

SISTEM MONITORING DAN PERLINDUNGAN TANAMAN DARI GANGGUAN HEWAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Andi Samriadi¹⁾, Alamsyah^{2*)}

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

^{*}E-mail: alamsyah.zakaria@untad.ac.id

Abstrak

Jagung merupakan komoditas pertanian yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Namun permasalahan yang muncul adalah hewan ternak milik masyarakat seperti babi, kambing, ayam dan sapi seringkali memasuki ladang jagung petani pada kondisi tidak terjaga. Tidak adanya informasi yang diperoleh membuat petani menjumpai tanaman dalam kondisi rusak saat kembali ke ladang. Penelitian ini bertujuan untuk membantu dan mempermudah petani dalam memonitoring dan melindungi kebun dari gangguan hewan ternak yang masuk dari jarak jauh melalui *smartphone* dengan menggunakan data telegram. Aplikasi ini dapat membantu petani dalam mengambil tindakan untuk meminimalisir potensi kerusakan tanaman. Penelitian dirancang menggunakan raspberry pi model 3 B+ sebagai perangkat utama pengolah data, sensor RCWL-0516 untuk mendeteksi gerakan, *night vision* kamera raspberry pi untuk memonitoring objek, *you only look once* (YOLO) v4 tiny sebagai sistem deteksi hewan pengganggu tanaman, speaker sebagai output keberhasilan deteksi, dan bot telegram sebagai informasi hasil monitoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor RCWL-0516 dapat mendeteksi gerakan secara maksimal pada jarak 4 meter. Akurasi deteksi model YOLO pada *night vision* kamera sebesar 88%. Selanjutnya hasil integrasi deteksi ke speaker dan bot telegram sebesar 100%. Secara keseluruhan sistem dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi gerakan dan memonitoring objek yang ditampilkan pada bot telegram.

Kata kunci: *Corn, Farmer, Internet of Things, Livestock, YOLO*

Abstract

Corn is an agricultural commodity that is widely cultivated in Indonesia. However, the problem is that livestock owned by the community, such as chickens and cows, often enter farmers' corn fields out of any information an unguarded condition. With farmers find crops in a damaged condition when they return to the fields. This research aims to help make it easier for farmers to monitor their gardens from livestock disturbances that enter remotely via smartphones using telegram data. This application can assist farmers in taking action to minimize potential crop damage. The research was designed using the Raspberry Pi Model 3 B+ as the main data processing device, the RCWL-0516 sensor for detecting motion, a Raspberry Pi night vision camera for monitoring objects, you only look once (YOLO) v4 tiny as a plant-disturbing animal detection system, speakers as an introduction to detection output, and telegram bots. as monitoring results. The results showed that the RCWL-0516 sensor could detect movement optimally at a distance of 4 meters. The detection accuracy of the YOLO model on night vision cameras is 88%. Furthermore, the integration results of detecting speakers and telegram bots are 100%. Overall the system can work well in detecting motion and monitoring objects displayed on telegram bots.

Keywords: *Corn, Farmer, Internet of Things, Livestock, YOLO*

1. Pendahuluan

Sektor pertanian di Indonesia masih memegang peranan penting sebagai penghasil pangan [1] dengan pertumbuhan perekonomian nasional [2], [3], tercatat bahwa hingga kuartal dua tahun 2022 sektor pertanian memberikan kontribusi sebesar 12.98% terhadap perekonomian nasional [4], salah satunya berasal dari tanaman jagung.

Jagung merupakan komoditas penting setelah padi [5] dikarenakan memiliki multifungsi yang dapat digunakan untuk kebutuhan pangan [6], pakan, industri maupun kebutuhan ekspor. Setiap tahun komoditi jagung terus mengalami peningkatan permintaan yang dipengaruhi oleh harga, jumlah penduduk, harga kebutuhan lain dan PDB nasional. Umumnya jagung akan dipanen saat mencapai umur empat bulan pada setiap musimnya. Setiap musim

tanam tiba hingga saat sebelum panen berlangsung petani selalu dibuat resah oleh adanya gangguan dari hewan ternak seperti sapi [7] dan ayam yang masuk dan merusak tanaman [8], [9] pada saat kondisi tidak terjaga. Hewan ternak masyarakat yang dilepas liarkan begitu saja mendatangkan dampak buruk karena berpotensi merusak tanaman dan mengakibatkan kerugian pada petani [10]. Tidak adanya informasi yang diperoleh oleh petani dengan segera membuat petani seringkali menjumpai tanaman mereka telah rusak pada saat kembali ke ladang. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meminimalisir gangguan seperti melakukan penjagaan pada ladang namun cara tersebut masih kurang efisien karena keberadaan hewan tidak dapat diprediksi kapan mereka akan datang dan jika harus dilakukan pengawasan secara terus menerus akan membutuhkan waktu lama dan menambah beban kerja petani.

