

RESEARCH ARTICLE

Sistem Pemantauan Tinggi Tanaman Cabai Berbasis Jaringan Menggunakan Modul ESP32-CAM Pada Sistem Akuaponik

Muhammad Rafly Juliyan, Porman Pangaribuan* and Denny Darlis

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

* Corresponding author: porman@telkomuniversity.ac.id

Received on 11 September 2023; accepted on 17 October 2023

Abstrak

Aquaponics requires special attention in order to get maximum results. Therefore, this research will create a hardware device to monitor the growth of chili plants. Through the camera the height of the chili plants can be measured using image processing. This study the IoT-based chili plant height growth monitoring system uses the ESP-32 CAM in the aquaponic planting model connected via a website can make it easier to monitor the growth of chili plants. In this final project research using ESP-32 CAM as the main component. After testing the monitoring system on chili plants with a height of 12 cm, 23 cm, and 25 cm at a distance of 30. It was found that the ESP-32 CAM can detect the growth of chili plants at a height of 12 cm with an accuracy rate of 97,50% and at 23 cm high with an accuracy rate of 94,58%. And at a distance of 30 cm between the chili plants and the ESP-32 CAM with an accuracy rate of 97,32%. caused the condition of the distance between the camera and the chili plants will affect the process of detecting the size of the chili plants.

Key words: key Aquaponic, Monitoring, ESP-32 CAM.

Pendahuluan

Saat ini lahan pertanian pada perkotaan di Indonesia sudah menurun, hal ini disebabkan lahan pertanian di konversi menjadi lahan industri dan menjadi lahan permukiman karena faktor ekonomi dan sosial, pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan keterbatasan sumber daya lahan. Dengan ini, metode akuaponik merupakan solusi dalam mengatasi berkurangnya lahan pertanian dengan menggunakan tempat yang tidak digunakan atau kosong pada daerah perkotaan, seperti atap rumah, dinding bangunan, teras dan balkon. Penduduk pada daerah perkotaan relatif memiliki kegiatan yang padat, sehingga tidak memiliki waktu untuk setiap saat memantau perkembangan tanaman akuaponik. Hal ini menyebabkan tidak sedikit penduduk perkotaan gagal ketika ingin melakukannya. Dari permasalahan tersebut, penulis memiliki solusi membuat sebuah sistem monitoring dan kontrol secara otomatis yang dapat mengamati pertumbuhan tanaman.

Monitoring kondisi tanaman akuaponik umumnya dilakukan dengan melihat informasi yang berkaitan dengan tinggi batang tanaman cabai. Informasi ini belum mewakili kondisi nyata tanaman secara fisik, sehingga harus dilakukan pengamatan secara langsung ke area tanaman. Penelitian ini akan membuat sistem monitoring kondisi tanaman akuaponik melalui pengiriman data citra yang dikirim melalui intranet dengan modul ESP-32 CAM. Data citra yang dikirim akan disimpan di database sehingga dapat dipantau kondisi tumbuhan selama masa tanam. Modul pemantauan tanaman akuaponik bernama modul ESP-32 CAM.

ESP-32 CAM merupakan perkembangan dari perangkat keras arduino, perangkat keras ESP-32 CAM memiliki modul wifi yang telah tertanam langsung pada papan sirkuit, sehingga langsung terhubung ke wifi tanpa harus menambah perangkat tambahan modul wifi. Penelitian pada tugas akhir ini adalah membuat sebuah sistem monitoring yang dapat memantau kondisi pertumbuhan tanaman cabai agar dalam kondisi yang optimal. Diharapkan dengan sistem pemantauan ini pertanian akuaponik dapat tetap berada di kondisi paling idealnya, sehingga menghasilkan hasil panen yang berkualitas.

Batasan masalah pada pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Sistem Monitoring menggunakan kamera modul ESP-32 CAM.
2. Sistem penanaman yang digunakan adalah sistem akuaponik dengan pemantauan pertumbuhan tinggi batang dari tanaman cabai.
3. Analisis sistem yang telah dibuat tidak membahas tentang teknik menanam akuaponik secara menyeluruh atau tidak membahas detail pertanian.

