

Rancang Bangun Sistem Pelacakan Musuh Pada Senjata Penjaga Otomatis SS2 Berbasis Background Subtraction

Riky Radianto^{1*}, Mokhamad Syafaat¹, Dekki Widiatmoko¹, Rafi Maulana Alfarizi¹ and Kasiyanto¹

¹Departemen Teknik Elektronika Sistem Senjata, Politeknik Angkatan Darat, Indonesia

*Corresponding Author, email: rikyradianto@gmail.com

Received 2023-12-12; Revised 2024-01-11; Accepted 2024-02-07

Abstrak

Indonesia memiliki kekuatan militer yang menempati peringkat ke-13 secara global, hal ini tidak menjadikan Indonesia terbebas dari potensi konflik bersenjata, terutama di wilayah Papua yang merupakan fokus konflik bersenjata tertinggi di Indonesia. Peran signifikan Kelompok Kriminal Bersenjata (KKB) turut meningkatkan tingkat konflik tersebut. KKB kerap melancarkan serangan yang menasar berbagai pihak, termasuk warga sipil, personel TNI, polisi, dan pos militer. Serangan yang dilancarkan KKB seringkali sulit dideteksi, bahkan terkadang terjadi pada malam hari, menyulitkan personel. Strategiantisipasi terhadap serangan bergantung pada kesiapan personel di lapangan, karena hingga saat ini belum terdapat teknologi di pos-pos militer yang dapat membantu dalam mengantisipasi serangan tersebut. Sejalan dengan kondisi tersebut, peneliti berupaya memperkenalkan senjata penjaga sebagai solusi yang dapat mendeteksi pergerakan atau mengantisipasi serangan KKB terhadap pos militer dan penjagaan. Senjata penjaga ini dilengkapi dengan senjata SS2 dan kamera untuk menangkap serta melacak pergerakan yang mencurigakan di sekitar pos militer. Sistem pelacakan pada robot menggunakan teknik *background subtraction*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelacakan pada robot penjaga berhasil diimplementasikan dengan baik dan mampu berfungsi efektif dengan menggunakan Teknik *background subtraction*. Senjata penjaga mampu melacak pergerakan musuh hingga mengarahkan senjatanya kearah musuh dengan rata-rata delay setiap pergerakan sebesar 1 detik. Rentang perubahan jarak yang paling efektif antara kamera dan objek musuh atau teman dari jarak 2 hingga 12 meter. Kendati demikian, kemampuan dalam mendeteksi objek mengalami hambatan saat terjadi perubahan intensitas cahaya khususnya pada kondisi gelap dengan nilai Lux sebesar 0.

Kata kunci: Robot Penjaga, Background Subtraction, Deteksi Musuh, Deteksi Kawan.

1. Latar Belakang

Kekuatan militer Indonesia pada tahun 2023 berdasarkan laporan *Global Fire Power* (GFP) merilis Indonesia berada di urutan peringkat ke 13 mengungguli Negara Mesir dan Ukraina yang keduanya berada pada urutan ke 14 dan 15[1]. Keadaan ini tidak membuat Indonesia terbebas dari konflik bersenjata. Papua telah mencatatkan sebagai wilayah yang paling tinggi konflik bersenjata yang ditotal telah terjadi 53 kasus konflik bersenjata[2]. Secara umum, konflik bersenjata yang saat ini dipelopori oleh Kelompok Kriminal Bersenjata (KKB). Serangan yang terjadi sering mentargetkan warga lokal, anggota Polisi, anggota TNI hingga Pos Militer atau Pos Penjagaan. Serangan KKB seringkali sulit dideteksi terutama pada malam hari yang lokasinya berada di hutan lebat dengan jarak pandang yang terbatas. Pos militer dan pos penjagaan yang saat ini belum memiliki teknologi apapun dan hanya mengandalkan kesigapan personel yang bertugas, hal ini membuat keadaan Pos Militer

sangat rentan terhadap serangan musuh. Sepanjang tahun 2023, tercatat lebih dari 3x Pos Militer/Pos Penjagaan diserang KKB[3]. Kondisi ini dirasa perlu untuk menghadirkan teknologi yang dapat membantu untuk mengantisipasi serangan musuh yang menarget Pos Militer/Pos penjagaan.