Penelitian terkait monitoring dan perlindungan tanaman dari gangguan hewan telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya perancangan alat perlindungan tanaman dari hewan menggunakan sensor arduino [11], nodeMCU Esp8266 [12], [13]. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa gerakan hewan dideteksi oleh sensor PIR untuk ditampilkan pada LCD dan smartphone. Namun kelemahan penelitian tersebut belum mengembangkan ke pengambilan dan pengenalan objek menggunakan kamera. Selanjutnya penelitian sistem perlindungan tanaman dari hewan menggunakan CNN (*Convolutional Neural Network*) [14]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mengidentifikasi hewan secara otomatis dengan mengeluarkan suara alarm berdasarkan foto yang diolah menggunakan CNN. Namun penelitian ini masih memiliki kelemahan karena belum dilengkapi sistem monitoring dan perlindungan tanaman dari jarak jauh melalui smartphone.

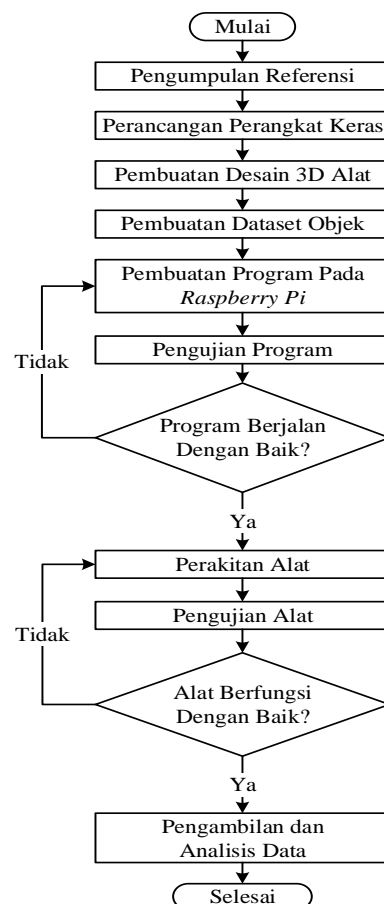
Penelitian yang dirancang dalam artikel ini adalah pengembangan sistem monitoring dan perlindungan tanaman dari gangguan hewan berbasis IoT yang dapat memberikan informasi dari jarak jauh [15], [16] berupa gambar hewan dan mengeluarkan suara pengusir hewan melalui *smartphone*. Perangkat pengolah data utama menggunakan *single board raspberry pi* sebagai pengolah [17]. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sensor RCWL-0516 dan night vision (NV) kamera raspberry. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah model YOLO v4 tiny sebagai pengenalan objek. Untuk output menggunakan speaker dan bot telegram sebagai media untuk menampilkan data hasil proses monitoring.

2. Metode

2.1. Diagram Alir Penelitian

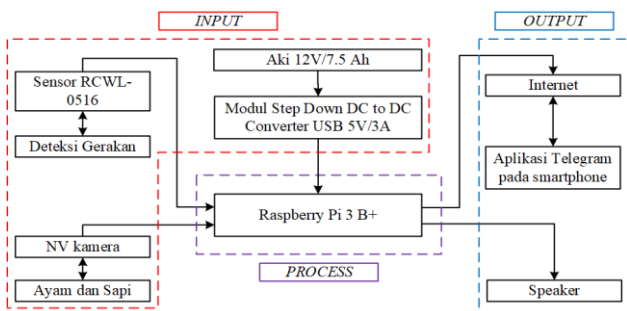
Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian secara keseluruhan. Pengumpulan referensi meliputi mempelajari

artikel terkait penelitian, wawancara dan pemetaan lokasi tempat penelitian. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras berupa *layout* skema rangkaian dari komponen yang akan digunakan antara lain *raspberry pi*, sensor RCWL-0516, NV kamera, speaker, aki, modul *step down*, saklar, dan *smartphone* sebagai media IoT menggunakan aplikasi corel draw X4. Selanjutnya membuat model tiga dimensi (3D) alat menggunakan aplikasi blender yang merupakan aplikasi *open source* untuk membuat sebuah animasi, efek visual, dan model 3D. Pembuatan dataset objek dengan mengumpulkan gambar ayam dan sapi untuk dilatih menjadi model deteksi YOLO v4 *tiny*. Selanjutnya pembuatan program pada *raspberry pi* antara lain program sensor dan konfigurasi ke IoT yang dibuat pada geany phyton. Selanjutnya dilakukan pengujian program yang telah dibuat dan jika berhasil maka perakitan alat siap dilakukan. Perakitan alat dilakukan dengan membangun alat sesuai dengan 3D model yang telah dirancang, menghubungkan semua komponen sesuai dengan skema rangkaian yang telah dibuat, dan mengintegrasikan program yang telah dibuat secara keseluruhan. Selanjutnya dilakukan pengujian pada alat yang dilakukan mulai dari pengujian *input/output* hingga pengujian alat secara keseluruhan. Setelah pengujian selesai dilakukan pengambilan dan analisis data untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

