

PERANCANGAN APLIKASI SISTEM PEMANTAUAN PERTUMBUHAN SAWI HIJAU BERBASIS WEB DENGAN *COMPUTER VISION*

DESIGN SYSTEM APPLICATION MONITORING FOR THE GROWTH OF GREEN MUSTARD BASED WEB USING *COMPUTER VISION*

Lisandy Yulistia Rahayu¹, Asep Mulyana, ST., MT.², Unang Sunarya, ST., MT.³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹lisandyulistiar@gmail.com, ²asepmmulyana@tass.telkomuniversity.ac.id, ³unang2040sy@gmail.com

Abstrak

Tanaman sawi merupakan jenis sayuran yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Kendala utama dibidang pertanian adalah kurangnya pemantauan pertumbuhan tanaman seperti terjadinya pertumbuhan tidak merata antara satu tanaman dengan tanaman yang lain, hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas tanaman sawi hijau dan dapat merugikan petani karena harus mengeluarkan biaya lebih untuk perawatannya. Integrasi teknologi sistem informasi dan sistem pertanian dimaksudkan untuk membantu melakukan pemantauan tanaman pada masa pertumbuhan.

Pada Proyek Akhir ini dibuat suatu sistem yang terintegrasi dengan *Raspberry Pi*, yang memanfaatkan *computer vision* dengan metode *edge detection* dan mikrokontroler. *Library* dan perangkat tersebut digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan tinggi tanaman, deteksi jumlah daun, dan perhitungan luas tanaman yang merupakan suatu parameter pada pertumbuhan tanaman. Data hasil pengolahan kemudian dikirimkan ke *website* dengan memanfaatkan *webserver* sebagai media untuk mengirim dan menerima data. Data yang dikirimkan ke *website* ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel pengamatan sebagai informasi pertumbuhan tanaman bagi pengguna sehingga pengguna dapat mengetahui normal atau tidaknya pertumbuhan sawi hijau tersebut dan dapat melakukan kontrol berupa pemberian pupuk apabila sawi hijau mengalami pertumbuhan yang tidak normal. Selain itu sistem *monitoring* ini dilengkapi dengan *live streaming*.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem 100% berhasil memberikan informasi pertumbuhan tanaman sawi hijau bagi *user* sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu, akurasi sistem dalam mengukur pertumbuhan tanaman mendapatkan persentase keakuratan sebesar 96% dalam mengukur tinggi tanaman, 85.2% dalam mengukur jumlah daun dan 97.3% dalam mengukur luas tanaman.

Kata kunci : *Computer Vision, Raspberry Pi, Mikrokontroler, Website.*

Abstract

The Green Mustard is a type of vegetables that is widely cultivated by the community. The main constraints in the field of agriculture is the lack of monitoring of the growth of plants like the occurrence of uneven growth between one plant with other plant. It can affect the quality of the green mustard plants and farmers can do harm because they have to pay more for the maintenance. The integration of information systems and agricultural systems is intended to help conducting a monitoring of the plant during the growth.

This Final Project created a system which integrates with Raspberry Pi, that utilized computer vision with the methods of edge detection and microcontroller devices. The library and device were used to obtain the results of plant height calculation, detection of leaf numbers, and plant area calculations which is a parameter of the growth of the green mustards. The data processing results were then submitted to the website using web server as a media for sending and receiving data. The data was displayed in the form of a graphs and a table of observations on plant growth as an information website. In addition, this monitoring system was equipped with live streaming.

From the test results that had been done, system testing showed that the system is 100% successful provides the information of the growth of green mustard for users as expected. In addition, the accuracy systems in measuring for the growth of plant got the percentage accuracy 96% in measuring the height of plants, 85.2% in measuring the amount of leaves and 97.3% in broad measure of plants.

Keywords : *Computer Vision, Raspberry Pi, Microcontroller, Website*

1. Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi sistem informasi yang terintegrasi dengan sistem pertanian bertujuan untuk mendukung efisiensi dan produktivitas pertanian. Pemantauan secara manual yang dilakukan oleh manusia khususnya petani memiliki banyak kendala seperti kurangnya ketelitian dalam melakukan pengamatan pertumbuhan seperti yang terlihat di ladang perkebunan dimana pertumbuhan sawi hijau tidak tumbuh secara merata padahal ditanam secara bersamaan, hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas tanaman dan akan merugikan petani karena perlu biaya lebih untuk merawat tanaman tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat dan aplikasi dalam bentuk *prototype* yang dapat membantu melakukan pemantauan dan pengamatan sesuai dengan parameter pertumbuhan sawi hijau.

