

DESAIN UGV (UNMANNED GROUND VEHICLE) YANG DIDUKUNG DENGAN FITUR PENGENALAN MUSUH BERBASIS BACKGROUND SUBTRACTION DAN DETEKSI WARNA

Dheo Putra Pratama¹⁾, Gatut Yulususianto²⁾, Isa Mahfudi³⁾

¹⁾²⁾Prodi Teknik Telekomunikasi Militer, Politeknik Angkatan Darat

Jl. Raya Angrek No. 1 Junrejo, Batu, Indonesia

³⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang, Indonesia

E - mail : komd4417@gmail.com¹⁾

mr.gatut@gmail.com²⁾

isa_mahfudi@polinema.ac.id³⁾

UGV (UNMANNED GROUND VEHICLE) DESIGN SUPPORTED WITH BACKGROUND SUBTRACTION AND COLOR DETECTION BASED ENEMY RECOGNITION FEATURES

Abstract: *The main task of the Indonesian National Army (TNI) is to uphold and maintain the integrity and sovereignty of the territory of the Unitary State of the Republic of Indonesia. One form of threat is terrorism. Counter-terrorism can be done with Close Combat (PJD) whose strategy begins with infiltration by personnel equipped with special equipment that is aggressive, surprise, and selective fire. The current obstacle is the process of reconnaissance in search of data or information about enemy forces that are needed very well disguised. If personnel are caught in a dangerous condition and potentially the occurrence of gun contact. From these problems, the author has a concept of technology that can be used in infiltration operations, namely the design of a Prototype Unmanned Ground Vehicle (UGV). UGV is designed to assist infiltration operations where personnel on duty simply remote control the UGV and the operating area can be monitored on the screen "first-person view (FPV)" which is functioned as a visualization of the area and is supported by enemy recognition features so that it can determine the presence or absence of enemies in the location. The research method used in this study is an experimental research method to prove the effectiveness of certain controlled treatments. The proposed system applies the methods of background subtraction and color detection in recognizing enemies and friends. Quantitative Data obtained in this study is the distance data between the object of the enemy and friend to the camera that aims to improve the ability of the system to detect enemy/friend. The proposed system is capable of showing good performance and has been carried out several tests. The results of testing the position of the direction between the object of the enemy and comrade against the camera and multi-person testing by detecting the enemy from 2 to 6 people obtained an accuracy rate of 97.5%.*

Keywords: *Background Subtraction, Color Detection, Enemy Recognition, Unmanned Ground Vehicle.*

Abstrak: *Tugas pokok Tentara Nasional Indonesia (TNI) yaitu menegakkan serta mempertahankan keutuhan dan juga kedaulatan wilayah Negara Kesatuan*

Republik Indonesia. Salah satu bentuk ancaman adalah aksi terorisme. Penanggulangan teroris dapat dilakukan dengan Pertempuran Jarak Dekat (PJD) yang strateginya dimulai dengan infiltrasi yang dilakukan personil dengan dilengkapi perlengkapan khusus yang bersifat agresif, surprise dan selektif fire. Hambatan saat ini adalah proses pengintaian dalam mencari data atau informasi tentang kekuatan musuh yang dibutuhkan penyamaran dengan sangat baik. Jika personil yang tertangkap dalam kondisi bahaya dan berpotensi terjadinya kontak senjata. Dari permasalahan tersebut, penulis memiliki konsep teknologi yang dapat dipergunakan dalam operasi infiltrasi yakni Desain Prototype Unmanned Ground Vehicle (UGV). UGV didesain untuk membantu operasi infiltrasi dimana personil yang bertugas cukup meremote UGV secara jarak jauh dan area operasi dapat terpantau pada layar "first-person view (FPV)" yang difungsikan sebagai visualisasi area serta didukung fitur pengenalan musuh sehingga dapat mengetahui ada tidaknya musuh dilokasi tersebut. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen untuk membuktikan pengaruh perlakuan tertentu yang terkendali. Sistem yang diusulkan mengaplikasikan metode background subtraction dan deteksi warna dalam mengenali musuh dan kawan. Data kuantitatif yang didapatkan pada penelitian ini adalah data jarak antara objek musuh dan kawan terhadap kamera yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi musuh/kawan. Sistem yang diusulkan mampu menunjukkan kinerja yang baik dan telah dilakukan beberapa pengujian. Adapun hasil dari pengujian posisi arah antara objek musuh dan kawan terhadap kamera dan pengujian multi person dengan mendeteksi musuh dari 2 hingga 6 orang diperoleh tingkat akurasi sebesar 97,5%.