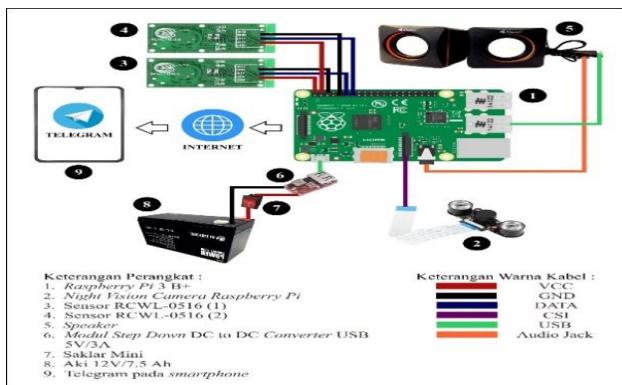
2.2. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem meliputi unit *input*, *process* dan *output*. Pada bagian *input*, *power supply* akan memberikan tegangan input 5V/3A pada *raspberry pi* yang kemudian juga akan mengalir ke komponen komponen yang terhubung dengannya. Sensor RCWL-0516 bertugas untuk mendeteksi gerakan objek, *night vision camera* bertugas untuk memantau dan mengambil foto objek yang terdeteksi sebagai hewan pengganggu tanaman lalu akan disimpan pada penyimpanan *raspberry pi*. Pada bagian *process*, *raspberry pi* digunakan sebagai bagian pemrosesan data yang bekerja pada tegangan 5V dengan arus minimal 700 mA. *Raspberry pi* akan menerima data dari sensor RCWL-0516 dan memerintahkan kamera untuk aktif ketika ada gerakan. Saat kamera aktif *raspberry pi* akan memulai pendeteksian objek. *Raspberry pi* akan memerintahkan untuk mengambil foto dan mengirim notifikasi ke *telegram bot* serta mengaktifkan speaker apabila yang terdeteksi hewan pengganggu tanaman. Pada bagian *output* jika objek terdeteksi sebagai hewan pengganggu tanaman maka data akan ditampilkan dalam bentuk foto pada channel *telegram bot* untuk mengetahui kondisi secara *real time* serta mengaktifkan suara gonggongan anjing dari speaker sebagai upaya memberikan gangguan kepada hewan tersebut.

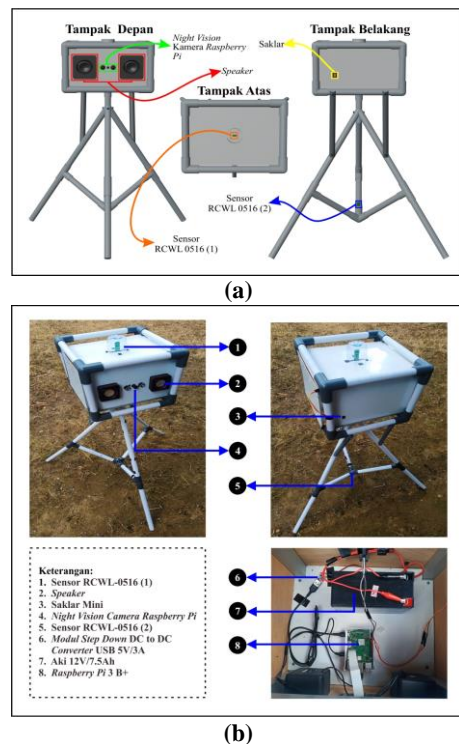
2.3. Skema Rancangan Sistem



Gambar 3. Skema Rancangan Sistem

Gambar 3 menunjukkan skema rangkaian sistem. Rangkaian sensor sensor RCWL 0516 dihubungkan sebagai *input* pada pin digital, 5 volt dan ground pada *raspberry pi* berfungsi untuk mendeteksi gerakan. NV camera *raspberry pi* dihubungkan sebagai *input* pada port CSI kamera pada *raspberry pi* berfungsi untuk memonitoring dan mengambil gambar objek hewan pengganggu tanaman, *speaker* dihubungkan sebagai *output* pada port USB dan port audio *raspberry pi* berfungsi sebagai indikator keberhasilan deteksi dan mengeluarkan suara gonggongan anjing, aki 12V/7.5 Ah dihubungkan ke saklar kemudian menuju pada modul *step down* DC to DC converter USB berfungsi untuk menurunkan tegangan menjadi 5V/3A dan masuk pada VIN *raspberry pi*, *raspberry pi* terhubung pada seluruh perangkat *input* dan *output* untuk mengolah data kemudian dikoneksikan ke internet untuk mengirim informasi ke telegram.