Usulan tentang robot tempur yang dikontrol dengan *joystick* telah dilakukan peneliti [4]. Robot tempur tersebut diklaim mampu membawa senjata SS2-V1 dan terintegrasi dengan komunikasi radio NRF24L01, memungkinkan pengendalian dari jarak jauh dan mampu untuk melakukan serangan terhadap musuh. Penelitian tentang robot penjaga telah dilakukan oleh peneliti [5]. Peneliti mengusulkan robot tempur yang didesain menyerupai mobil. Robot tersebut terintegrasi dengan 4 Motor DC dan 4 Motor Stepper. Robot ini diklaim mampu beroperasi pada berbagai kondisi medan. Robot ini dihubungkan dengan 2 buah baterai dengan spesifikasi masing-masing baterai 12 Volt 150 Ah yang dipasang seri sehingga dapat menghasilkan daya sebesar 3600 Wh. Penerapan Teknik *background subtraction* telah dilakukan oleh peneliti [6]. Peneliti tersebut mengimplementasikan *background subtraction* serta mengintegrasikan metode naïve bayes untuk proses klasifikasi kripik kentang. Penelitian ini menghasilkan sistem yang mampu deteksi ukuran kripik. Peneliti mengklaim bahwa kesalahan saat pengujian ini sangat kecil yakni sebesar 3,73%. Pada pengujian akurasi deteksi untuk klasifikasi kripik kentang diperoleh sebesar 93,3%. Pada pengujian proses komputasi diperoleh hasil sebesar 1,7 ms dari 30x pengujian. Peneliti [7] mendeteksi objek bergerak menerapkan metode *background subtraction* dan teknik morfologi. Pada pengujian sistem yang diusulkan, peneliti menerapkan pada video hasil tangkapan CCTV. Peneliti menguraikan tahapan-tahapan untuk proses deteksi objek ini meliputi: proses ekstraksi frame, proses *background subtraction*, proses konversi citra *grayscale* dan biner, proses operasi morfologi jenis *opening*, dan proses *masking*. Hasil dari penelitian ini deteksi objek bergerak diklaim mampu menghasilkan akurasi sebesar 93,3% untuk pencahayaan terang dan menghasilkan akurasi sebesar 83,3% untuk pencahayaan redup. Pengembangan teknik *background subtraction* telah dilakukan peneliti [8]. Peneliti tersebut menambahkan Dekomposisi Nilai Singular Adaptif pada teknik *background subtraction*. *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dikombinasikan dengan *background subtraction* telah diusulkan oleh peneliti [9]. Metode *background Subtraction* yang diterapkan untuk menghitung jumlah kendaraan telah diusulkan peneliti [10]. Peneliti melakukan pengujian pada video. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan peneliti tersebut, tingkat presisi (presisi) pada pengujian perhitungan kendaraan diperoleh sebesar 75%, sedangkan tingkat akurasi (recall) diperoleh sebesar 100%, dan tingkat akurasinya 75%. Perbandingan antara teknik *background subtraction*, *Haar-Cascade* dan *Single Shot Detector* (SSD) untuk deteksi mobil telah dilakukan peneliti [11]. Pengujiannya pada kumpulan video. Adapun hasil dari pengujian ini adalah Metode *Background Subtraction* mendapat nilai prediksi tertinggi sebesar yaitu 205,69%. Untuk Metode *Haar Cascade Classification* mendapat nilai prediksi 108,22%. Sedangkan Metode SSD mendapatkan nilai prediksi sebesar 202,53%.