Kata kunci: Background Substraction, Deteksi Warna, Pengenalan Musuh, Unmanned Ground Vehicle.

PENDAHULUAN

Teknologi yang semakin modern yang tumbuh dengan cepat saat ini menjadi tantangan tersendiri agar selalu dapat mengikuti serta dapat menggunakan dengan seimbang terhadap kemajuannya. Tugas pokok Tentara Nasional Indonesia (TNI) yaitu menegakkan serta mempertahankan keutuhan dan juga kedaulatan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang bersumber pada Pancasila serta UUD 1945, untuk melindungi bangsa Indonesia dari seluruh ancaman terhadap keutuhan bangsa

serta negara. Bentuk- bentuk ancaman dapat berlangsung di perbatasan, hutan, terlebih lagi di perkotaan dengan demikian diperlukan satuan ataupun personel yang memiliki keahlian khusus buat menanggulangi hal- hal tersebut. TNI sebagai garda terdepan dalam menjaga dan melindungi keutuhan negara dari berbagai bentuk ancaman khususnya ancaman militer. Maka, diperlukan satuan ataupun personel yang memiliki keahlian khusus, serta didukung dengan teknologi yang dapat membantu personel dalam

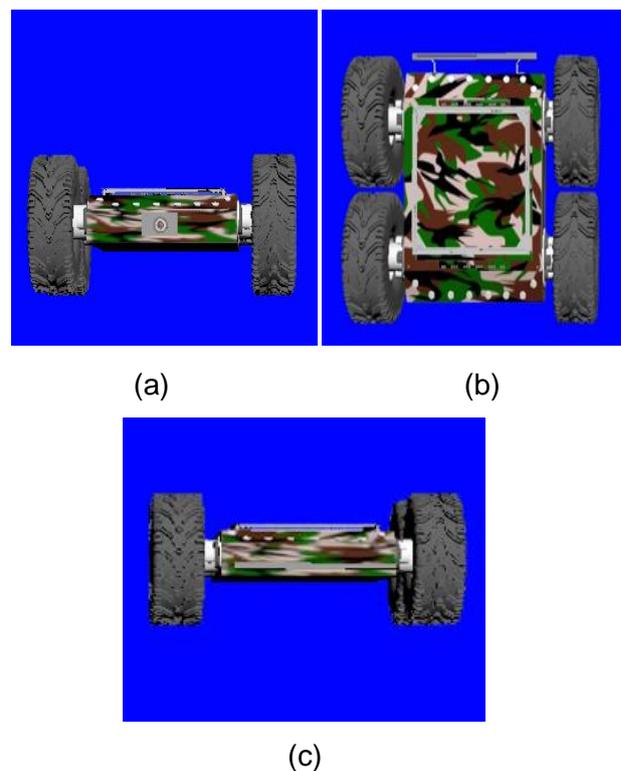
menangani berbagai macam ancaman yang ada.

Salah satu bentuk ancaman yang dihadapi oleh TNI adalah aksi terorisme dan pembebasan sandera, yang dimana personel TNI yang bertugas dilapangan disaat itu harus bergerak langsung memasuki bangunan atau tempat penyanderaan guna melaksanakan pengintaian untuk mencari data atau informasi tentang kekuatan musuh.

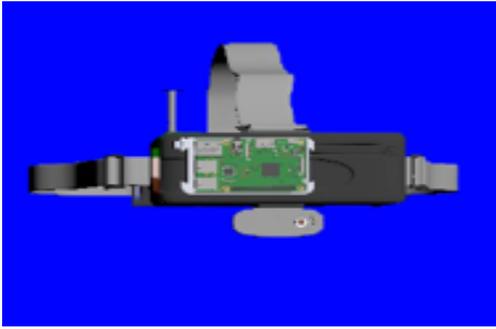
Penanggulangan teroris dapat dilakukan dengan Pertempuran Jarak Dekat (PJD) (Wibowo et al., 2018), yang strateginya dimulai dengan operasi infiltrasi yang dilakukan personel yang dilengkapi dengan perlengkapan khusus yang bersifat agresif, surprise dan selektif *fire*. Hambatan yang dialami dalam proses operasi PJD yaitu pada operasi infiltrasi, personel yang bertugas untuk pengintaian dalam mencari data atau informasi tentang kekuatan musuh dibutuhkan penyamaran yang sangat baik dan jika penyamaran diketahui oleh musuh, personel yang tertangkap akan dalam kondisi bahaya dan berpotensi terjadinya kontak senjata.