Tujuan yang ingin dicapai dalam buku tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Merancang sistem ESP-32 CAM yang dapat mengukur pertumbuhan tinggi batang tanaman cabai.
2. Melakukan pengujian terhadap tinggi dan jarak dengan menggunakan ESP-32 CAM untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam

melakukan pemantauan terhadap pertumbuhan tinggi batang tanaman cabai pada sistem akuaponik.

Manfaat yang ingin dicapai dalam buku tugas akhir ini ialah dapat memantau pertumbuhan tinggi batang tanaman cabai secara periodik.

Tinjauan Pustaka

Sistem

Sistem merupakan sekumpulan komponen yang mengimplementasikan model dan fungsionalitas yang dibutuhkan, komponen tersebut saling berinteraksi di dalam sistem guna mentransformasikan *input* yang diberikan kepada sistem tersebut menjadi *output* yang berguna dan bernilai bagi aktor-nya [1].

Monitoring

Monitoring berhubungan dengan siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan, sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan kegiatan itu selanjutnya [2]. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu [3].

Akuaponik

Akuaponik memanfaatkan metode budidaya gabungan antara perikanan dengan tanaman dalam satu wadah. Budidaya ikan merupakan usaha utama, hasil sayuran merupakan usaha sampingan atau tambahan [4]. Dalam sistem simbiosis ikan-sayuran, air yang digunakan adalah air yang mengandung unsur hara [5]. Setelah limbah yang mengandung nitrogen dan fosfor pada kolam ikan didaur ulang menjadi media budidaya tanaman untuk dijadikan pupuk hayati tanaman, maka teknologi pengelolaan air melalui akuaponik sangat bermanfaat [5].

Jaringan Komunikasi Internet dan Intranet

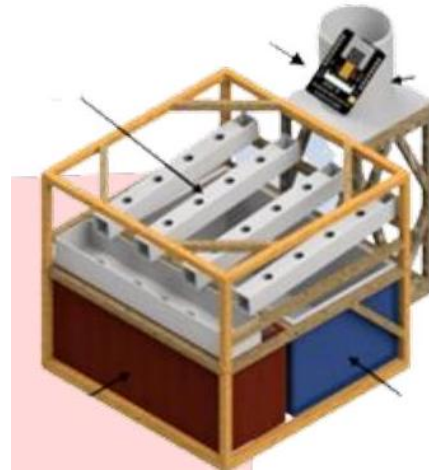
Jaringan komunikasi adalah kumpulan perangkat komunikasi yang saling terhubung satu sama lain untuk bertukar informasi dan data secara elektronik. Jaringan komunikasi bisa terdiri dari komputer, telepon, perangkat *mobile*, *router*, *switch*, dan perangkat lainnya yang dapat terhubung melalui kabel atau teknologi nirkabel. Internet merupakan jaringan global komputer dunia, besar dan sangat luas sekali dimana setiap komputer saling terhubung satu sama lainnya dari negara ke negara lainnya di seluruh dunia dan berisi berbagai macam informasi. Intranet adalah sebuah jaringan komputer berbasis protokol TCP/IP seperti internet hanya saja digunakan dalam internal perusahaan, kantor, bahkan warung internet (WARNET) pun dapat di kategorikan Internet.

Modul ESP-32 CAM

ESP-32 CAM adalah papan pengembangan mode ganda *wifi* + *Bluetooth* yang menggunakan antena dan inti papan PCB berbasis *chip* ESP32. Maka dengan demikian, modul ESP-32 CAM ini dapat digunakan untuk mengambil gambar, dan juga dapat digunakan sebagai modul *wifi* untuk mengirim data [7].

Field of View

Field of View (FOV) adalah *area* yang dapat diamati oleh kamera dalam satu saat. Ini menentukan seberapa luas sudut pandang yang bisa dicapai oleh kamera, dan dinyatakan dalam derajat atau persentase. FOV



Gambar 1. Desain Perangkat Keras.

bisa diukur sebagai sudut horizontal (β), *vertical* (α), atau ganda (θ) (horizontal (β) dan *vertical* (α)).

Metodologi Penelitian

Memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah penelitian, waktu penelitian, sumber data, cara perolehan data dan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian [6].

Desain Perangkat Keras

Perangkat keras 1 didesain untuk memantau perkembangan batang tanaman cabai dengan menggunakan modul ESP-32 CAM sebagai mikrokontroler utama pada keseluruhan sistem. Tugas akhir hanya membahas bagian modul ESP-32 CAM yang melakukan pemantauan seluruh proses perkembangan batang tanaman cabai dengan menggunakan metode akuaponik.