Penerapan teknologi *computer vision* dibidang pertanian terutama dalam pengamatan pertumbuhan sawi hijau masih jarang dilakukan, hal tersebut dapat menjadi solusi yang baik untuk melakukan pengamatan objek yang berbasis penginderaan jauh dan pengolahan citra digital dengan beberapa karakteristik. Proses pemantauan pertumbuhan sawi hijau pada Proyek Akhir ini umumnya dilakukan dengan pengolahan citra digital dan mikrokontroler yang merupakan suatu proses untuk mengamati dan menganalisa suatu objek tanpa berhubungan/kontak langsung dengan objek yang diamati. *Computer vision* ini didesain secara aplikatif yang mampu menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada pemantauan pertumbuhan tanaman terutama pada Sawi Hijau.

Hasil dari proyek akhir ini, *prototype* yang dapat mengukur tinggi tanaman menggunakan mikrokontroler, mendeteksi jumlah daun, dan mengukur luas tanaman. Hasil dari pengukuran sistem akan ditampilkan pada sebuah *website*.

2. Dasar Teori

2.1 Tanaman Sawi Hijau

Tanaman sawi hijau merupakan tanaman yang dapat ditanam kapan dan dimana saja. Namun, dalam pertumbuhannya sawi hijau memerlukan pemantauan dan pengamatan agar dapat menghindari hal-hal yang dapat merugikan selama masa pertumbuhan. Parameter pertumbuhan yang sering diamati petani diantaranya, tinggi tanaman, jumlah daun, luas atau lebar daun, panjang daun dan panjang tangkai yang berpengaruh pada bobot biomassa, bobot segar serta indeks panen tanaman. Biasanya umur panen tanaman sawi hijau berkisar ± 40 sampai ± 70 hari.

Dalam realitanya pertumbuhan tanaman yang dapat diukur dilihat dari perubahan fisik tanaman, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun. Tinggi tanaman diukur dengan menggunakan meteran dari pangkal sampai dengan daun yang paling tinggi, sedangkan untuk pengukuran jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun pada setiap tanaman.

2.2 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan suatu teknik untuk memodifikasi, memproses, dan menganalisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual dengan menggunakan komputer, yang bertujuan untuk menjadikan sebuah citra lebih baik[7]. Pengolahan citra memiliki beberapa fungsi, diantaranya: untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh komputer atau manusia, untuk teknik pengolahan citra dengan mentransformasikan citra menjadi citra lain, dan sebagai proses awal dari *computer vision*[8].

2.3 Computer Vision

Computer vision merupakan suatu cara untuk menganalisis, memahami dan memperoleh informasi dari suatu gambar atau video dalam dunia nyata untuk meniru penglihatan manusia. Selain itu, *computer vision* merupakan suatu proses yang secara otomatis mengintegrasikan sejumlah proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, pengenalan dan pembuat keputusan. Hubungan pengolahan citra dengan *computer vision* yaitu sebagai proses awal dalam *computer vision* [13].

2.4 Edge Detection (Deteksi Tepi)

Deteksi tepi merupakan teknik untuk menemukan garis tepi dari suatu objek pada citra dengan cara mendeteksi perubahan tingkat kecerahan yang signifikan atau memiliki diskontinuitas. Adanya diskontinuitas lokal dalam nilai piksel yang melebihi ambang batas (*threshold*) yang diberikan disebut sebagai tepi (*edge*). Semakin besar perubahan intensitas lokal, maka semakin tinggi bukti yang menyatakan terdapat suatu tepi pada posisi tersebut. Pendektesian tepi dapat digunakan untuk kebutuhan pengolahan citra, *computer vision*, dan *machine vision*[7].

2.5 Ruang Warna (RGB, Greyscale dan biner)

Citra warna RGB pada setiap pikselnya memiliki warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue). Setiap warna menggunakan penyimpanan 8 bit – 1 byte, yang berarti satu warna mempunyai range dari 0 sampai 255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ (16 juta) variasi warna berbeda pada gambar[9].