Dari permasalahan tersebut, penulis memiliki konsep teknologi yang dapat dipergunakan dalam operasi infiltrasi yakni Desain *Prototype Unmanned Ground Vehicle* (UGV). UGV didesain untuk membantu operasi infiltrasi. Personil yang bertugas akan

meremote UGV ini secara jarak jauh menuju area lokasi yang dituju dan untuk melihat lokasi yang dituju, personil dapat memantaunya pada layar “*first-person view* (FPV)”. UGV terintegrasi dengan kamera yang difungsikan sebagai pemantauan area serta didukung fitur pengenalan musuh sehingga dapat mengetahui ada tidaknya musuh dilokasi tersebut. Adapun bentuk dari Desain UGV ini ditunjukkan pada Gambar 1. sedangkan Gambar 2 untuk desain dari FPV pada UGV.



Gambar 1. Desain *Prototype Unmanned Ground Vehicle* (UGV) (a) Tampak Depan (b) Tampak Atas dan (c) Tampak Belakang.
(Sumber : Perancangan, 2022)



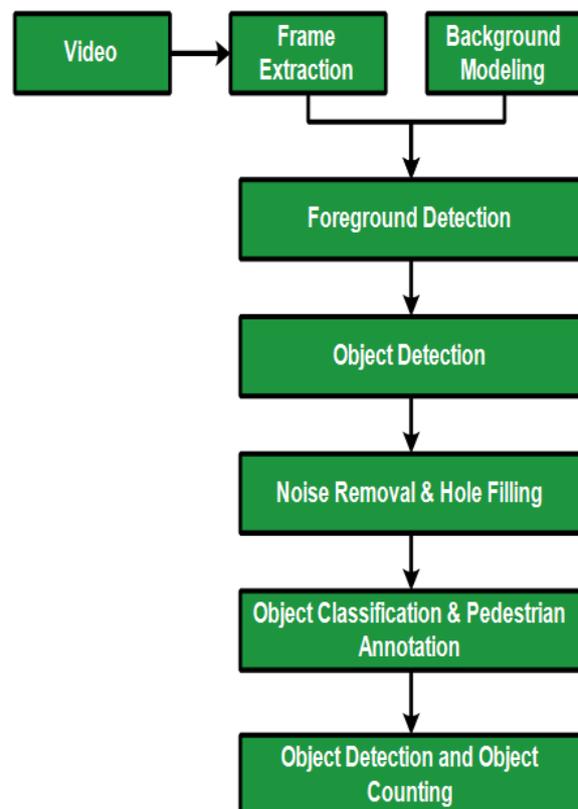
Gambar 2. Tampilan dari *first-person view* (FPV)

(Sumber : Perancangan, 2022)

Penelitian tentang pengenalan musuh telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah oleh (Ardytyan et al., 2020), peneliti menggunakan sensor PIR dalam mendeteksi musuh yang diterapkan pada *Drone S2GA*. Peneliti menguji sensor PIR dan mendapatkan hasilnya jarak maksimum dalam mendeteksi manusia adalah 12 m. Peneliti (Arsyad et al., 2020) menerapkan deteksi warna dalam mengenali target musuh yang diterapkan pada *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) GALAK-24*. Peneliti telah melakukan pengujian dengan ketinggian 300 meter dan diklaim mampu mengenali target dengan baik. Penggunaan *Synthetic Aperture Radar (SAR)* dalam mendeteksi objek musuh diterapkan oleh peneliti (Asyasyakuur et al., 2021) yang diimplementasikan pada pesawat tanpa awak. Peneliti menggunakan 2 metode yang disimulasikan menggunakan Aplikasi Matlab. Hasil dari penelitian ini adalah sistem yang diusulkan pada kedua algoritma dapat

bekerja dengan baik pada frekuensi 4 GHz dan *range* resolusi 3m. Peneliti menggunakan citra yang berbentuk 2-D pada simulasinya. Untuk waktu pemrosesan rata-rata yang dihasilkan dari ke dua algoritma tersebut adalah 103.2 detik untuk proses pendeteksian objeknya.