Diagram Blok

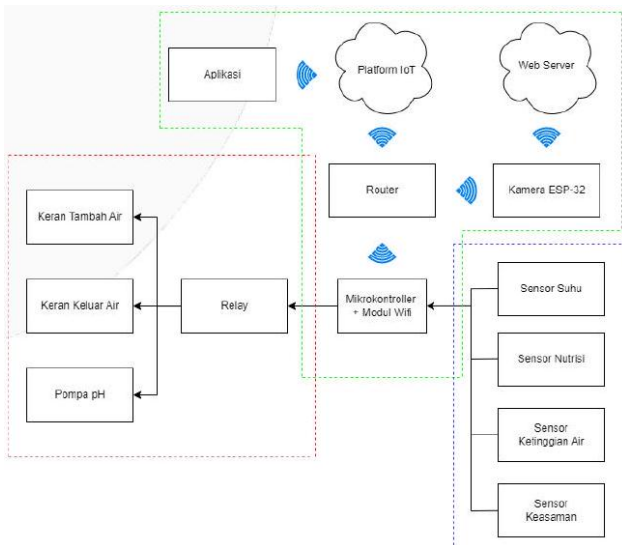
Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan sistem pemantauan pertumbuhan batang tanaman cabai agar tetap dalam kondisi idealnya. Parameter yang dipantau adalah batang dari tumbuhan cabai. Sistem menggunakan ESP-32 CAM yang akan dipasang pada akuaponik agar dapat melakukan pemantauan perkembangan tanaman cabai melalui webserver 2.

FLOWCHART

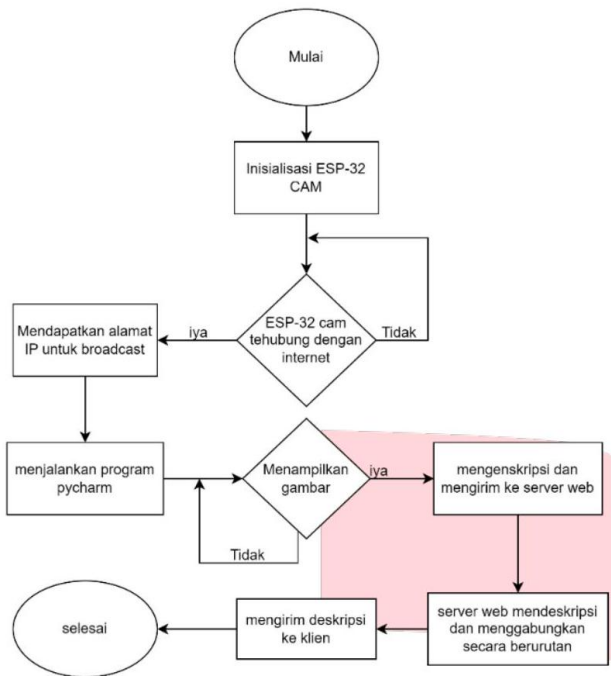
Flowchart merupakan penjelasan mengenai bagaimana sistem tersebut dapat bekerja secara sistematis dan berurut. Gambar 3 adalah diagram alir dari sistem pemantauan pertumbuhan tanaman cabai pada sistem akuaponik yang telah dibuat.

Prinsip Kerja Sistem Monitoring

Sistem pemantauan pada tugas akhir ini menggunakan ESP32-CAM yang akan terhubung oleh *web server*. ESP32-CAM akan mengambil gambar secara *real time*. Sistem pemantauan menggunakan metode rasio piksel per metrik. Rasio piksel per-metrik adalah metode untuk menentukan ukuran objek dalam gambar dengan cara mengetahui dimensi objek dan mengidentifikasi objek secara unik. Rasio piksel per metrik sama halnya dengan menghitung secara manual jarak dari kamera ke objek tertentu.



Gambar 2. Diagram Blok.