2.3. Rancangan Fisik Alat

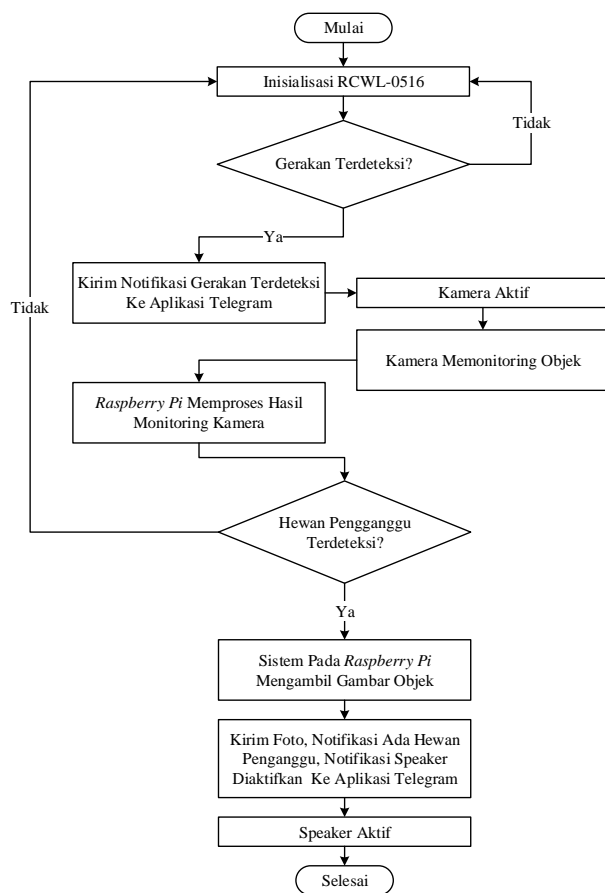


Gambar 4. Rancangan Fisik Alat (a) Model 3D (b) Bentuk Fisik

Gambar 4 (a) menunjukkan rancangan alat tampak depan, tampak belakang dan tampak rancang bangun alat monitoring hewan pengganggu tanaman berbasis *internet of things* yang terdiri dari dua sensor gerak RCWL-0516, NV camera *raspberry pi*, speaker dan saklar. Sensor RCWL-0516 berfungsi untuk mendeteksi gerakan, NV camera *raspberry pi* berfungsi untuk memonitoring dan mengambil gambar, speaker berfungsi sebagai indikator keberhasilan deteksi hewan pengganggu tanaman, dan saklar berfungsi untuk menghidupkan alat dan mematikan

alat. Gambar 4 (b) bentuk fisik rancangan menggunakan rangka dari pipa paralon ukuran 3/4 inch untuk menopang kotak alat dan sebagai tempat melekatnya alat. Didalam kotak alat terdapat aki 12V/7.5A, modul *step down* DC to DC *converter* USB 5V/3A, *raspberry pi*. Saklar mini terletak pada bagian belakang kotak, *NV camera raspberry pi* dan *speaker* terletak pada bagian depan kotak, sensor RCWL 0516 terletak pada bagian atas kotak dan juga terletak pada bagian bawah melekat pada rangka penopang.

2.4. Prinsip Kerja Alat



Gambar 5. Flowchart Prinsip Kerja Alat

Gambar 5 menunjukkan keseluruhan dari prinsip kerja alat. Sistem monitoring hewan pengganggu tanaman berbasis IoT dimulai dengan pemberian tegangan input menuju *raspberry pi* untuk menghidupkan sistem. Selanjutnya inialisasi pada sensor RCWL-0516 dimana sensor akan *standby* untuk mendeteksi dan menerima input berupa gerakan dari objek sekitar yang masih berada dalam radius jangkauan. Apabila gerakan berhasil terdeteksi maka pesan teks akan terkirim ke telegram dan kamera akan aktif. Jika tidak ada gerakan sensor akan kembali *standby* untuk mendeteksi gerakan. Monitoring objek akan dimulai saat kamera aktif dan dilakukan proses pengolahan data informasi objek yang terpantau dalam monitoring kamera melalui sistem dalam *raspberry pi*. Apabila objek yang

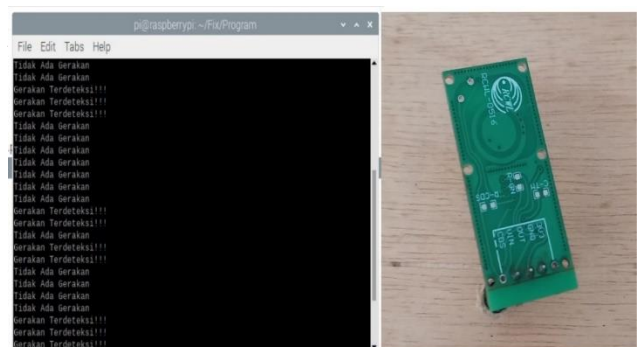
diperoleh dikenali sebagai hewan pengganggu tanaman maka kamera akan mengambil gambar objek tersebut dalam bentuk foto dengan format jpeg yang kemudian akan disimpan didalam sistem *raspberry pi* dan jika data informasi objek yang diperoleh tidak dikenali sebagai hewan pengganggu tanaman maka penelitian akan kembali pada tahap inialisasi RCWL-0516 untuk *standby* dalam mendeteksi gerakan. Foto yang dikenali sebagai hewan pengganggu tanaman kemudian akan dikirim dan ditampilkan pada *smartphone* pengguna disertai ketepatan pesan teks terkait foto tersebut, setelah itu juga akan terkirim pesan teks bahwa speaker diaktifkan. Speaker akan secara otomatis aktif mengeluarkan suara gonggongan anjing dipicu dari objek yang dikenali sebagai hewan pengganggu tanaman, sampai pada tahap ini alat dapat dikatakan bekerja dengan baik sesuai dengan *flowchart* prinsip kerjanya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor RCWL-0516

Gambar 6 menunjukkan pengujian sensor RCWL-0516 yang ditampilkan linux terminal dari *raspberry pi*, ketika ada gerakan yang terdeteksi oleh sensor maka akan tampil “Gerakan Terdeteksi!!!” pada linux terminal dan jika tidak ada gerakan yang terdeteksi atau sensor dalam keadaan *standby* akan tampil “Tidak Ada Gerakan” pada linux terminal. Hasil pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk menghitung tingkat keberhasilan deteksi sensor berdasarkan jarak objek dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Keberhasilan} = \left(\frac{\text{Pengujian Berhasil}}{\text{Total Pengujian/jarak}} \right) \times 100\% \quad (1)$$



Gambar 6. Pengujian Sensor RCWL-0516

Tabel 1 menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi gerakan secara maksimal dengan tingkat keberhasilan 100% adalah pada jarak 1 sampai 4 meter, pada jarak 5 meter dengan tingkat keberhasilan 40%. Pada dengan jarak lebih dari 5 meter sensor tidak dapat mendeteksi gerakan dengan baik dibuktikan pada jarak 6 sampai 10 meter tidak dapat lagi mendeteksi gerakan atau tingkat keberhasilan 0%.