Citra keabuan yaitu citra yang memiliki tingkatan warna abu-abu, dimana warna pada ruang warna RGB (*Red, Green, Blue*) dengan komponen warna merah, hijau, dan biru dengan intensitas yang sama. Untuk citra keabuan disimpan sebagai 8 bit sehingga memberikan $2^8=256$ derajat keabuan dari warna hitam sampai warna putih[15]

Sebuah citra biner dapat dianggap sebagai tipe khusus dari citra intensitas yang hanya berisi hitam (0) dan putih (1). Selain itu, kita juga dapat menyatakan citra biner sebagai citra ber-indeks dengan hanya dua warna. Citra biner merupakan citra dengan tingkat keabuan terendah dalam pembentukan warna[7].

2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan sebuah komputer mini yang berukuran seperti kartu kredit (85 x 56 mm x 17 mm untuk model B) dan memiliki harga yang relatif murah dibandingkan dengan komputer biasa pada umumnya. Meski berukuran kecil, Raspberry Pi memiliki komponen lengkap[9].

2.7 Raspberry Pi Camera

Raspberry Pi Camera adalah sebuah modul kamera yang diproduksi secara resmi oleh *Raspberry Pi Foundation* yang memiliki spesifikasi 5 Megapixel dan mampu merekam dengan resolusi 1080 fullHD. Modul kamera ini mudah diinstalasi hanya dengan memasangkan kabel pita ke dalam *board Raspberry Pi*[9].

2.8 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah suatu komponen yang bekerja dengan cara memancarkan gelombang suara ultrasonik sesaat dan kemudian akan menghasilkan output berupa pulsa yang sesuai dengan waktu pantulan dari gelombang suara ultrasonik yang dipancarkan sesaat kemudian kembali menuju sensor[3].

2.9 Website

Website atau situs web merupakan kumpulan halaman yang menampilkan informasi data, teks, gambar, data animasi, suara, dan gabungan dari semuanya, baik yang bersifat statis maupun dinamis yang membentuk suatu rangkaian bangunan yang saling terkait dengan jaringan-jaringan halaman (*hyperlink*)[4].

HTML bahasa markah yang sering digunakan untuk membuat halaman *website*. PHP (*Hypertext Preprocessor*) merupakan bahasa pemrograman yang memiliki kemampuan untuk memproses dan mengelola data secara dinamis. Javascript adalah bahasa pemrograman digunakan untuk memberikan fungsi atau kemampuan tambahan terhadap bahasa HTML dengan mengizinkan pengeksekusian perintah-perintah disisi user, artinya disisi browser bukan disisi web server[4].

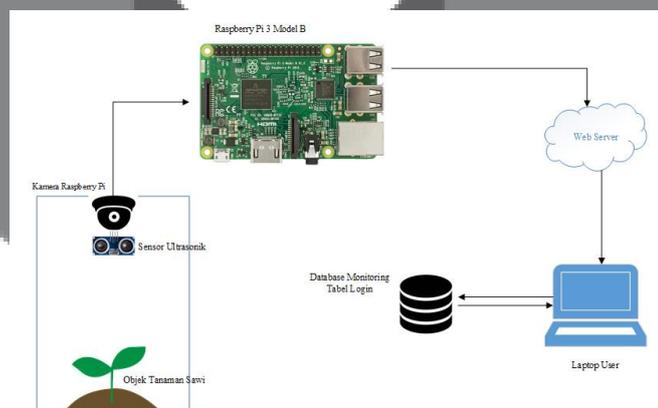
2.10 MySQL

Basisdata merupakan suatu media penyimpanan data yang disusun dalam bentuk tabel-tabel. Tabel-tabel dalam suatu database akan saling berhubungan membentuk relasi antara satu tabel dengan tabel lainnya. Selain untuk menyajikan data atau informasi yang akurat, database relasional juga berfungsi untuk mempercepat akses ke database.