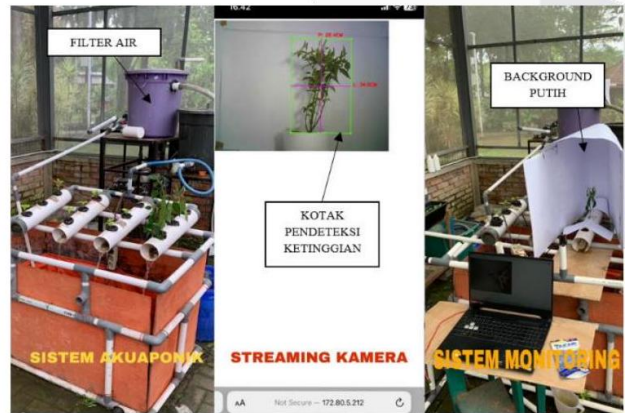
Gambar 3. Flowchart Sistem Pemantauan.

Hasil dan Pembahasan

Realisasi Alat

Gambar 4 menunjukkan realisasi alat yang telah di rancang. Proses dimulai dari menyalakan laptop dan menghubungkan power supply ke ESP-32 CAM. Buka software python untuk melakukan running, pastikan laptop ESP-32 CAM berada dalam satu jaringan lokal yang sama. Setelah ESP32-CAM terhubung oleh power, ESP32-CAM akan terhubung ke wifi dan otomatis memiliki IP Address. IP Address tersebut akan terhubung dengan webserver sehingga dapat menampilkan streaming kamera hasil ESP32 CAM melalui website.

Pengujian kalibrasi dan akurasi bertujuan untuk mendapatkan nilai akurasi yang dapat dideteksi oleh ESP32 CAM dengan melakukan



Gambar 4. Realisasi Alat.

Table 1. Pengujian Tanaman Cabai 12 cm

Percobaan Ke -	Pengukuran Manual	Hasil Deteksi ESP-32 CAM
1	12 cm	12.5 cm
2	12 cm	12.4 cm
3	12 cm	12.1 cm
4	12 cm	12.3 cm
5	12 cm	12.4 cm
6	12 cm	12.2 cm
7	12 cm	12.1 cm
8	12 cm	12.4 cm
9	12 cm	12.2 cm
10	12 cm	12.4 cm

perbandingan dengan pengukuran secara manual. Pada pengujian ini akan mendapatkan dua nilai, yaitu persentase error dan persentase akurasi yang didapatkan melalui persamaan berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Pengukuran}}{\text{Total Data}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - \% \text{ error}$$

Pengujian Tanaman Cabai dengan Tinggi 12 CM

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan pengujian tinggi pada tanaman cabai adalah melakukan pengukuran secara manual. Tanaman cabai diukur dengan menggunakan alat ukur penggaris konvensional untuk mendapatkan tinggi yang sebenarnya dari tanaman cabai. Pada percobaan kali ini, tinggi tanaman cabai dari hasil pengukuran manual adalah 12 cm. Dari hasil pengujian tinggi pada tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM pada tabel 4(a), didapatkan nilai error dan akurasi dari hasil pengujian. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai persentase error sebesar 2,50% dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan persentase nilai akurasi alat sebesar 97,50%.

Dapat disimpulkan bahwa ESP-32 CAM dapat mendeteksi tinggi tanaman cabai dengan baik pada tinggi 12 cm. Namun, memiliki sedikit perbedaan dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris konvensional. Hal ini dikarenakan, pengaruh jarak antara ESP-32 CAM dengan tanaman cabai. Sebisa mungkin jarak antara ESP-32 CAM dan tanaman cabai disesuaikan sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Table 2. Pengujian Tanaman Cabai 23 cm

Percobaan Ke -	Pengukuran Manual	Hasil Deteksi ESP-32 CAM
1	23 cm	23.8 cm
2	23 cm	20.5 cm
3	23 cm	23.9 cm
4	23 cm	23.8 cm
5	23 cm	24.1 cm
6	23 cm	21.7 cm
7	23 cm	24.2 cm
8	23 cm	23.8 cm
9	23 cm	24.9 cm
10	23 cm	23.8 cm