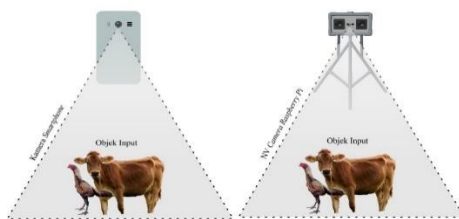
Table 1. Pengujian Jarak Jangkauan Sensor RCWL-0516

Jarak Objek Pengujian (meter)	Pengujian					Tingkat Keberhasilan (%)
	1	2	3	4	5	
1	B	B	B	B	B	100
2	B	B	B	B	B	100
3	B	B	B	B	B	100
4	B	B	B	B	B	100
5	B	G	B	G	G	40
6	G	G	G	G	G	0
7	G	G	G	G	G	0
8	G	G	G	G	G	0
9	G	G	G	G	G	0
10	G	G	G	G	G	0

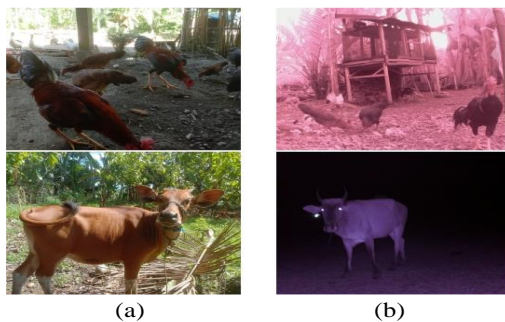
B: berhasil
G: gagal

3.2. Pengujian NV Kamera Raspberry Pi

Pengujian NV camera raspberry pi dilakukan untuk mengetahui apakah kamera yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dalam melakukan pengambilan gambar/foto. Berdasarkan tampilan gambar yang dihasilkan dapat dilihat apakah objek yang berhasil ditangkap oleh kamera dapat terlihat jelas atau tidak. Jika objek yang tertangkap oleh kamera tidak terlihat jelas maka akan mempengaruhi hasil gambar yang akan diproses dalam raspberry pi dalam melakukan pendeteksian objek sehingga berpengaruh pada tingkat akurasi yang dihasilkan. Gambar 7 menunjukkan skema pengujian (NV) Camera Raspberry Pi dalam mengambil foto objek input yang hasilnya kemudian akan dibandingkan dengan pengambilan foto menggunakan kamera smartphone. Selanjutnya hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Pengujian Perbandingan Hasil Foto Smartphone dan (NV) Kamera Raspberry Pi



Gambar 8. Hasil Foto (a) Kamera Smartphone (b) NV Kamera Raspberry Pi

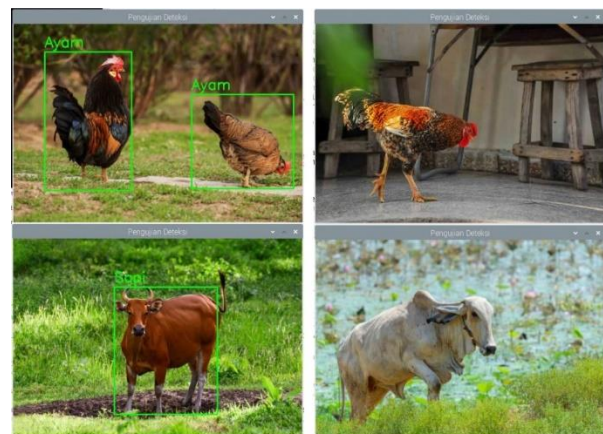
Gambar 8 menunjukkan hasil foto yang diambil menggunakan kamera smartphone (a) dan NV kamera raspberry pi (b) dengan objek ayam dan sapi. Dapat dilihat Selanjutnya dilakukan perbandingan foto dari kamera smartphone dan NV kamera raspberry pi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa hasil foto yang ditampilkan oleh NV camera raspberry pi menghasilkan citra/warna semu atau berbeda dari objek aslinya dan foto dari kamera smartphone menghasilkan foto dengan citra sama seperti warna pada objek aslinya. Namun secara keseluruhan objek masih dapat terlihat dengan jelas dengan menggunakan NV camera raspberry pi baik pada siang dan malam hari.