Pengujian deteksi objek bergerak dengan teknik deteksi menggunakan *background subtraction* telah dilakukan oleh peneliti[12]. Sistem yang diusulkan dibangun menggunakan aplikasi Matlab R2018B. Teknik *Background Subtraction* yang digabungkan dengan Deteksi Blob diusulkan peneliti [13]. Peneliti tersebut menerapkan Metode *Background Subtraction* untuk proses pemisahan antara objek dan latar belakang, sedangkan Metode Deteksi Blob digunakan untuk deteksi objek bergerak. Peneliti menggunakan 40 data dan diuji sebanyak 3 kali menghasilkan persentase keberhasilan dalam deteksi objek bergerak sebesar 70% untuk kondisi terang dan menghasilkan sebesar 75% untuk kondisi gelap. Penelitian [14] ini mengusulkan algoritma pengurangan latar belakang berbasis analisis entropi kategori untuk mendeteksi objek bergerak dalam sistem pengawasan video. Algoritma ini dinamis dalam menciptakan kategori warna untuk setiap

piksel, menggunakan konsep kategori bersama untuk membangun kategori latar belakang yang dapat beradaptasi dengan perubahan warna latar belakang. Untuk mengatasi lingkungan latar belakang yang dinamis, penelitian ini memperkenalkan konsep entropi kategori warna untuk memperkirakan jumlah kategori latar belakang yang dibutuhkan. Implementasi *background subtraction* pada Robot UGV telah diterapkan oleh peneliti[15]. Metode tersebut dipergunakan untuk mendeteksi musuh dan kawan yang telah dikategorikan berdasarkan warna. Kategori kawan adalah yang berwarna hijau, dan kategori musuh yang berwarna selain warna hijau. Kategori musuh dan kategori kawan yang terdeteksi akan diberi tanda, pada kondisi ini juga akan ditampilkan pada layar monitor FPV. Tujuan dihadirkan Robot UGV yang diusulkan peneliti adalah untuk membantu dalam proses infiltrasi dalam operasi penyelamatan sandera. Penelitian menghasilkan sistem yang diklaim menghasilkan akurasi hingga 97,5%.

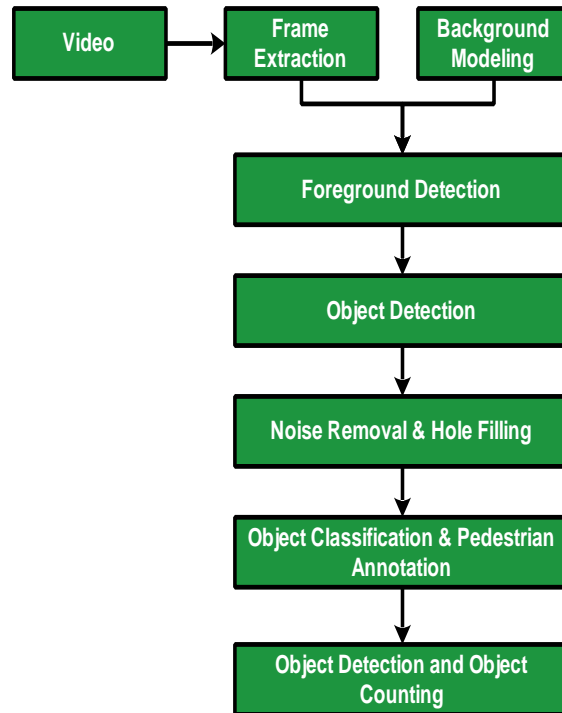
2. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang diusulkan peneliti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mencari informasi dari berbagai sumber, termasuk jurnal penelitian, artikel konferensi, atau prosiding, serta tutorial web mengenai teknik pengolahan citra. Langkah berikutnya melibatkan pembuatan program algoritma *background subtraction* berbasis Python dan pemahaman tentang cara membangun robot. Setelah mendapatkan referensi yang memadai, dilakukan persiapan penelitian yang melibatkan perolehan alat yang diperlukan hingga pengadaan peralatan untuk membangun sistem. Setelah tahap persiapan alat selesai, langkah berikutnya melibatkan perancangan sistem, termasuk desain dan implementasi perangkat. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dari perangkat yang telah dibuat untuk evaluasi. Hasil dari pengumpulan data kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja dari perangkat yang diusulkan. Sedangkan untuk tahapan dari teknik *background subtraction* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Algoritma Background Subtraction[16]