Dari hasil pengujian tinggi pada tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM pada tabel 1, didapatkan nilai *error* dan akurasi dari hasil pengujian. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai persentase *error* sebesar 2,50% dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan persentase nilai akurasi alat sebesar 97, 50%. Dapat disimpulkan bahwa ESP-32 CAM dapat mendeteksi tinggi tanaman cabai dengan baik pada tinggi 12 cm. Namun, memiliki sedikit perbedaan dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris konvensional. Hal ini dikarenakan, pengaruh jarak antara ESP-32 CAM dengan tanaman cabai. Sebisa mungkin jarak antara ESP-32 CAM dan tanaman cabai disesuaikan sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Pengujian Tanaman Cabai dengan Tinggi 23 CM

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan pengujian tinggi pada tanaman cabai adalah melakukan pengukuran secara manual. Tanaman cabai diukur dengan menggunakan alat ukur penggaris konvensional untuk mendapatkan tinggi yang sebenarnya dari tanaman cabai. Pada percobaan kali ini, tinggi tanaman cabai dari hasil pengukuran manual adalah 23 cm. Dari hasil pengujian tinggi pada tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM pada tabel 2, didapatkan nilai *error* dan akurasi dari hasil pengujian. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai persentase *error* sebesar 5,42% dan dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan persentase nilai akurasi sensor sebesar 94,58%.

Dapat disimpulkan bahwa ESP-32 CAM dapat mendeteksi tinggi tanaman cabai dengan baik pada tinggi 23 cm. Namun, memiliki sedikit perbedaan dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris konvensional. Hal ini dikarenakan, pengaruh jarak antara ESP-32 CAM dengan tanaman cabai. Sebisa mungkin jarak antara ESP-32 CAM dan tanaman cabai disesuaikan sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Pengujian Tanaman Cabai pada Jarak 30 CM

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan pengujian jarak pada tanaman cabai dan ESP-32 CAM adalah melakukan pengukuran secara manual. Tanaman cabai diukur dengan menggunakan alat ukur meteran untuk mendapatkan jarak yang sebenarnya antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM. Pada percobaan kali ini, jarak sebenarnya antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM dari hasil pengukuran manual adalah 30 cm dan tinggi tanaman cabai yang digunakan dalam pengukuran adalah 25 cm. Dari hasil pengujian tinggi pada tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM pada tabel 3, didapatkan nilai *error* dan

Table 3. Pengujian Tanaman Cabai pada Jarak 30 CM

Percobaan	Jarak Ke - Kedua Objek	Pengukuran Manual	Deteksi ESP-32 CAM
1	30 cm	25 cm	25.0 cm
2	30 cm	25 cm	25.2 cm
3	30 cm	25 cm	24.8 cm
4	30 cm	25 cm	26.3 cm
5	30 cm	25 cm	26.4 cm
6	30 cm	25 cm	25.3 cm
7	30 cm	25 cm	26.1 cm
8	30 cm	25 cm	26.2 cm
9	30 cm	25 cm	25.9 cm
10	30 cm	25 cm	26.0 cm

akurasi dari hasil pengujian. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai persentase *error* sebesar 2,68% dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan persentase nilai akurasi sensor sebesar 97, 32%. Dapat disimpulkan bahwa ESP-32 CAM dapat mendeteksi tinggi tanaman cabai dengan baik pada tinggi 25 cm dengan jarak 30 cm antara tanaman cabai dan ESP32 CAM. Namun, memiliki sedikit perbedaan dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris konvensional. Hal ini dikarenakan program pada ESP-32 CAM menggunakan metode rasio piksel per-metrik. Rasio piksel per-metrik adalah metode untuk menentukan ukuran objek dalam gambar dengan cara mengetahui dimensi objek dan mengidentifikasi objek secara unik. Rasio piksel per metrik sama halnya dengan menghitung secara manual jarak dari kamera ke objek tertentu.

Pengujian Tanaman Cabai pada Jarak 50 CM

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan pengujian jarak pada tanaman cabai dan ESP-32 CAM adalah melakukan pengukuran secara manual. Tanaman cabai diukur dengan menggunakan alat ukur meteran untuk mendapatkan jarak yang sebenarnya antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM. Pada percobaan kali ini, jarak sebenarnya antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM dari hasil pengukuran manual adalah 50 cm dan tinggi tanaman cabai yang digunakan dalam pengukuran adalah 25 cm. Dari hasil pengujian tinggi pada tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM pada tabel 4, didapatkan nilai *error* dan akurasi dari hasil pengujian. Dengan menggunakan persamaan (1) maka didapatkan nilai persentase *error* sebesar 10,53% dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan persentase nilai akurasi sensor sebesar 89, 47%.

