

Sistem Penyiangan Otomatis pada Rover Pertanian Cerdas dengan Pengolahan Citra (*Automatic Weeding System for Smart Agriculture Rover with Image Processing*)

1st Rahmad
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rahmadt@student.telkomuniv
ersity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggarusdinar@telkomuniver
sity.ac.id

3rd Fiky Yosef Suratman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fysuratman@telkomuniversit
y.ac.id

Abstrak

Keberadaan gulma pada pertanian mengakibatkan adanya kompetisi dalam hal pengambilan air, unsur hara, ruang tumbuh serta cahaya matahari yang dapat merugikan tanaman budidaya. Populasi gulma dapat dikendalikan dengan dua cara yaitu dengan penyemprotan herbisida, metode ini banyak digunakan karena efektif dalam membunuh gulma. Namun penggunaan herbisida dapat merusak tanaman, sehingga penggunaannya harus hati-hati, dan cara kedua pengendalian gulma dengan cara tradisional atau penyiangan secara fisik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat diatasi dengan teknologi yang saat ini sedang berkembang pesat salah satunya dalam bidang robotika pada penelitian ini merancang sebuah robot berupa rover pertanian, Rover ini akan dilengkapi dengan kamera untuk mendeteksi gulma dan akan melakukan penyiangan menggunakan bor. Hasil dari perancangan sistem penyiangan gulma dengan pendeteksi menggunakan model YOLOv4 yaitu, tingkat akurasi 89% pada 2 kelas, jarak optimal untuk dapat mendeteksi pada 35cm, sistem ini mampu membaca koordinat objek yang dideteksi ketika objek dalam keadaan diam maupun bergerak dan pada sistem penyiangan gulma didapatkan tingkat keberhasilan

mendeteksi sebesar 85% dan melakukan penyiangan sebesar 100%.

Kata Kunci: *gulma, YOLO, penyiangan, rover pertanian, deteksi objek.*

Abstract

The presence of weeds in agriculture results in competition in terms of taking water, nutrients, growing space and sunlight, which can harm cultivated plants. Weed populations can be controlled in two ways, namely by spraying herbicides. This method is widely used because it is effective in killing weeds. However, the use of herbicides can damage plants, so their use must be careful, and the second way of controlling weeds is by traditional means, or physical weeding. A robot in the form of an agricultural rover will be equipped with a camera to detect weeds and will do weeding using a drill. The results of the design of a weeding system with a detector using the YOLOv4 model, namely, an accuracy rate of 89% in 2 classes, the optimal distance to be able to detect it at 35cm, this system is able to read the coordinates of objects that are detected when the object is stationary or moving, and the weeding system is obtained. The success rate of detecting is 85% and weeding is 100%.

Keywords: *weed, YOLO, weeding, agricultural rover, object detection.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, yang artinya sektor pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian nasional secara keseluruhan. Sebagian besar masyarakat Indonesia masih menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian [1]. Dalam sektor pertanian gulma merupakan tumbuhan yang mengganggu pertumbuhan tanaman budidaya sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Keberadaan gulma pada pertanian mengakibatkan adanya kompetisi dalam hal pengambilan air, unsur hara, ruang tumbuh serta cahaya matahari yang dapat merugikan tanaman budidaya [2].

Populasi gulma dapat dikendalikan dengan dua cara yaitu dengan penyemprotan herbisida, metode ini banyak digunakan karena efektif dalam membunuh gulma [3], dan cara kedua pengendalian gulma dengan cara tradisional atau penyiangan secara fisik, metode ini dengan cara merusak gulma atau mencabut gulma dari tanah tempat tanaman budidaya tumbuh [4]. Namun metode penyiangan secara fisik membutuhkan banyak tenaga kerja manusia dan waktu. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat diatasi dengan teknologi *computer vision* yang saat ini sedang berkembang pesat salah satunya dalam bidang robotika.