Sedangkan untuk teknik metode *Background Subtraction* telah diaplikasikan oleh peneliti (Kaloh et al., 2018) yang dibandingkan dengan *Optical Flow* untuk mendeteksi manusia. Adapun konsep dari *background subtraction* yang diusulkan peneliti sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 3.

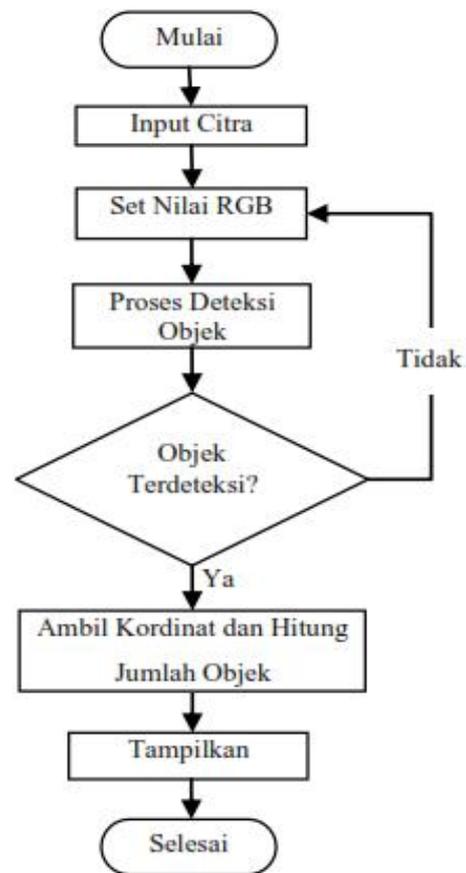


Gambar 3. Diagram algoritma *Background Subtraction*(Kaloh et al., 2018)

Hasil dari perbandingan ini adalah algoritma *background subtraction* menghasilkan tingkat kebenaran sebanyak 80.56%. Sedangkan algoritma *optical flow* menghasilkan tingkat kebenaran sebanyak 97.22%. Pengujian untuk menghitung jumlah manusia yang terdeteksi diperoleh dengan menggunakan algoritma *background subtraction* menghasilkan tingkat kebenaran sebanyak 2.78%, sedangkan pada algoritma *optical flow* menghasilkan tingkat kebenaran sebanyak 16.67%.

Selanjutnya penulis ingin menggabungkan metode *background subtraction* dengan deteksi warna dalam mengenali musuh. Deteksi warna juga diterapkan oleh beberapa peneliti salah satunya oleh (Prabowo et al., 2018) yang diaplikasikan untuk mendeteksi dan menghitung objek. Adapun konsep dari sistem yang diusulkan ditunjukkan pada *flowchart* Gambar 4.

Hasil dari penelitian ini adalah sistem yang diusulkan diklaim mampu mendeteksi dan menghitung objek yang telah ditentukan. Sistem yang diusulkan memiliki pengaruh terhadap warna objek dan latar belakang objek dalam hal keberhasilan pendeteksian objek serta dihasilkan pengujian pencahayaan yang terbaik pada 31 lux hingga 15.000 lux.



Gambar 4. *Flowchart* dari sistem yang diusulkan peneliti(Prabowo et al., 2018).

Teknik *Background Subtraction* yang dipadukan dengan deteksi warna telah dilakukan oleh peneliti (Anggraini, 2020) yang diterapkan untuk deteksi api. Peneliti membangun sistem dengan menggunakan dua metode tersebut dan diuji pada kumpulan video yang telah disediakan sebanyak 12 sampel dataset video kebakaran. Hasil penelitian ini adalah sistem yang diusulkan menghasilkan rata-rata tingkat kesalahan sebesar 18,75% dari setiap pengujian yang dilakukan.