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem

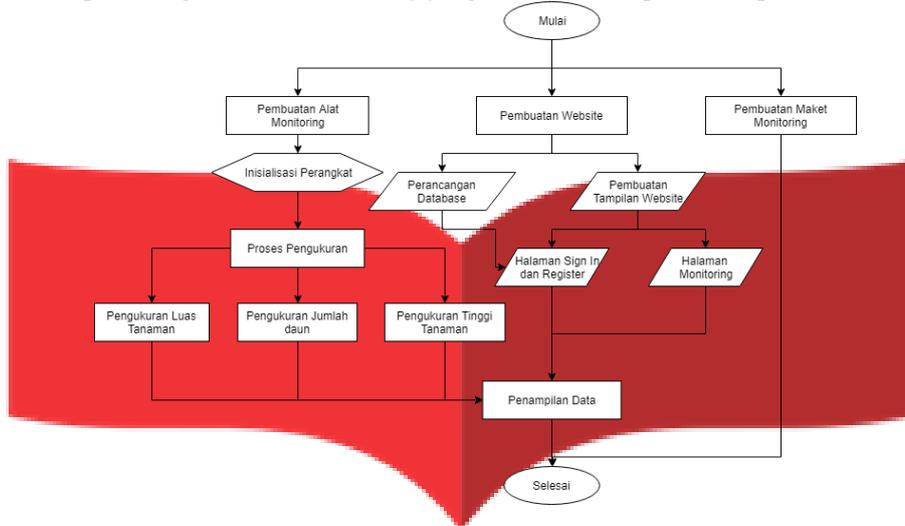
Adapun blok diagram sistem yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gamab 3.1 Blok diagram sistem

Kamera *Raspberry Pi* dan sensor ultrasonik di letakkan diatas maket pemantauan agar dapat menangkap luas tanaman dan jumlah daun serta dapat mengukur ketinggian tanaman dengan tepat. *Raspberry Pi* digunakan untuk menjalankan program *monitoring* yang dapat melakukan proses pengukuran yang diambil dari hasil tangkapan kamera dan sensor, *raspberry pi* juga digunakan untuk menampilkan hasil proses

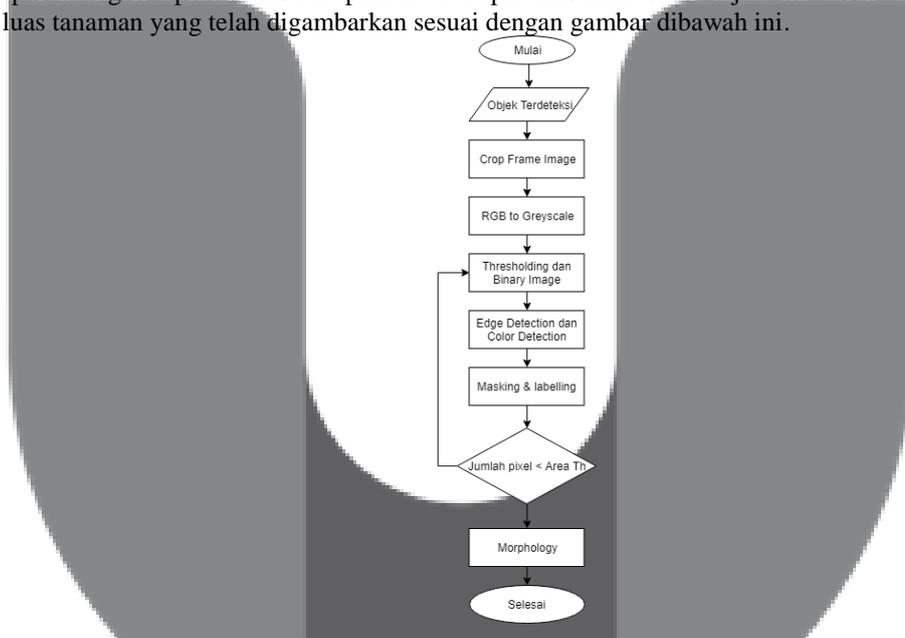
pengukuran. Selain pada *raspberry pi* hasil pengukuran tersebut juga ditampilkan pada *website* yang dikirimkan melalui *webservice*. Adapun alur perancangan sistem *monitoring* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Diagram alir perancangan sistem *monitoring*