Deteksi objek adalah suatu proses yang digunakan untuk mengetahui keberadaan objek tertentu dalam suatu citra digital. Proses deteksi dapat dilakukan dengan berbagai cara yang pada dasarnya membaca fitur-fitur dari setiap objek pada citra input. Fitur objek pada citra akan dibandingkan dengan fitur dari objek referensi lalu dibandingkan dan ditentukan apakah objek yang dideteksi termasuk objek yang ingin dideteksi atau tidak [5].

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dirancang sebuah robot berupa rover pertanian, Rover ini dilengkapi dengan kamera untuk mendeteksi gulma dan melakukan penyiangan secara otomatis untuk dapat mempermudah proses penyiangan gulma. Sistem pada rover ini menggunakan pengolahan citra dengan model YOLOv4 untuk mengenali gulma berdasarkan bentuk dan menghasilkan output yang dapat pergerakan bor yang berfungsi untuk penyiangan gulma secara otomatis.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Penyiangan

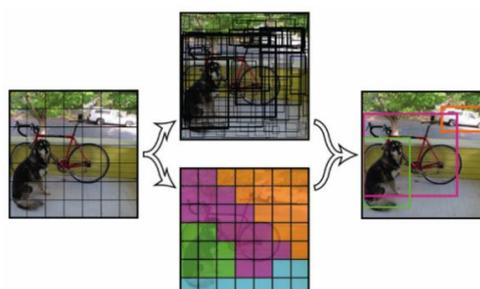
Penyiangan gulma merupakan suatu aktivitas dalam pemeliharaan tumbuhan dalam usaha budidaya. Adanya gulma pada tumbuhan yang dibudidayakan akan menyebabkan persaingan antara keduanya sehingga mengganggu pertumbuhan tumbuhan budidaya [6].

2.2 Gulma

Gulma merupakan tumbuhan yang mengganggu pertumbuhan tanaman budidaya sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Keberadaan gulma pada pertanian mengakibatkan adanya kompetisi dalam hal pengambilan air, unsur hara, ruang tumbuh serta cahaya matahari yang dapat merugikan tanaman budidaya [2].

2.3 You Look Only Once (YOLO)

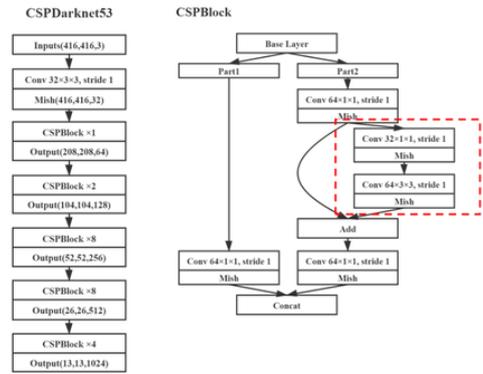
You Only Look Once (YOLO) adalah *object detection network* yang dibuat oleh Joseph Redmon pada tahun 2016. YOLO juga merupakan algoritma *deep learning* yang menggunakan jaringan syaraf pada CNN untuk pendeteksian objek. Cara kerja YOLO cukup sederhana, YOLO menerima sebuah *input image* yang dibagi menjadi grid berukuran $S \times S$ yang dikirim ke sebuah *neural network* untuk membuat sebuah *bounding box* dan *class prediction* [7].



Gambar 1 *You Only Look Once* (YOLO)