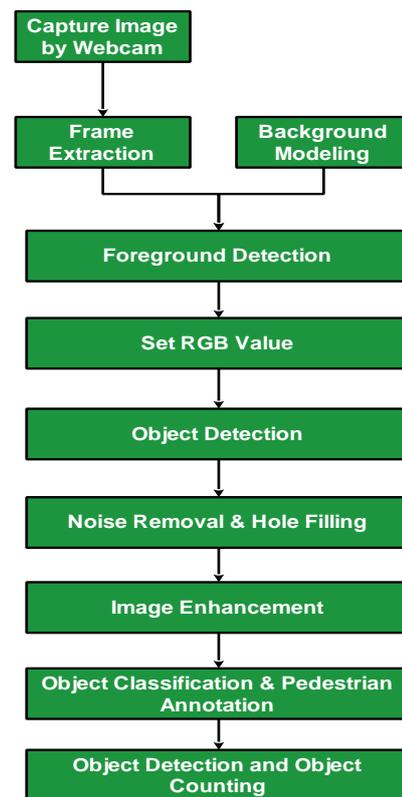
Selanjutnya peneliti akan menerapkan 2 metode tersebut pada pengenalan musuh yang nantinya akan diimplementasikan pada *Prototype Unmanned Ground Vehicle*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen dengan mendapatkan data kuantitatif. Penelitian eksperimen adalah metode penelitian untuk membuktikan pengaruh perlakuan tertentu yang terkendali. Adapun hipotesa dalam penelitian adalah "Apakah metode *background subtraction* dan *color detection* mampu dalam mendeteksi musuh dan kawan?". Data kuantitatif pada penelitian ini adalah jarak antara objek musuh/kawan terhadap kamera sebagai kemampuan sistem dalam mendeteksi musuh/kawan.

a. Perancangan Algoritma Deteksi Musuh

Pada ini dilakukan perancangan dan pembuatan algoritma pengenalan musuh dengan mengaplikasikan metode *Background Subtraction* dan Deteksi Warna merujuk pada penelitian sebelumnya dan melakukan sedikit modifikasi dengan menambahkan teknik *Image Enhancement*. Adapun hasil perancangan algoritma ini ditunjukkan dalam diagram blok pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok perancangan algoritma deteksi musuh.

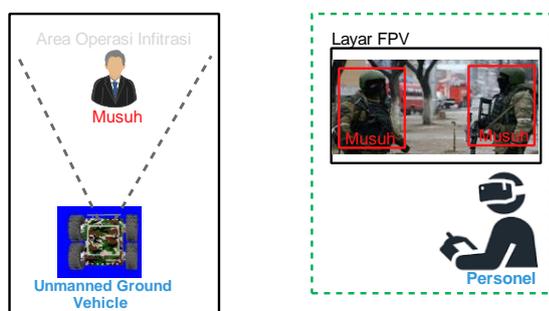
(Sumber Perancangan, 2022)

Berdasarkan Gambar 6, sistem yang diusulkan dimulai dari kamera yang tertanam pada UGV menangkap gambar, selanjutnya gambar tersebut akan diekstrak untuk mendeteksi *foreground* atau mendeteksi latar depan, dari hasil ini langkah selanjutnya akan dilakukan pengaturan nilai RGB yang diperuntukkan memfilter warna yang dikategorikan sebagai pakaian musuh. Setelah tahap ini selesai dilakukan deteksi objek. Hasil dari deteksi objek akan dilakukan proses penghilangan *noise* dan menutup bagian lubang akibat adanya *noise*. Tahap

selanjutnya juga akan dilakukan perbaikan citra agar dihasilkan gambar yang lebih baik dan meminimalisir *noise* pada citra. Selanjutnya dilakukan klasifikasi objek untuk mengidentifikasi objek yang memang sebagai objek musuh. Langkah terakhir yang dilakukan sistem adalah objek / musuh yang terdeteksi akan dihitung oleh sistem.

b. Perancangan *Prototype Unmanned Ground Vehicle*

Pada tahap ini dilakukan perancangan *Unmanned Ground Vehicle* yang mana desain dari UGV telah ditunjukkan pada Gambar 1. Konsep dan cara kerja dari sistem yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 7.

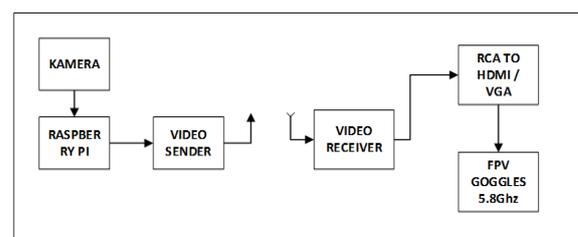


Gambar 7. Konsep dari cara kerja pengenalan musuh.