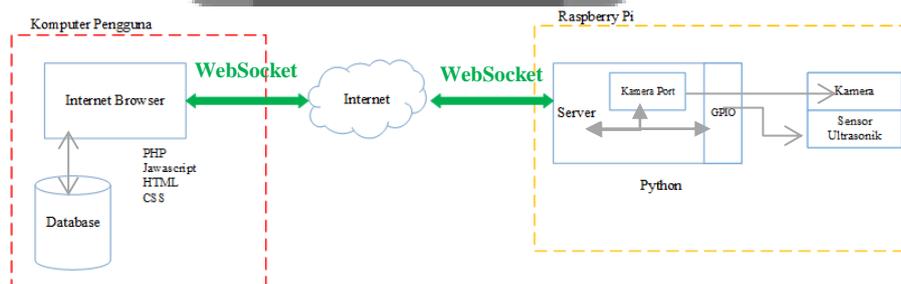
3.2 Proses Perhitungan

Pada perancangan aplikasi sistem pemantauan pertumbuhan sawi hijau ini telah dilakukan proses perhitungan luas tanaman yang telah digambarkan sesuai dengan gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Diagram alir proses perhitungan luas tanaman

3.3 Perancangan Website Monitoring



Gambar 3.4 Blok Diagram *website*

Berdasarkan Gambar 3.4 diatas telah dirancang sebuah *website* pada sisi *client* yang dapat mengakses atau menerima data dari *web server* yang dipasang di *Raspberry Pi*. Data yang dikirim oleh *web server* merupakan data hasil pengolahan citra dan perhitungan jarak pada *raspberry pi*. *Web server* yang digunakan pada sistem ini merupakan Tornado *Web Server* yang memanfaatkan *WebSocket* sebagai suatu penghubung antara *client* dengan *server* sehingga keduanya dapat saling terhubung satu sama lain.

3.4 Skenario Pengujian

Pada proyek akhir ini dilakukan pengujian sistem dengan menyimpan objek sawi hijau pada maket *monitoring* dengan tinggi dan luas objek yang berbeda-beda, sesuai dengan usia tanaman sawi hijau tersebut. Tinggi tanaman yang diuji antara lain tanaman yang memiliki tinggi 16cm, 26.5cm, dan 30cm.

Sebelum menyimpan objek, nyalakan sistem terlebih dahulu dan konekkan ke internet. Kemudian simpan objek dan lihat hasil monitoring pada *website*, maka data akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel pengamatan akan terisi sesuai dengan waktu pemantauan.

Pengujian sistem *live streaming* pada *website* dilakukan dengan mengakses halaman monitoring kemudian tekan tombol *live streaming* dan nantinya dapat melihat video *streaming* pemantauan pada halaman *website* tersebut.

3.5 Parameter pengujian

Parameter yang akan diuji pada sistem ini adalah:

1. Akurasi
Pada pengujian akurasi ini akan dilakukan perbandingan tinggi dan luas tanaman yang dihitung sistem dengan perhitungan tinggi dan luas tanaman yang dihitung manusia.
2. Nilai *Threshold*
Pada pengujian ini dilakukan perubahan nilai *threshold* pada sistem.
3. Cahaya
Pencahayaan pada pengujian ini dibagi menjadi 3, yang pertama cahaya ruangan saat gelap, cahaya ruangan terang, dan cahaya ruangan terang dengan bantuan lampu.
4. Perubahan *Threshold* dan Cahaya
Sistem akan diuji dengan mengubah nilai *threshold* dengan berbagai kondisi cahaya.
5. Waktu
Waktu yang diukur pada pengujian ini adalah waktu saat sistem mulai *running program* dan saat sistem mengunggah data ke *website*.
6. Kapasitas CPU *Raspberry Pi*
Raspberry Pi akan diuji dan dilihat kapasitas CPU yang terpakai ketika program mulai di *running*.
7. Pengujian Fungsionalitas
Website yang telah dibuat memiliki fitur-fitur dan masing-masing akan diuji fungsinya.