3.3. Pengujian Deteksi Objek

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan tingkat akurasi yang dihasilkan sistem dalam mengenali objek seperti ayam dan sapi yang dikategorikan sebagai hewan pengganggu tanaman dalam penelitian ini. Sistem deteksi dan pengenalan objek menggunakan model YOLO v4 tiny dengan konfigurasi yang disesuaikan dengan spesifikasi dari raspberry pi 3B+ yang digunakan. Pengujian deteksi diuji pada gambar yang telah disiapkan sebagai data validasi diluar dari gambar yang digunakan dalam data latih. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan gambar sampel normal dengan hasil citra berwarna atau RGB. Pengujian kedua dilakukan pada foto yang diambil melalui NV camera raspberry pi untuk membandingkan akurasi deteksi yang dihasilkan dengan pengujian deteksi sebelumnya pada citra RGB seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Untuk menghitung tingkat keberhasilan deteksi objek dan rata-rata yang didapatkan digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Akurasi} = \left(\frac{\text{Jumlah Deteksi Benar}}{\text{Jumlah Percobaan Deteksi}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Rata - rata} = \left(\frac{\text{Jumlah Nilai Akurasi}}{\text{Banyaknya Pengujian}} \right) \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 9. Pengujian Foto Objek Citra Berwarna (a) Deteksi Berhasil (b) Pengujian Deteksi Gagal

Gambar 9 (a) menunjukkan sampel gambar dapat dikenali dengan menampilkan kotak prediksi sesuai dengan objek sebenarnya dan pada Gambar 9 (b) dapat dilihat bahwa objek tidak dapat dikenali oleh sistem dan tidak menampilkan kotak prediksi. Hasil pengujian secara keseluruhan pada gambar dengan citra berwarna/RGB dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Data Hasil Pengujian Deteksi Pada Gambar Citra RGB

Sampel Objek	Pengujian	Pengujian					Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	
Ayam	Pengujian 1	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 2	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 3	B	G	B	B	B	80
	Pengujian 4	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 5	B	B	B	G	B	80
Sapi	Pengujian 6	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 7	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 8	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 9	B	B	G	B	B	80
	Pengujian 10	B	B	B	B	B	100
Rata-rata						94	

B: berhasil
G: gagal

Tabel 2 menunjukkan pengujian deteksi sebanyak 10 kali pengujian dengan sampel gambar ayam dan sapi. Kemudian digunakan 5 sampel gambar pada masing-masing pengujian. Setelah pengambilan data dilakukan, didapatkan rata rata akurasi deteksi objek dengan sampel citra RGB mencapai 94%.



Gambar 10. Pengujian Foto Objek Citra NV Camera Raspberry Pi (a) Deteksi Berhasil (b) Deteksi Gagal

Gambar 10 (a) menunjukkan sampel gambar dapat dikenali dan menampilkan kotak prediksi sesuai dengan objek sebenarnya dan pada gambar 11 (b) dapat dilihat bahwa pengujian deteksi menampilkan kotak prediksi bukan pada objek sebenarnya, serta objek tidak dapat dikenali oleh sistem dan tidak menampilkan kotak prediksi. Hasil pengujian secara keseluruhan pada gambar dengan citra NV dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Data Hasil Pengujian Deteksi Pada Gambar Citra NV Kamera

Sampel Objek	Pengujian	Pengujian					Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	
Ayam	Pengujian 1	B	B	B	B	B	80
	Pengujian 2	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 3	B	G	B	B	B	100
	Pengujian 4	B	B	B	B	B	80
	Pengujian 5	B	B	B	G	B	60
Sapi	Pengujian 6	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 7	B	B	B	B	B	80
	Pengujian 8	B	B	B	B	B	100
	Pengujian 9	B	B	G	B	B	100
	Pengujian 10	B	B	B	B	B	80
Rata-rata						88	

B: berhasil
G: gagal

Tabel 3 menunjukkan pengujian deteksi sebanyak 10 kali pengujian dengan sampel gambar ayam dan sapi. Kemudian digunakan 5 sampel objek pada masing-masing pengujian. Setelah pengambilan data dilakukan, didapatkan rata rata akurasi deteksi objek dengan sampel foto dari NV camera raspberry pi mencapai 88%.

3.4. Pengujian Integrasi Deteksi Objek Ke Output Speaker

Pengujian Integrasi deteksi objek ke output speaker bertujuan untuk mengetahui keberhasilan speaker dapat berbunyi pada saat hewan pengganggu tanaman berhasil terdeteksi. Pada pengujian ini suara yang dihasilkan dari speaker berupa suara gonggongan anjing yang telah diatur pada program. Keberhasilan dari integrasi deteksi objek ke output speaker dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{\text{Jumlah Nilai Keberhasilan}}{\text{Jumlah Pengujian}} \right) \times 100\% \quad (4)$$



Gambar 11. Pengujian Integrasi Deteksi ke Output Speaker

Gambar 11 menunjukkan pengujian integrasi deteksi ke output speaker yang ditampilkan linux terminal dari raspberry pi. Pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Pengujian Intergrasi Deteksi Objek Ke Output Speaker