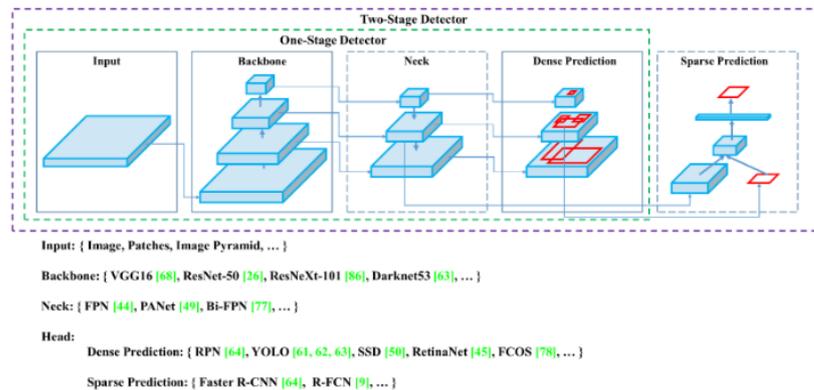
2.4 YOLOv4

YOLOv4 merupakan pengembangan dari model YOLOv3 dimana terdapat improvement dibagian Accuracy Performances (AP) sebanyak 10% hingga 12% Berdasarkan arsitektur YOLOv4, terdapat 5 faktor penting dalam arsitektur YOLOv4 yaitu input gambar, backbone yang berfungsi sebagai pondasi dari model YOLOv4, neck yang berfungsi sebagai penyambung antara pondasi dengan proses deteksi, lalu yang terakhir dense prediction dengan sparse prediction yang berfungsi sebagai algoritma pendeteksi objek [8]. YOLOv4 menggunakan feature extractor CSPDarknet53 yang merupakan pengembangan dari Darknet53, dibawah ini adalah gambar dari CSPDarknet53 [9].



Gambar 2 Layer CSPDarknet53

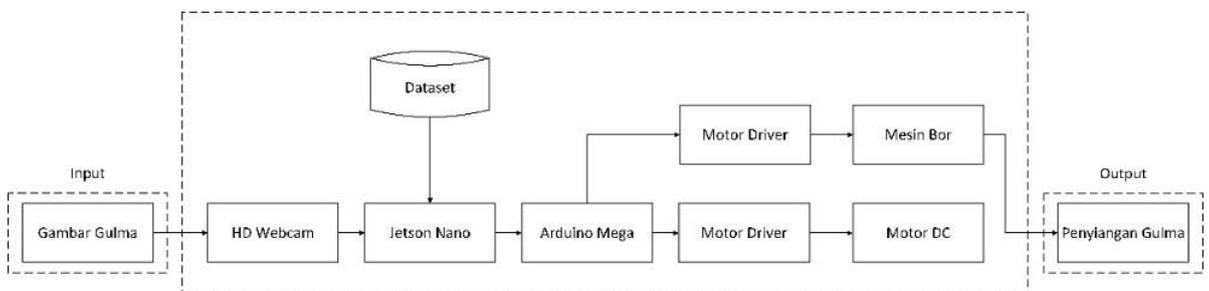
Algoritma YOLOv4 utamanya terdiri dari 3 bagian yaitu Backbone, Neck dan Head. Untuk Backbone dan Neck sendiri memiliki fungsi untuk ekstraksi fitur dan agregasi dan untuk Head memiliki fungsi untuk mendeteksi atau memprediksi. Dalam algoritma YOLOv4 modul yang digunakan yaitu CSPDarknet53 (Backbone), PANet (Neck) dan YOLOv3 (Head) [9].



Gambar 3 Network Architecture YOLOv4

III. METODE

3.1 Desain Sistem

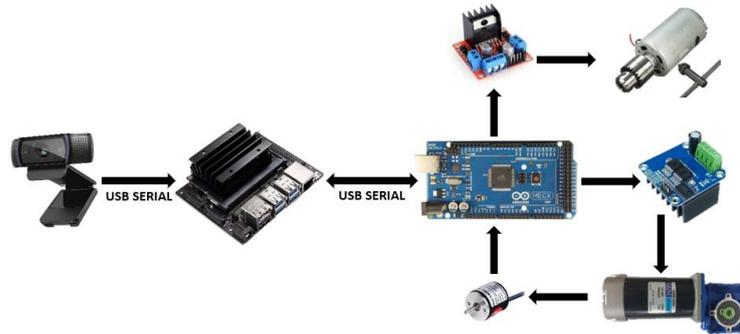


Gambar 4 Diagram blok individu

Gambar 4 menunjukkan diagram blok individu yaitu diagram blok sistem penyiangan gulma pada rover. Sistem dimulai setelah webcam menangkap gambar gulma, pengenalan gulma diproses oleh Jetson Nano. Gambar gulma yang sudah diproses oleh Jetson Nano menggunakan model YOLOv4

akan mengirim sinyal ke Arduino untuk menggerakkan aktuator berupa motor dc dan melakukan penyiangan gulma.