tahapan dari algoritma Background Subtraction meliputi pertama, data mentah yang ditangkap oleh kamera (atau perangkat lain) diubah menjadi format yang dapat dipahami oleh komputer. Tahap ini juga menghilangkan noise dan objek kecil pada gambar. Di sini, kami menggunakan morfologi matematis, atau *transformasi aperture*, untuk menghilangkan objek kecil. Manipulasi morfologi merupakan teknik pengolahan citra digital berdasarkan bentuk suatu objek. Ekstraksi video-ke-frame adalah proses pertama yang mengekstrak dan membaca frame (gambar) yang terdapat dalam video masukan dan melakukan pemrosesan. Tahap ke dua Latar Belakang Pemodelan SM. Pada tahap ini, model latar belakang yang konsisten ditentukan. Model harus mampu beradaptasi dan bertoleransi terhadap perubahan lingkungan serta harus mampu menjaga kepekaan dalam mendeteksi pergerakan objek terkait. Background modeling merupakan tahapan dimana latar belakang ditentukan. Background yang digunakan adalah background dimana video tersebut direkam. Latar belakang yang ditentukan tidak boleh berisi orang. Latar belakang ini harus statis, yaitu tanpa gerakan atau gerakan. Model background yang digunakan harus konsisten dan peka terhadap pergerakan objek. Deteksi latar depan. Pada fase ini dilakukan proses ekstraksi latar depan dari latar belakang. Proses ini memiliki rumus yang disebut :

$$R_{r,c} = I_{r,c} - B_{r,c} \quad (1)$$

Keterangan:

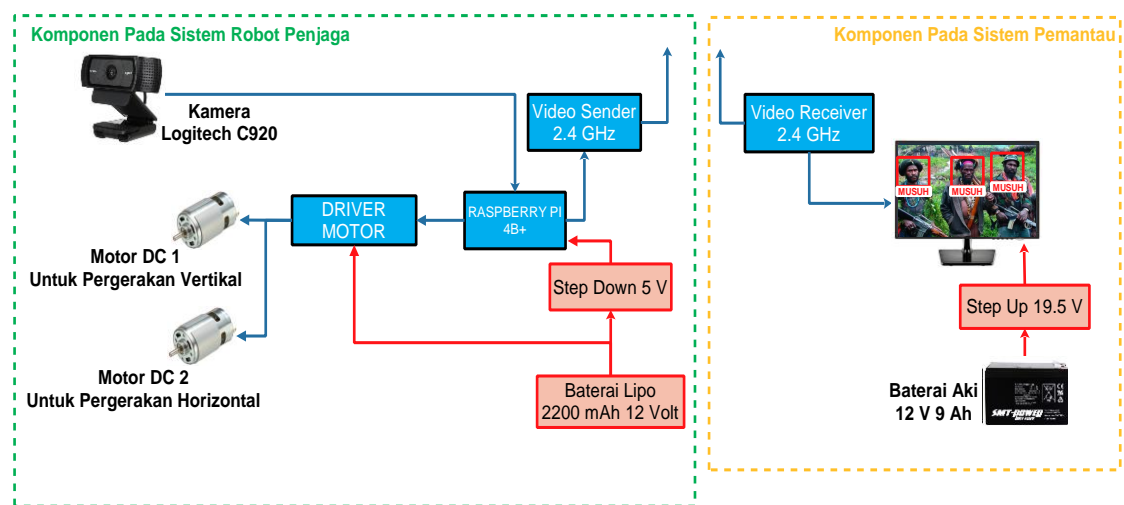
- R = hasil
- I = gambar saat ini
- B = background model
- r = Baris
- c = Kolom