4. Hasil dan Pengujian

4.1 Pengujian Fungsionalitas Website

Pengujian fungsionalitas website dilakukan untuk mengetahui fungsi dari sistem yang telah dibuat. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fungsionalitas

No.	Nama Pengujian	Aksi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Login	Masukkan username dan password yang benar	Masuk ke halaman beranda	Masuk ke halaman beranda	berhasil
		Masukkan username dan password yang salah	Terdapat pemberitahuan username dan password yang dimasukkan salah	Terdapat pemberitahuan username dan password yang dimasukkan salah	berhasil
2	Monitoring Tabel Pengamatan	Klik submenu tabel pengamatan pada menu monitoring pada sidebar	Masuk ke halaman tabel pengamatan, dan dapat menampilkan data hasil pemantauan	Masuk ke halaman tabel pengamatan, dan dapat menampilkan data hasil pemantauan	berhasil
3	Monitoring Grafik Pemantauan	Klik submenu grafik pertumbuhan pada menu monitoring pada sidebar	Masuk ke halaman grafik pertumbuhan, dan dapat menampilkan grafik	Masuk ke halaman grafik pertumbuhan, dan dapat menampilkan grafik	berhasil
4	Monitoring <i>Live Streaming</i>	Klik submenu grafik pertumbuhan pada menu monitoring pada sidebar	Masuk ke halaman <i>Live Streaming</i> , dan dapat menampilkan video streaming	Masuk ke halaman <i>Live Streaming</i> , dan dapat menampilkan video streaming	berhasil
5	Galeri	Klik sub menu galeri pada menu komponen pada sidebar	Masuk ke halaman Galeri	Masuk ke halaman Galeri	berhasil
6	Kalender	Klik sub menu kalender pada menu komponen pada sidebar	Masuk ke halaman kalender	Masuk ke halaman kalender	berhasil
7	Parameter Pertumbuhan	Klik sub menu parameter pada menu About pada sidebar	Masuk ke halaman parameter pertumbuhan dan dapat menampilkan	Masuk ke halaman parameter pertumbuhan dan dapat	berhasil

			parameter pertumbuhan sawi hijau	menampilkan parameter pertumbuhan sawi hijau	
8	Logout	Klik Logout pada menubar	Masuk ke halaman awal	Masuk ke halaman awal	berhasil

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa perintah yang dijalankan berhasil 100% sesuai dengan keluaran yang diharapkan.

4.2 Pengujian Berdasarkan Keluaran Informasi User

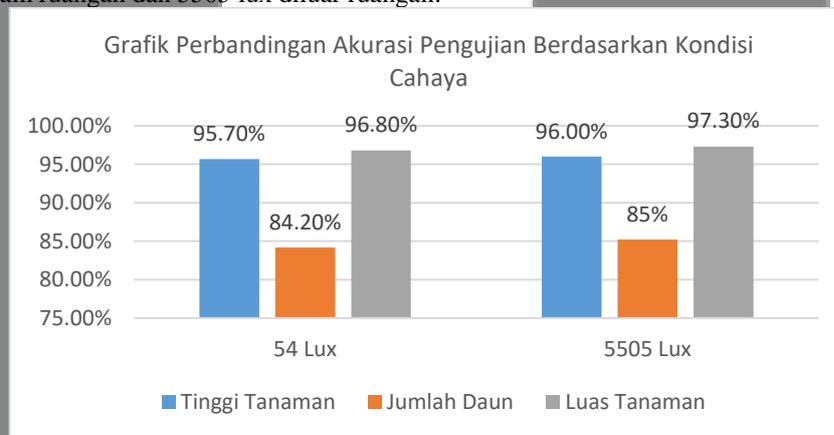
Tabel 4.2 Hasil pengujian berdasarkan keluaran informasi user

No.	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Ket.
1.	3.5 cm	4	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	berhasil
2.	16 cm	7	Normal	Normal	berhasil
3.	16 cm	2	Beri pupuk agar daun lebih banyak	Beri pupuk agar daun lebih banyak	berhasil
4.	5.7 cm	5	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	berhasil
5.	9 cm	2	Beri pupuk agar daun lebih banyak	Beri pupuk agar daun lebih banyak	berhasil
6.	3.7	5	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	berhasil
7.	5.3	3	Normal	Normal	berhasil
8.	5.2	2	Normal	Normal	berhasil
9.	26.5	2	Beri pupuk agar daun lebih banyak	Beri pupuk agar daun lebih banyak	berhasil
10	7 cm	6	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	Beri pupuk agar tanaman lebih tinggi	berhasil

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa keluaran informasi sistem bagi user berhasil 100% sesuai dengan keluaran yang diharapkan.