3.2 Desain Perangkat Keras

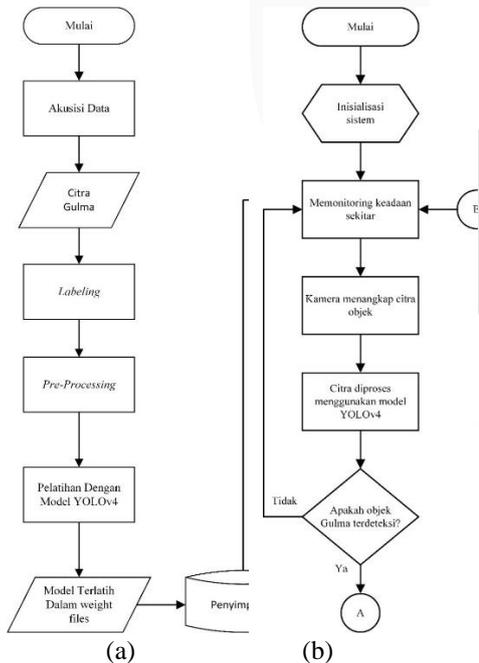


Gambar 5 Desain perangkat keras

Pada gambar 5 menjelaskan tentang sistem perangkat yang akan direalisasikan pada tugas akhir ini. perangkat yang digunakan pada pemodelan perangkatat keras ini adalah *High-Definition WebCam, Jetson Nano Developer Kit, Arduino Mega 2560, Motor driver, Motor DC, Encoder, dan DC Motor Electric Drill.*

Pada gambar (a) merupakan sistem deteksi gulma, sistem ini didesain menggunakan algoritma YOLOv4 dan diproses dengan 2 tahapan. Tahap pertama proses pelatihan, yakni proses dimulai dengan akuisisi citra gulma lalu akan melalui proses *labeling* dan *pre-processing*. Setelah itu training model YOLOv4 dapat dimulai. Ketika proses training selesai, output dari proses training adalah nilai bobot setiap kelas yang disimpan dalam bentuk *weights file* pada storage atau drive. Tahap kedua adalah proses pengujian, citra uji yang sudah dipisahkan akan diuji dengan model terlatih dengan nilai bobot terbaik pada proses pelatihan untuk mendapatkan nilai performansi sistem agar dapat mengetahui apakah sistem bekerja dengan optimal atau tidak.

3.3 Desain Perangkat Lunak



Gambar 6 (a) Flowchart proses pelatihan dan uji model YOLOv4, (b) Flowchart Sistem

Gambar (b) merupakan flowchart atau diagram alir dari sistem penyiangan gulma otomatis. Perancangan sistem ini dimulai dengan menginisialisasi seluruh sisem. Setelah itu kamera akan memonitoring keadaan sekitar untuk mendapatkan citra objek, ketika kamera mendeteksi objek maka objek akan diproses pada model YOLOv4 untuk diidentifikasi. Jika sistem mengidentifikasi bahwa objek adalah sebuah gulma maka objek tersebut akan ditandai dengan *bounding box* pada display, Setelah gulma terdeteksi maka motor dc akan bergerak turun untuk melakukan proses penyiangan, setela proses penyiangan selesai

motor dc akan mengangkat bor dan jika sistem tidak dapat mengidentifikasi adanya gulma yang terdeteksi maka sistem akan mengulang untuk melakukan pendeteksian sekitar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan dataset dan hasil pengujian klasifikasi menggunakan model YOLOv4

4.1.1 Dataset

Dataset yang digunakan adalah dataset yang diambil secara manual. Pada perancangan tugas akhir ini, telah didapatkan 500 gambar yang digunakan untuk *training* model klasifikasi dan 100 gambar digunakan untuk *testing* model. Gambar-gambar yang diambil adalah gambar gulma berdaun lebar dan gulma berdaun panjang.