(Sumber : Perancangan, 2022)

Berdasarkan Gambar 7, sistem yang diusulkan dimulai dari personel menggerakkan UGV dengan melalui kontroller radio, kamera menangkap gambar dan mengirimkannya ke

receiver yang ada pada FPV sebagai pandangan area lokasi. Personil dapat melihat area tempat tugas operasi yang dijalankan melalui FPV. Pada UGV tertanam kamera yang terhubung Raspberry Pi 4. Program yang dibangun dengan algoritma yang diusulkan dijalankan untuk mengenali musuh. Kategori kawan dan musuh disini, sistem mengklasifikasikan dengan warna hijau. Artinya yang selain warna hijau maka sistem mengartikan sebagai musuh. Jika terdapat musuh di area tersebut, maka hasil tangkapan gambar terdapat Kotak merah yang menandakan objek yang terlihat teridentifikasi sebagai musuh. Adapun diagram blok sistem yang ada pada UGV ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok sistem yang ada pada UGV.

(Sumber : Perancangan, 2022)

HASIL PENELITIAN

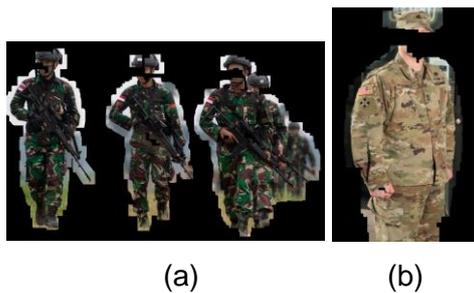
Pada tahap ini diuraikan hasil dari pengujian yang dilakukan pada alat. Adapun pengujiannya sebagai berikut:

a. Pengujian *Background Subtraction*

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa dari metode *background subtraction* pada sistem yang diusulkan. Adapun gambar yang dipergunakan sebagai inputkan ditunjukkan pada Gambar 9, dan hasil dari proses *background subtraction* ditunjukkan pada Gambar 10.



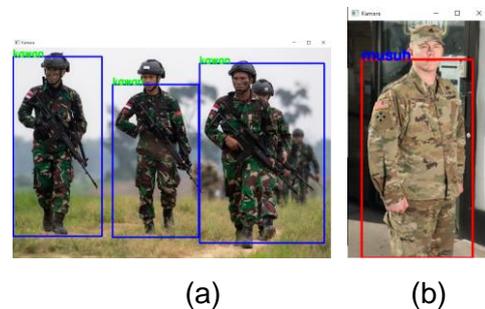
Gambar 9. Gambar Inputan untuk proses *background subtraction*. (a) Inputan gambar untuk kawan (b) inputan gambar untuk musuh
 (Sumber : Perancangan, 2022)



Gambar 10. Hasil dari proses *background subtraction*. (a) untuk kawan (b) untuk musuh
 (Sumber : Perancangan, 2022)

b. Pengujian *Background Subtraction* dan *Color Detection*

Pada pengujian ini untuk mengetahui performa dari 2 metode yakni *background subtraction* dan *color detection* dalam mendeteksi kawan dan musuh. Adapun hasilnya ditunjukkan pada Gambar 12. Sedangkan untuk hasil pengujian *color detection* terhadap warna hijau yang diuji pada beberapa macam warna hijau ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 12. Hasil dari penggabungan 2 metode. (a) Untuk kawan (b) Untuk musuh.
 (Sumber : Perancangan, 2022)

Tabel 1. Hasil pengujian *Color Detection*

No	Warna Hijau	RGB	Deteksi	
			Kawan	Musuh
1	Dark Green	0, 100, 0	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
2	Forest Green	34, 139, 34	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	Green Yellow	173, 255, 47	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
4	Dark Olive Green	85, 107, 47	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi

(Sumber : Pengujian, 2022)

c. Pengujian Kinerja Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat dalam mengenali musuh dan kawan, adapun jarak pengujian yang dilakukan antara personel/musuh terhadap kamera jaraknya adalah 2,5 m dan posisi sudut kamera diatur dari 0° hingga 60°. Pengujian ini dilakukan didalam ruangan dengan intensitas cahaya yang terukur pada ruangan sebesar 146 lux. Adapun hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kinerja alat terhadap perubahan sudut kamera secara horizontal

No	Sudut Kamera	Deteksi	
		Kawan	Musuh
1	0°	Terdeteksi	Terdeteksi
2	15°	Terdeteksi	Terdeteksi
3	30°	Terdeteksi	Terdeteksi
4	45°	Terdeteksi	Terdeteksi
5	60°	Terdeteksi	Terdeteksi
6	75°	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
7	90°	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