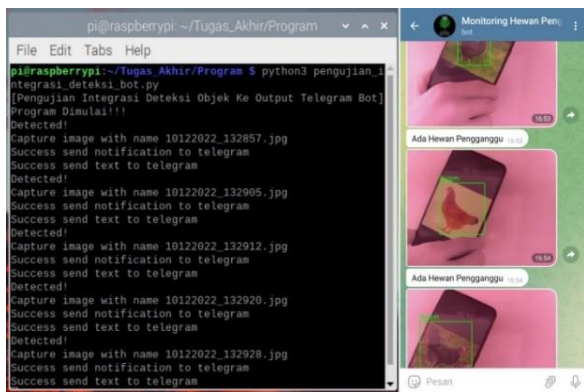
Nama Pengujian	Hasil Deteksi Sistem	Kondisi Speaker	Nilai
Ayam1	Berhasil	On	100
Ayam2	Berhasil	On	100
Ayam3	Berhasil	On	100
Ayam4	Berhasil	On	100
Ayam5	Berhasil	On	100
Sapi1	Berhasil	On	100
Sapi2	Berhasil	On	100
Sapi3	Berhasil	On	100
Sapi4	Berhasil	On	100
Sapi5	Berhasil	On	100
Persentase Keberhasilan (%)			100

Tabel 4 menunjukkan data hasil pengujian integrasi deteksi ke *output speaker* dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk mengetahui keberhasilan integrasi. Setelah pengambilan data dilakukan diperoleh keberhasilan integrasi sebesar 100%.

3.5. Pengujian Integrasi Deteksi Objek Ke Output Telegram

Pengujian Integrasi deteksi objek ke aplikasi telegram bot bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam pengiriman foto hasil deteksi objek ke aplikasi telegram bot saat hewan pengganggu tanaman berhasil terdeteksi oleh sistem. Keberhasilan dari integrasi deteksi objek ke *output telegram* dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{\text{Jumlah Nilai Keberhasilan}}{\text{Jumlah Pengujian}} \right) \times 100\% \quad (5)$$



Gambar 12. Pengujian Integrasi Deteksi Ke Output Telegram

Gambar 12 menunjukkan integrasi deteksi ke output telegram yang ditampilkan pada linux terminal dan aplikasi telegram pada smartphone. Linux terminal menampilkan informasi hewan pengganggu tanaman yang berhasil terdeteksi kemudian kamera mengambil gambar objek tersebut. Gambar yang telah diambil kemudian dikirim ke aplikasi telegram dalam bentuk foto dan juga pesan teks

“Ada Hewan Pengganggu”. Pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5. Pengujian Intergrasi Deteksi Objek Ke Output Telegram

Nama Pengujian	Hasil Deteksi Sistem	Foto Terkirim Ke Telegram	Nilai
Ayam1	Berhasil	Terkirim	100
Ayam2	Berhasil	Terkirim	100
Ayam3	Berhasil	Terkirim	100
Ayam4	Berhasil	Terkirim	100
Ayam5	Berhasil	Terkirim	100
Sapi1	Berhasil	Terkirim	100
Sapi2	Berhasil	Terkirim	100
Sapi3	Berhasil	Terkirim	100
Sapi4	Berhasil	Terkirim	100
Sapi5	Berhasil	Terkirim	100
Persentase Keberhasilan (%)			100

Tabel 5 hasil pengujian menunjukkan pengujian integrasi deteksi ke *output telegram* bot dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Pada semua proses pengujian tidak terjadi kegagalan dan diperoleh persentase keberhasilan 100%.

3.5. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan mulai deteksi gerakan objek oleh sensor RCWL-0516 hingga keseluruhan proses pada sistem ini. Pengujian alat dilakukan di ladang jagung petani untuk mengetahui hasil monitoring secara *real time* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Alat Di Ladang Jagung Petani



Gambar 14. Tampilan Monitoring Pada Telegram

Table 6. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

No	Kondisi Sensor RCWL-0516	Kondisi Kamera	Deteksi Sistem	Foto Terkirim Ke Telegram	Kondisi Speaker	Dokumentasi Foto Terkirim
1	Tidak Ada Gerakan	Standby	Tidak Terdeteksi	Tidak Terkirim	Off	-
2	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Tidak Terdeteksi	Tidak Terkirim	Off	-
3	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
4	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
5	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
6	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
7	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
8	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
9	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	
10	Gerakan Terdeteksi	Aktif	Terdeteksi	Terkirim	On	

4. Kesimpulan

Alat yang dirancang dapat membantu petani dalam memonitoring dan melindungi tanaman dari hewan pengganggu seperti ayam dan sapi dari jarak jauh melalui *smartphone*. Jarak maksimal objek bergerak yang dapat terdeteksi oleh sensor RCWL-0516 adalah 4 meter dengan tingkat keberhasilan 100%. Pendeteksian dan pengenalan objek hewan pengganggu tanaman menggunakan model YOLOv4 *tiny* dengan menggunakan kamera NV menghasilkan akurasi rata-rata 88%. Keberhasilan integrasi deteksi objek ke *output spekaer* dan *output telegram* berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengujian alat secara keseluruhan menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan sistem yang dirancang mulai dari mendeteksi gerakan hingga menampilkan informasi pada bot telegram.

Saran untuk penelitian selanjutnya menggunakan *single board* atau mini PC yang lebih tinggi spesifikasinya seperti Jetson Nano agar dapat membuat sistem deteksi dengan kinerja yang lebih baik. Penggunaan kamera perlu memperhatikan resolusi yang lebih baik untuk memperoleh hasil deteksi dan pengenalan objek secara optimal. Posisi monitoring kamera harus menjangkau ke sudut yang lebih luas.