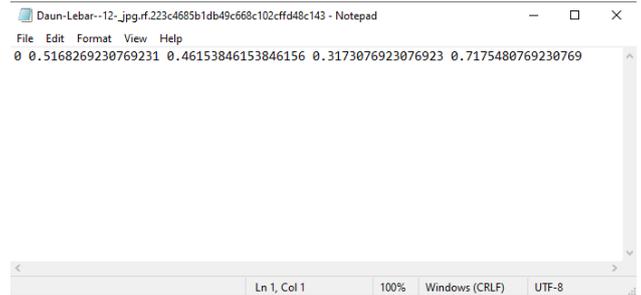
4.1.2 Anotasi Citra

Anotasi merupakan proses membuat label dengan cara memberikan *bounding box* atau kotak batas beserta nama kelas pada objek disetiap citra. Anotasi citra ini dilakukan menggunakan *LabelImg Tools*. Untuk menentukan gulma berdaun lebar dan gulma berdaun Panjang.



Gambar 7 Proses *labeling* menggunakan *LabelImg Tools*

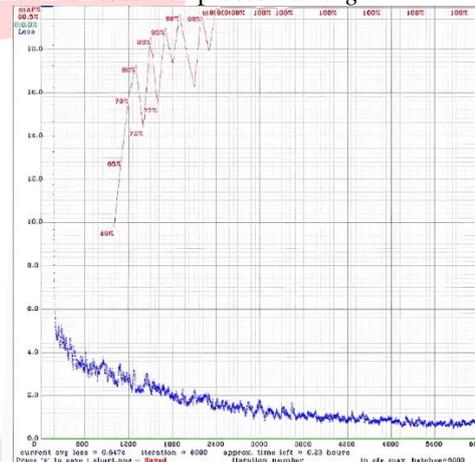
Setelah melakukan proses *labeling* pada dataset maka hasil dari *labeling* tersebut berupa titik koordinat yang disimpan dalam bentuk .txt dengan nilai 0 berupa gulma berdaun lebar dan 1 berupa gulma berdaun panjang. Berikut tampilan koordinat



Gambar 8 Koordinat Hasil *Labeling* Dataset

4.1.3 Pembuatan Model YOLOv4

Setelah dataset terkumpul dan di *labeling* semua gambar pada setiap kelas akan dilatih untuk menghasilkan model klasifikasi. Proses *training* akan dilakukan di *Google Colab Notebook*. Pada tugas akhir ini, Pelatihan dilakukan sebanyak 4000 batch. Berikut hasil *loss* dari proses *training*.



Gambar 9 Grafik *loss* pada proses *trainig*

Pada grafik Gambar 9 di atas terlihat bahwa nilai *loss* proses pelatihan mulai menurun saat memasuki 3000 batch dan hampir tidak berubah cukup signifikan hingga mencapai 4000 batch. Saat proses pelatihan memasuki batch ke-1000 dan mulai menghitung nilai validasi, nilai pertama muncul sebagai besar 49% dan meningkat ke 100% hingga proses pelatihan selesai. Dari proses pelatihan ini, kita dapat menyimpulkan bahwa model berhasil di train dengan nilai *loss* rendah 0,617 dan nilai validasi 100% terlihat pada batch ke-4000.

4.1.4 Hasil Pengujian Objek deteksi

Setelah proses *training* dilakukan evaluasi model hasil *training* menggunakan *confusion matrix* untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1 score*.