(Sumber : Pengujian, 2022)

d. Pengujian pengaruh jarak terhadap deteksi musuh

Pada tahap ini dilakukan pengujian pengaruh jarak terhadap hasil deteksi musuh/kawan, Adapun jarak yang diatur dimulai dari jarak 1 meter hingga jarak 10 meter. Pengujian ini dilakukan

didalam ruangan dengan intensitas cahaya yang terukur pada ruangan sebesar 146 lux. Pengujian dilakukan sebanyak 5x disetiap pengaturan jarak. Kamera yang digunakan pada sistem UGV yang diusulkan dan diuji dalam pengujian ini adalah kamera yang bermerk LOGITECH HD Webcam C270 dengan resolusi 1280 x 720 piksel. Adapun hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian pengaruh jarak

No	Jarak (m)	Deteksi Musuh	Deteksi Kawan
1	1	Terdeteksi	Terdeteksi
2	2	Terdeteksi	Terdeteksi
3	3	Terdeteksi	Terdeteksi
4	4	Terdeteksi	Terdeteksi
5	5	Terdeteksi	Terdeteksi
6	6	Terdeteksi	Terdeteksi
7	7	Terdeteksi	Terdeteksi
8	8	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
9	9	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
10	10	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

(Sumber : Pengujian, 2022)

e. Pengujian Perubahan Nilai Intensitas Cahaya

Pada tahap ini dilakukan perubahan nilai intensitas cahaya. Ini dilakukan dengan cara mengkondisikan

pencahayaan ruangan dimulai dari menyalakan 1 lampu, 2 lampu hingga 3 lampu. Dan diukur nilai intensitas cahaya dengan menggunakan luxmeter. Adapun hasil dari pengujian ini yang diterapkan pada warna loreng TNI dan loreng gurun ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian perubahan nilai intensitas cahaya.

No	Warna	Nilai lux	Deteksi	
			Kawan	Musuh
1	Loreng TNI	147	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
2	Loreng TNI	189	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	Loreng TNI	240	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4	Loreng Gurun	147	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
5	Loreng Gurun	189	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
6	Loreng Gurun	240	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi

(Sumber : Pengujian, 2022)

f. Pengujian *Multi Person*

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem dengan mengatur musuh yang terdeteksi lebih dari 1. Pengujian ini sebanyak 5x dilakukan dengan melakukan pengaturan musuh dengan jumlah dari 2 hingga 6 orang. Pengujian ini dilakukan didalam ruangan dan terukur intensitas cahaya

sebesar 146 lux. Pengujian ini juga mengatur jarak antara orang terhadap kamera yang diatur jaraknya sebesar 4m. Adapun hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian *multi person*

No	Jumlah Orang	Mendeteksi Musuh	Mendeteksi Kawan
1	2	Terdeteksi	Terdeteksi
2	3	Terdeteksi	Terdeteksi
3	4	Terdeteksi	Terdeteksi
4	5	Terdeteksi	Terdeteksi
5	6	Terdeteksi	Terdeteksi

(Sumber : Pengujian, 2022)

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada sistem yang menggunakan kamera Logitech C270 dengan resolusi 1280 x 720 piksel. Diperoleh hasilnya adalah pada pengujian *Color Detection* terhadap perubahan presentase intensitas cahaya. Sistem dapat mengenali musuh/kawan dengan baik pada presentase perubahan intensitas cahaya dari 0% hingga 25%. Tidak mampu mengenali musuh/kawan pada perubahan presentasi intensitas cahaya pada 50 hingga 75%.

Pada pengujian kinerja alat terhadap perubahan sudut kamera. Sistem yang diusulkan mampu mendeteksi kawan dan musuh dengan baik ketika dilakukan

perubahan sudut dari 0° hingga 60°. Sedangkan pada perubahan sudut kamera dari 75° dan 90° sistem tidak mampu mengenali musuh/kawan. Hal ini diakibatkan objek musuh/kawan tidak berada dalam jangkauan tangkapan kamera.

Sedangkan pada pengujian pengaruh jarak yang diatur jaraknya dari 1 m hingga 10m didapatkan jarak efektif dari sistem yang diusulkan pada rentang 1m hingga 7m. Artinya sistem yang diusulkan mampu mendeteksi musuh/kawan dengan baik dan memiliki akurasi 97,5% pada rentang jarak 1 hingga 7 meter. Sistem tidak mampu mendeteksi musuh pada jarak 8 hingga 10 meter.