Dapat disimpulkan bahwa ESP-32 CAM dapat mendeteksi tinggi tanaman cabai pada tinggi 25 cm dengan jarak 50 cm antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM dengan nilai yang berbeda dari pengukuran manual. Hal ini dikarenakan, pengaruh dari *script* yang telah di buat tidak sesuai dengan jarak jarak antara ESP-32 CAM dengan tanaman cabai. Jika *script* sudah sesuai dengan apa yang diinginkan Sebisa mungkin jarak antara ESP-32 CAM dan tanaman cabai disesuaikan sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat. Posisi jarak dapat mempengaruhi akurasi dari hasil deteksi ESP-32 CAM.

Kesimpulan

Pada tugas akhir ini didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

Table 4. Pengujian Pada Jarak 50 cm

Percobaan Ke -	Pengukuran Manual	Hasil Deteksi ESP-32 CAM
1	23 cm	23.8 cm
2	23 cm	20.5 cm
3	23 cm	23.9 cm
4	23 cm	23.8 cm
5	23 cm	24.1 cm
6	23 cm	21.7 cm
7	23 cm	24.2 cm
8	23 cm	23.8 cm
9	23 cm	24.9 cm
10	23 cm	23.8 cm

1. Perancangan sistem pemantauan pertumbuhan tinggi tanaman cabai menggunakan ESP-32 CAM sebagai komponen utama dari sistem pemantauan. Dan proses pengujian dilakukan pada tanaman cabai dengan model penanaman akuaponik.
2. Sistem pemantauan pertumbuhan tanaman cabai berhasil diimplementasikan pada tanaman cabai dengan tinggi 12 cm dan 23 cm. Serta jarak antara kamera dan tanaman cabai berada pada jarak 30 cm dan 50 cm.
3. Dari hasil implementasi dan pengujian, sistem pemantauan dapat mendeteksi pertumbuhan tanaman cabai secara akurat pada jarak 30 cm antara ESP-32 CAM dan tanaman cabai.
4. Tingkat akurasi dari hasil pendeteksian pada tanaman dengan tinggi 12 cm ada pada persentase sebesar 97,50%, pada tanaman dengan tinggi 23 cm ada pada persentase sebesar 94,58%, pada tanaman dengan jarak 30 cm ada pada persentase sebesar 97,32%.

5. Pada jarak 50 cm antara tanaman cabai dan ESP-32 CAM, tingkat presentasi *error* berada pada 10,53%. Hal ini dikarenakan, pengaruh dari *script* yang tidak sesuai dengan jarak antara ESP-32 CAM dengan tanaman cabai.

Daftar Pustaka

1. Handary D. Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things). 2018.
2. Wijaya A, Rivai M. Monitoring dan Kontrol Sistem Irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana Pi. 2018.
3. Muflih GZ, Sunardi, Yudhana A. Perancangan Sistem Monitoring Hujan Berbasis Arduino Uno dan Telegram Messenger. 2019.
4. Handayani L. Pemanfaatan Lahan Sempit Dengan Sistem Budi-daya Aquaponik. 2018.
5. Burlian A, Rahmanto Y, Samsugi S, Sucipto A. Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler dan Arduino Uno R3. 2021.
6. Pramana RS, Pujiati E, Anggraeni M. Sistem Monitoring Pemberi Pakan Kucing Berbasis Website. 2020.
7. Adani F, Salsabil S. Internet of Things: Sejarah Teknologi dan Penerapannya. 2019.
8. Arifin J, Zulita LN, Hermawansyah. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. 2016.
9. Efendi Y. Internet of Things (IOT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. 2018.
10. Fauzan Y. Kotak Penerima Paket Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP32-CAM. 2020.
11. Kusumanto R, Pambudi WS, Tomponu AN. Aplikasi Sensor Vision untuk Deteksi MultiFace dan Menghitung Jumlah Orang. 2012.
12. Rahmadhika MK, Thantawi AM. Rancang Bangun Aplikasi Face Recognition Pada Pendekatan CRM Menggunakan OpenCV dan Algoritma Haarcascade. 2021.
13. Susim T, Darujati C. Pengolahan Citra Untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan OpenCV. 2021.