Berdasarkan *confusion matrix* model berhasil memprediksi kelas “Daun lebar” 46 kali secara benar dari 50 percobaan dan kelas “Daun panjang” 43 kali secara benar dari 50 percobaan.

Tabel 1 *Confusion matrix*

n = 100		Prediksi	
		Daun lebar	Daun panjang
Aktual	Daun lebar	46	7
	Daun panjang	4	43
Total		50	50

Berdasarkan Tabel 1 menggunakan 100 gambar data *test* didapatkan nilai TP, FP, FN,

dan TN, dapat diperoleh nilai Akurasi, Presisi, *Recall*, dan *F1 Score*. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Performansi Hasil Data Uji

Parameter	Daun lebar	Daun panjang
Presisi	89%	91%
<i>Recall</i>	92%	86%
<i>F1 Score</i>	89%	88%
Akurasi	89%	

4.2 Pengujian Jarak Deteksi Webcam Terhadap Gulma

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak deteksi webcam terhadap

gulma ini untuk menentukan jarak ideal melakukan pendeteksian dan menentukan apakah dengan jarak tertentu webcam tersebut dapat mendeteksi gulma.

Tabel 3 Pengujian Deteksi gulma terhadap jarak

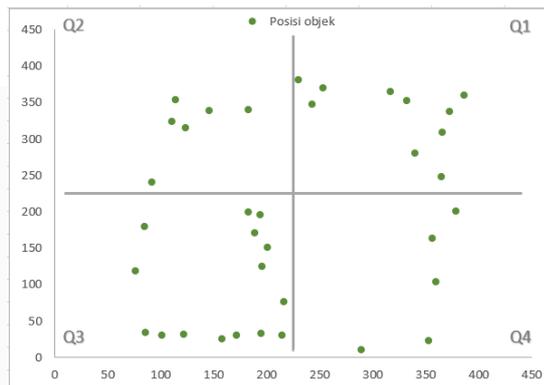
No.	Kelas	Jarak (cm)	Jumlah Terdeteksi	Jumlah Tidak Terdeteksi	Akurasi
1	Gulma Duan Lebar	10	5	0	100%
		15	5	0	100%
		20	5	0	100%
		25	5	0	100%
		30	5	0	100%
		35	5	0	100%
		40	4	1	80%
		45	2	3	40%

		50	1	4	25%
Total Akurasi Jarak pada Gulma Daun Lebar					82,77%
2	Gulma Duan Panjang	10	5	0	100%
		15	5	0	100%
		20	5	0	100%
		25	5	0	100%
		30	5	0	100%
		35	5	0	100%
		40	4	1	80%
		45	2	3	40%
		50	0	5	0%
Total Akurasi Jarak pada Gulma Daun Panjang					80,00%
Total Akurasi Pendeteksian Gulma Sesuai Jarak					81,38%

4.3 Pengujian Pembacaan Kordinat Objek

Pada pengujian ini dilakukan pembacaan pergerakan objek yang terdeteksi

bertujuan untuk mengetahui apakah titik koordinat (x, y) berubah sesuai dengan pergerakan dari objek yang terdeteksi.



Gambar 10 Diagram pembacaan kordinat objek yang bergerak

Berdasarkan pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa sistem dapat membaca koordinat (x, y) objek yang terdeteksi sesuai pergerakan objek tersebut.

4.4 Pengujian pada proses penyiangan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan tingkat keberhasilan mendeteksi gulma saat melakukan proses penyiangan dan tingkat keberhasilan melakukan penyiangan.

