2, no. 2, pp. 234–237, 2016, doi: 10.1109/PIC.2015.7489844.
- [11] L. Wiranda and M. Sadikin, "Penerapan Long Short Term Memory Pada Data Time Series Untuk Memprediksi Penjualan Produk Pt. Metiska Farma," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 184–196, 2019.
- [12] X. Zhu, Q. Xu, M. Tang, W. Nie, S. Ma, and Z. Xu, "Comparison of two optimized machine learning models for predicting displacement of rainfall-induced landslide: A case study in Sichuan Province, China," *Eng. Geol.*, vol. 218, pp. 213–222, 2017, doi: 10.1016/j.enggeo.2017.01.022.
- [13] M. Rashid, B. Ram, R. S. Bath, N. Ahmad, H. M. Elhassan Ibrahim Dafallaa, and M. Burhanur Rehman, "Novel Image Processing Technique for Feature Detection of Wheat Crops using Python OpenCV," *Proc. 2019 Int. Conf. Comput. Intell. Knowl. Econ. ICCIKE 2019*, pp. 559–563, 2019, doi: 10.1109/ICCIKE47802.2019.9004432.
- [14] O. Marques, "Morphological Image Processing," *Pract. Image Video Process. Using MATLAB®*, vol. 8491, pp. 299–334, 2011, doi: 10.1002/9781118093467.ch13.
- [15] A. Maulana, "PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA MERAH (Lactuca sativa L .) PADA BERBAGAI MEDIA TANAM DAN KONSENTRASI PUPUK DAUN DENGAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA MERAH (Lactuca sativa L .) PADA BERBAGAI MEDIA TANAM DAN," 2020.
- [16] A. Dogan, C. Uyak, N. Keskin, A. Akcay, R. I. G. Sensoy, and S. Ercisli, "Grapevine leaf area measurements by using pixel values," *Comptes Rendus L'Academie Bulg. des Sci.*, vol. 71, no. 6, pp. 772–779, 2018, doi: 10.7546/CRABS.2018.06.07.
- [17] A. Cohen, S. Malone, Z. Morris, M. Weissburg, and B. Bras, "Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assessment," *Procedia CIRP*, vol. 69, no. May, pp. 551–556, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2017.11.029.
- [18] N. R. Sari, W. F. Mahmudy, A. P. Wibawa, and E. Sonalitha, "Enabling external factors for inflation rate forecasting using fuzzy neural system," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 5, pp. 2746–2756, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i5.pp2746-2756.
- [19] M. Rizki, S. Basuki, and Y. Azhar, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory(LSTM) Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang," *J. Repos.*, vol. 2, no. 3, p. 331, 2020, doi: 10.22219/repositor.v2i3.470.
- [20] *Learning Image Processing with OpenCV*. 2015.