Referensi

- [1] C. Cassandra and R. Sari, "Agricultural Expert System Design Based on Bayes Theorem," in *Proceedings of 2018 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2018*, Jakarta: IEEE, 2018, pp. 315–320.
- [2] R. F. Widyawati, "Analisis Keterkaitan Sektor Pertanian Dan Pengaruhnya Terhadap Perekonomian Indonesia (Analisis Input Output)," *J. Econ.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–27, 2017.
- [3] A. Bashir, Suhel, Azwardi, D. P. Atiyatna, I. Hamidi, and N. Adnan, "The Causality Between Agriculture, Industry, and Economic Growth: Evidence from Indonesia," *Etikonomi*, vol. 18, no. 2, pp. 155–168, 2019.
- [4] K. Perekonomian, "Kembangkan Ketangguhan Sektor Pertanian, Indonesia Raih Penghargaan dari International Rice Research Institute," *Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia*, 2022. <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/4443/kembangkan-ketangguhan-sektor-pertanian-indonesia-raih-penghargaan-dari-international-rice-research-institute> (accessed Oct. 10, 2022).
- [5] Erlita and F. Hariani, "Pemberian Mikoriza dan Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman jagung (*Zea mays*)," *Agrium*, vol. 20, no. 3, pp. 268–272, 2017.
- [6] A. Wanto, "Prediksi Produktivitas Jagung di Indonesia Sebagai Upaya Antisipasi Impor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *SINTECH (Science Inf. Technol. J.)*, vol. 1, no. 1, pp. 53–62, Apr. 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.stiki-indonesia.ac.id/index.php/sintechjournal/article/view/355>
- [7] D. Diniyati and B. Achmad, "The Impact of Portal to Socio-Economy and Environmental conditions of the stakeholders in RPH Kanar Luk Forest, Sumbawa NTB," *J. Agroforestri Indones. Vol.*, vol. 3, no. 2, pp. 99–109, 2020.
- [8] R. Mesra, A. Waldi, Rahayu, and M. E. Puteri, "Potensi Konflik Antara Pemilik Lahan dengan Pemilik Hewan Ternak di Nagari Bidar Alam," *Ideas J. Pendidikan, Sos. dan Budaya*, vol. 8, no. 3, pp. 789–798, 2022, doi: 10.32884/ideas.v8i3.911.
- [9] R. D. Insari and Safrida, "Implementasi Peraturan Daerah Kabupaten Nagan Raya Nomor 5 Tahun 2007 Tentang Penertiban Hewan Ternak (Studi Kasus Desa Purwosari)," *J. PAMATOR*, vol. 15, no. 2, pp. 12–17, 2022.
- [10] S. Sheik Mohammed, T. Sheela, and T. Muthumanickam, "Development of Animal-Detection System using Modified CNN Algorithm," in *Proceedings - International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems, ICAISS 2022*, Trichy, India: IEEE, 2022, pp. 105–109.
- [11] P. Manikandan, A. Thenmozhi, G. Ramesh, T. R. K. Naidu, K. V. Reddy, and K. B. P. K. Reddy, "Crops Protection System from Animals using Arduino," in *Proceedings - 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICAC3N 2021*, Greater Noida, India: IEEE, 2021, pp. 682–685.
- [12] S. Giordano, I. Seitanidis, M. Ojo, D. Adami, and F. Vignoli, "IoT solutions for crop protection against wild animal attacks," in *2018 IEEE International Conference on Environmental Engineering, EE 2018 - Proceedings*, Milan, Italy: IEEE, 2018, pp. 1–5.
- [13] P. Deotale and P. Lokulwar, "Smart Crop Protection System from Wild Animals Using IoT," in *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications, ICCICA 2021*, Nagpur, India: IEEE, 2021, pp. 1–4.
- [14] P. Karthikeyan, R. Paul Nishanth, and R. Valarmathi, "Crop Field Protection from Animals Using Convolutional Neural Networks," in *2022 1st International Conference on Computational Science and Technology, ICCST 2022 - Proceedings*, Chennai, India: IEEE, 2022, pp. 255–257.
- [15] A. Sofwan, Y. Wafdulloh, M. R. Akbar, and B. Setiyono, "Sistem Pengaturan dan Pemantauan Suhu dan Kelembapan Pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT (Internet of Things)," *Transmisi*, vol. 22, no. 1, pp. 1–5, 2020.
- [16] H. Priyatman, Supriono, and A. Irwanto, "Aplikasi Teknologi IoT Pada WTP (Water Treatment Plant) Sistem Pendingin Air Pada Mesin Pembangkit Guna Menjaga Nilai pH Dan TDS Untuk Kualitas Air," *Transmisi*, vol. 24, no. 3, pp. 106–113, 2022.
- [17] S. L. Mufreni and E. P. Silmina, "Rancang Bangun Internet of Things Server Dengan Menggunakan Activemq Artemis Untuk Mitigasi Bencana di Raspberry Pi 3," *Transmisi*, vol. 22, no. 4, pp. 117–122, 2020.