Tabel 4 Pengujian penyiangan gulma

Percobaan ke-	Kelas	Deteksi	Penyiangan
1	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
2	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
3	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
4	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil

5	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
6	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
7	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
8	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
9	Daun Lebar	Salah Deteksi	Berhasil
10	Daun Lebar	Berhasil	Berhasil
11	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
12	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
13	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
14	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
15	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
16	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
17	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
18	Daun Panjang	Salah Deteksi	Berhasil
19	Daun Panjang	Berhasil	Berhasil
20	Daun Panjang	Salah Deteksi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.6 mengenai proses penyiangan, didapatkan hasil rata-rata akurasi deteksi gulma sebesar 85%, dan rata-rata akurasi penyiangan sebesar 100%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis pada penelitian ini, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan pengolahan citra menggunakan model YOLOv4 untuk mendeteksi gulma mampu bekerja dengan tingkat akurasi menggunakan data *test* 89%, Untuk parameter pada daun lebar didapatkan presisi 89%, *recall* 92%, F1 Score 89%. Untuk parameter pada daun panjang didapatkan presisi 91%, *recall* 86%, dan F1 Score 88%.
2. Pada pengujian jarak deteksi didapatkan jarak optimal pada jarak 35cm dan akurasi total 81,38%
3. Hasil dari pengujian jarak deteksi gulma menghasilkan jarak optimal

pada jarak 35cm dan akurasi total 81,38%

4. Pada pengujian sistem mampu membaca koordinat objek yang dideteksi ketika objek dalam keadaan diam maupun bergerak.
5. Pada pengujian sistem penyiangan gulma yang dilakukan sebanyak 20 kali didapatkan rata-rata tingkat keberhasilan mendeteksi sebesar 85% dan melakukan penyiangan sebesar 100%.

REFERENCES

- [1] N. P. R. Aryawati and M. K. S. Budhi, "PENGARUH PRODUKSI PERTANIAN, LUAS LAHAN, DAN PENDIDIKAN TERHADAP PENDAPATAN PETANI DAN ALIH FUNGSI LAHAN PERTANIAN DI PROVINSI BALI," *E-Jurnal EP Unud*, vol. 7, no. 9, pp. 1918-1952, 2018.
- [2] V. Imaniasita, T. Liana, Krisyetno and D. S. Pamungkas, "Identifikasi Keragaman dan Dominansi Gulma pada

- Lahan Pertanaman Kedelai," *Agrotechnology Research Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 11-16, 2020.
- [3] H. Fitriyah and R. Maulana, "Deteksi Gulma Berdasarkan Warna HSV Dan Fitur Bentuk," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 8, no. 5, pp. 929-938, 2021.
- [4] W. N. Lailiyah, E. Widaryanto and K. P. Wicaksono, "Pengaruh Periode Penyiangan Gulma Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kacang Panjang (*Vigna Sesquipedalis* L.)," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 2, no. 7, pp. 606-612, 2014.
- [5] G. N. Rizkatama, A. Nugroho and A. F. Suni, "Sistem Cerdas Penghitung Jumlah Mobil untuk Mengetahui Ketersediaan Lahan Parkir berbasis Python dan YOLO v4," *Edu komputika Journal*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [6] Suherman, Supandji, B. D. Moeljanto and N. Hadiyanti, "Efektivitas Pengaturan Jarak Tanam dan Penyiangan Terhadap Produktivitas Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.) Varietas IR 64," *Jurnal Ilmiah Nasional Pertanian (JINTAN)*, vol. 1, no. 2, pp. 120-129, 2021.
- [7] Liunanda, C. Nathanael, S. Rostianingsih and A. N. Purbowo, "Implementasi Algoritma YOLO pada Aplikasi Pendeteksi Senjata Tajam di Android," *Jurnal Infra*, vol. 8, no. 2, pp. 235-241, 2020.
- [8] T. Putra, L. Novamizanti and F. Akhyar, "SISTEM DETEKSI CACAT PADA OLAHAN KAYU MENGGUNAKAN MODEL MODIFIED YOLOv4," Universitas Telkom, Bandung, 2022.
- [9] Chianyung, C. Setianingsih and M. W. Paryasto, "SISTEM DETEKSI PELANGGARAN ZEBRA CROSS PADA KENDARAAN SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOv4," Telkom University, Bandung, 2022.