4.3 Pengujian Berdasarkan Kondisi Cahaya

Pada pengujian ini dilakukan berdasarkan kondisi cahaya maket. Pengujian ini dilakukan pada kondisi cahaya 54 lux di dalam ruangan dan 5505 lux diluar ruangan.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan akurasi pengujian berdasarkan kondisi cahaya

Pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian berdasarkan kondisi cahaya 5505 lux mendapatkan hasil yang lebih baik.

4.4 Pengujian Berdasarkan Waktu Proses

4.4.1 Pengujian Waktu Proses Sistem Menjalankan Program

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang diuji berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk dapat menjalankan program dan berdasarkan kapasitas CPU yang terpakai ketika program dijalankan. Pada pengujian ini dilakukan 10 kali percobaan dalam menjalankan program.

Tabel 4.3 Pengujian Waktu Proses Sistem Menjalankan Program

No.	Waktu Proses
1.	2.89 s
2.	2.64 s
3.	2.51 s
4.	2.38 s
5.	2.56 s
6.	2.57 s
7.	2.57 s

8.	2.57 s
9.	2.11 s
10.	2.77 s
Rata-rata	2.557 detik

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas didapatkan hasil waktu rata-rata sistem menjalankan program adalah 2.557 detik.

4.4.2 Pengujian Waktu Proses Sistem Mengunggah Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui delay ketika sistem mengunggah data ke *website*. Pada pengujian yang telah dilaksanakan pada sistem pemantauan pertumbuhan sawi hijau menggunakan dua mekanisme pengujian yaitu, menggunakan koneksi *wireless router* dan menggunakan koneksi *tethering smartphone* (Samsung j7). Data yang dikirimkan berupa data hasil pengolahan sistem, yang ditampilkan dalam tabel dan grafik, serta data *realtime video streaming*.

Tabel 4.4 Pengujian Waktu Proses Unggah Data

No.	Nama	Wi-fi Router	Wi-fi Tethering
1	Tabel dan Grafik	6.09s	9.49s
2	Tabel dan Grafik	5.76s	8.91s
3	Tabel dan Grafik	6.30 s	9.17s
4	Tabel dan Grafik	6.68s	9.36s
5	Tabel dan Grafik	5.69s	9.30s
6	Tabel dan Grafik	6.06s	9.30s
7	Tabel dan Grafik	6.35s	10.15s
8	Tabel dan Grafik	6.25s	9.36s
9	Tabel dan Grafik	5.90 s	9.30s
10	Tabel dan Grafik	5.76s	9.29s
Rata-rata delay (detik)		6.084 detik	9.363 detik

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil pengujian waktu yang dibutuhkan untuk mengunggah data dari sistem ke *website* dengan menggunakan dua mekanisme, didapatkan hasil rata-rata delay menggunakan *wi-fi router* adalah 6.084 detik dan yang menggunakan *wi-fi tethering* 9.363 detik rata-rata dari 10 percobaan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan *wi-fi router* dalam mengunggah data lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan *wifi tethering*.

Tabel 4.5 Pengujian Waktu proses *Live streaming*

No.	Nama	Wi-fi Router	Wi-fi Tethering
1	Live Streaming	1.50s	1.72s
2	Live Streaming	1.40s	1.14s
3	Live Streaming	1.27s	1.33s
4	Live Streaming	1.20s	1.06s
5	Live Streaming	0.81s	1.00s
6	Live Streaming	1.00s	0.87s
7	Live Streaming	1.33s	0.77s
8	Live Streaming	1.13s	1.07s

Berdasarkan Tabel 4.5 rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengunggah data *live streaming* ke *website* dengan menggunakan *wi-fi* router adalah 1.254 detik dan dengan menggunakan *wi-fi tethering* adalah 1.137 detik. Dapat ditarik kesimpulan bahwa selisih waktu delay antara *wi-fi router* dan *wi-fi tethering* adalah 0.117 detik, lebih cepat *wi-fi tethering*.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Aplikasi sistem pemantauan pertumbuhan sawi hijau ini dapat digunakan oleh petani untuk melihat perkembangan pertumbuhan sawi hijau, baik dari tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas tanaman berkembang.
2. Hasil pengujian fungsionalitas membuktikan bahwa respon setiap tombol pada *website* sudah sesuai dengan yang diharapkan dan 100% berhasil.
3. Hasil pengujian berdasarkan keluaran informasi *user* membuktikan bahwa informasi yang dikeluarkan sistem sudah sesuai dengan yang diharapkan dan 100% berhasil.