Sedangkan pada perubahan intensitas cahaya dari nilai lux yang terukur yakni 147, 189 dan 240. Sistem dapat bekerja mengenali musuh/kawan pada kondisi pengaturan intensitas cahaya pada nilai lux sebesar 147 dan 189 sedangkan pada nilai intensitas cahaya yakni 240 lux sistem tetap masih bisa mengenali musuh/kawan dengan baik.

Sedangkan pada pengujian *multi person*, sistem yang diusulkan diuji pada jarak 4 mampu mengenali musuh dengan jumlah musuh/kawan dari 2 orang hingga 6 orang musuh/kawan dengan tingkat akurasi hingga 97,5% disetiap pengujian yang dilakukan.

PENUTUP

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah pengenalan musuh/kawan dengan menggabungkan metode *background subtraction* dan deteksi warna telah berhasil dilakukan dan mampu menunjukkan kinerja yang baik. Pada pengujian *Color Detection*, sistem dapat mengenali musuh/kawan dengan baik pada presentase perubahan intensitas cahaya dari 0% hingga 25%. Pada pengujian kinerja alat terhadap perubahan sudut kamera, sistem yang diusulkan dapat mendeteksi musuh/kawan pada perubahan sudut kamera dari 0° hingga 60°. Pada sudut tersebut objek musuh/kawan masih masuk dalam jangkauan tangkapan kamera sehingga sistem dapat mengenali dengan baik

Pengujian pengaruh jarak diperoleh jarak efektif dari sistem yang diusulkan pada rentang 1m hingga 7m yang menghasilkan akurasi 97,5%. Sedangkan pada pengujian perubahan intensitas cahaya. Sistem dapat bekerja mengenali musuh/kawan dengan baik pada kondisi pengaturan intensitas cahaya pada nilai lux sebesar 147, 189 dan 240. Sedangkan pada pengujian *multi person* dengan mendeteksi musuh/kawan dari 2 hingga 6 diperoleh tingkat akurasi 97,5 pada pengujian jarak 4 m.

Kelebihan dari sistem yang diusulkan dengan menggunakan metode *background subtraction* dan *color detection* untuk mendeteksi musuh dan kawan adalah komputasinya ringan mengingat sistem yang diusulkan dijalankan pada Raspberry pi 4 sedangkan kekurangannya adalah perlu untuk mengkalibrasi warna yang sebagai musuh dan warna yang sebagai kawan sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Y. (2020). *Deteksi Api pada Video Menggunakan Metode Background Subtraction dan Segmentasi Warna pada Ruang HSV*. <https://repository.unsri.ac.id/39926/>
- Ardytyan, W. B., Kuncoro, E., & Darmawan, Y. (2020). Implementasi Sistem Telemetri Pendeteksi Musuh Pada Drone S2GA Menggunakan Sensor PIR Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*, 7(1), 37–39. <https://doi.org/10.21107/triac.v7i1.7418>
- Arsyad, M. A. A., Mahfudi, I., & Purwanto, M. B. (2020). Implementasi Pengenalan Target Untuk Menentukan Koordinat Musuh Menggunakan Kamera Pesawat *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) GALAK-24 Dengan Metode Object Detection Mehmeck. *Jurnal Telkommil*, 2(Oktober), 20–28. <https://doi.org/10.54317/kom.v2ioktober.176>
- Asyasyakur, M. I., Ariffin, D. M., Satyawan, A. S., Marlina, N. N. A., Nufus, N., Nugraha, R. A. S., & Ema. (2021). Simulasi Sistem Pendeteksi Objek Pada Pesawat Dengan Menggunakan Teknologi SAR (*Synthetic Aperture Radar*). *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, 3(November), 41–52. <https://doi.org/10.54706/senastindo.v3.2021.122>
- Kaloh, K. M., Poekoel, V. C., & Putro, M. D. (2018). Perbandingan Algoritma *Background Subtraction* dan *Optical Flow*. *E-Journal Teknik Informatika*, 13(1), 1–9.
- Prabowo, D. A., Abdullah, D., & Manik, A. (2018). *BERDASARKAN WARNA MENGGUNAKAN*. V(September), 85–91.
- Wibowo, E. Y., Hartono, & Purwanto, T. H. (2018). Penentuan Jalur Serangan dalam Operasi Lawan Insurgensi Daerah Perkotaan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Dan SIG. *MAJALAH GEOGRAFI INDONESIA*, 25(1), 15–24.