4. Rata-rata akurasi sistem dalam mengukur objek tanaman di dalam ruangan (54 lux) adalah 95.7% untuk akurasi tinggi tanaman, 84.2% akurasi jumlah daun dan 96.8% akurasi luas tanaman.
5. Rata-rata akurasi sistem dalam mengukur objek tanaman di dalam ruangan (5505 lux) adalah 96% untuk akurasi tinggi tanaman, 85.2% akurasi jumlah daun dan 97.3%.
6. Hasil pengujian sistem berdasarkan kondisi cahaya menyatakan bahwa sistem dapat mengukur pertumbuhan tanaman lebih baik pada kondisi cahaya di luar ruangan dengan intensitas 5505 lux.
7. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk menjalankan program rata-rata membutuhkan waktu 2.557 detik.
8. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengirimkan data dan *live streaming* ke *website* dengan menggunakan *Wi-fi Router* adalah 6.084 detik dan 1,254 detik, serta menggunakan *Wi-fi Tethering* 9.363 detik dan 1.137 detik, proses pengiriman data menggunakan *Wi-fi tethering* lebih lambat 3.279 detik dan proses *live streaming* lebih cepat 0.117 detik.

5.2 Saran

Saran yang diberikan agar dapat mengembangkan sistem pemantauan pertumbuhan sawi hijau ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem pemantauan selanjutnya dapat memfasilitasi pengguna untuk dapat melakukan monitoring menggunakan Aplikasi khusus Android atau iOS.
2. Pendeteksian objek menggunakan algoritma yang berbeda yang dapat mendeteksi *multiple* objek.
3. Menggunakan kamera dengan kualitas HD/Full HD agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] A. Fuad, Budidaya tanaman sawi (*Brassica Juncea*L). pp. 1–46, Universitas Surakarta, Surakarta, 2010.
- [2] Anonim, Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan, Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [3] Azis S.A., Steward B.L., Birrel S.J., Kaspar T.C., Shresta D.S., 2004. *Ultrasonic Scanning for Corn Plant Canopy Characterization*. ASAE Annual Meeting, 2004
- [4] Bella, Anatasya., *Sistem Informasi Untuk Monitoring Pengguna Helm Proyek*, Telkom University, Bandung, 2017.
- [5] Chandra, Irfan S., *Implementasi Deteksi Warna dengan Orange Pi dan Library OpenCV*, Telkom University, Bandung, 2017.
- [6] Contoh Penerapan *Computer Vision* [online] available: <https://forum.openag.media.mit.edu/t/cv-and-image-processing-for-the-pfc/273/11> [diakses 12 Juli 2018]
- [7] Hidayatullah, Prianto., *Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasi Nyata Disertai CD*, Informatika, 2017.
- [8] Jatikusumo, Dwiki., *Panduan Pengolahan Citra*, Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2016.
- [9] Malik, Ridwan A., *Perancangan dan Implementasi Motion Tracker pada Security Camera Berbasis Computer Vision menggunakan Raspberry Pi*, Telkom University, Bandung, 2017.
- [10] Pertumbuhan Tanaman [online] available: erepo.unud.ac.id/18364/3/1207105071-3-BAB%2011.pdf [diakses 5 Agustus 2018]
- [11] Petunjuk Praktikum Agroekologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tidar, 2014.
- [12] Prihartini., Tri Septia., Purung Nurtantio Andono., Deteksi tepi dengan metode laplacian of Gaussian pada Citra Daun Tanaman Kop, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- [13] R. Munir., *Pengolahan Citra Digital*, Informatika, Bandung, 2014
- [14] Sensor Ultrasonik [online] available: <https://www.proyekrumahan.id/2017/12/sensor-ultrasonik-hc-sr04.html> [diakses 14 Juli 2018]
- [15] Sutoyo T, dkk., *Teori Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2009