Nilai R tersebut kemudian dibandingkan dengan ambang batas yang telah ditentukan. Jika lebih besar dari ambang batas, piksel pada $I(r,c)$ dapat dianggap berbeda dengan piksel pada $B(r,c)$. Ambang batas adalah jenis nilai yang memungkinkan terjadinya kesalahan.

Threshold sendiri digunakan untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh noise pada gambar digital. Dalam penelitian ini, kami melakukan pemrosesan untuk mengekstrak latar depan dari latar belakang. Di latar depan ada benda bergerak, dalam hal ini manusia. pengenalan objek. Pada fase ini pergerakan objek pada setiap gambar dideteksi dan dideteksi. Pengurangan kebisingan dan pengisian lubang. Pada tahap ini, noise gambar dihilangkan (*noise removal*) dan lubang diisi (*holefilling*). Untuk meningkatkan gambar yang dihasilkan, Anda perlu menghilangkan noise. Kemudian hasil gambar juga terisi karena masih banyak celahnya. Pengisian menutupi lubang-lubang kecil pada gambar dan membuatnya lebih halus. Operasi morfologi digunakan dalam proses denoising dan pengisian lubang.

2.1 Perancangan Sistem

Adapun sistem yang diusulkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



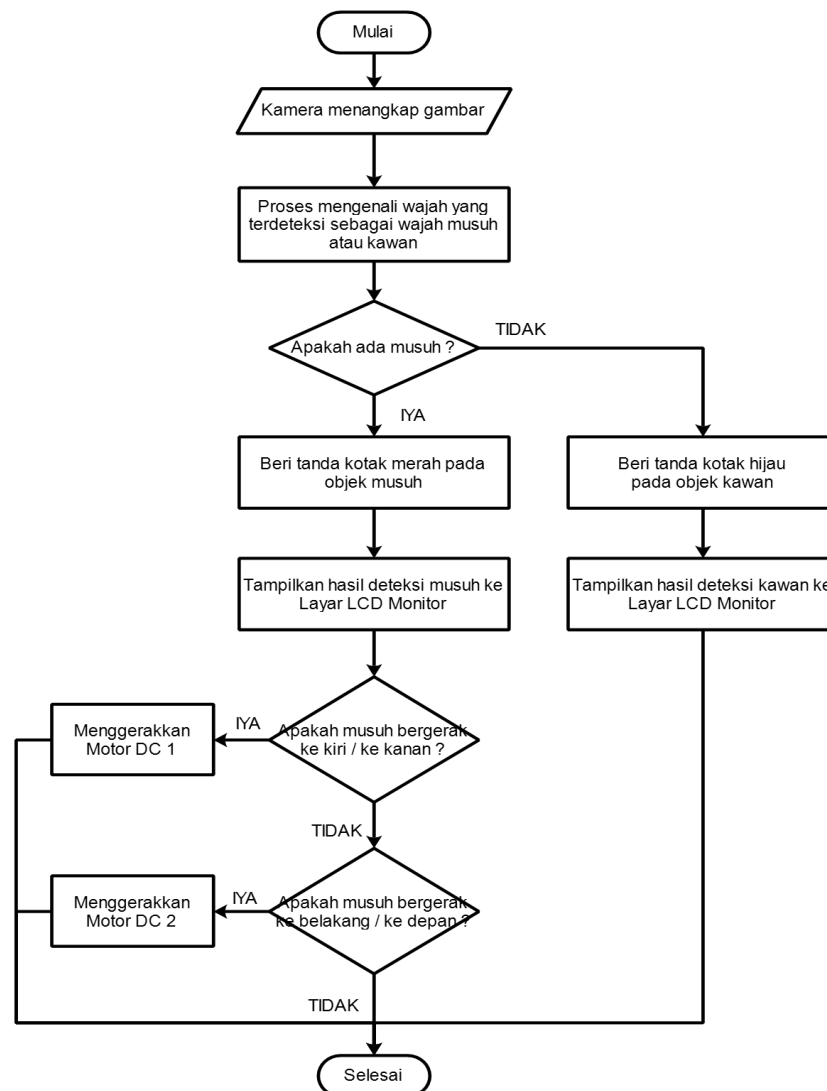
Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 3, Robot penjaga yang diusulkan peneliti yang didukung dengan pelacakan musuh menggunakan teknik background subtraction terdiri atas beberapa komponen yakni Motor DC, Driver Motor, Kamera Logitech C920, Baterai Lipo 12 Volt 2200 mAh, Step down, Step Up, Raspberry Pi 4B+[15], Video Sender dan Receiver, LCD Monitor, Aki 12 V 9Ah. Adapun fungsi dari tiap komponen tersebut adalah sebagai berikut:

- Webcam Logitech C920 dipergunakan untuk menangkap gambar dan hasil tangkapan gambar dipergunakan sebagai masukan Raspberry Pi 4B+.
- Raspberry Pi 4B+ dipergunakan untuk mengelola hasil tangkapan gambar dan akan dilakukan proses pengenalan musuh menggunakan pengolahan citra.
- Video Sender dan Receiver dipergunakan untuk media pengiriman video berbasis komunikasi radio dengan frekuensi 2.4 GHz.
- Step down dipergunakan untuk menurunkan tegangan dari 12 volt ke 5 volt sebagai masukan daya ke Raspberry Pi 4B+.
- Baterai lipo 2200 mAh 12 volt sebagai catu daya sistem.
- Baterai Aki 12 V 9 Ah dipergunakan sebagai catu daya ke LCD Monitor.
- Step up dipergunakan untuk mengubah tegangan 12 V ke 19.5 V sebagai masukan ke LCD Monitor.
- Driver Motor dipergunakan sebagai pengendali motor DC.
- Motor DC dipergunakan sebagai penggerak untuk melakukan pergerakan horizontal dan vertikal.

2.2 Cara Kerja Sistem

Cara kerja dari sistem ini adalah webcam Logitech c920 menangkap gambar di area pos penjagaan. Hasil tangkapan area sekitar pos penjagaan akan dikelola oleh Raspberry Pi 4B+. Raspberry Pi 4B+ selanjutnya akan melakukan proses pengenalan musuh menggunakan pengolahan citra yakni *background subtraction*. Kategori musuh adalah orang yang menggunakan baju selain berwarna loreng TNI sedangkan kategori kawan adalah orang yang menggunakan baju Loreng TNI. Jika terdapat musuh terdeteksi maka Raspberry Pi 4B+ akan mengirimkan data perintah untuk menggerakkan Motor DC1 atau DC 2. Kedua motor tersebut akan mengikuti sesuai gerakan musuh berada. Proses ini merupakan proses pelacak objek musuh yang pergerakan motornya mampu untuk bergerak secara horizontal dan bergerak secara vertikal. Personel yang berada di Pos penjagaan akan dapat melihat kondisi area sekitar pos melalui layer LCD. Sistem yang diusulkan terintegrasi dengan perangkat Video Sender dan Receiver sehingga mampu mengirimkan data tangkapan gambar secara jarak jauh serta mampu menampilkan posisi dari musuh yang bergerak. Data video yang diterima oleh video receiver yang selanjutnya akan ditampilkan hasil pengenalan musuh tersebut ke Layar LCD Monitor. Alur dari cara kerja sistem ini ditunjukkan pada *flowchart* di Gambar 4.



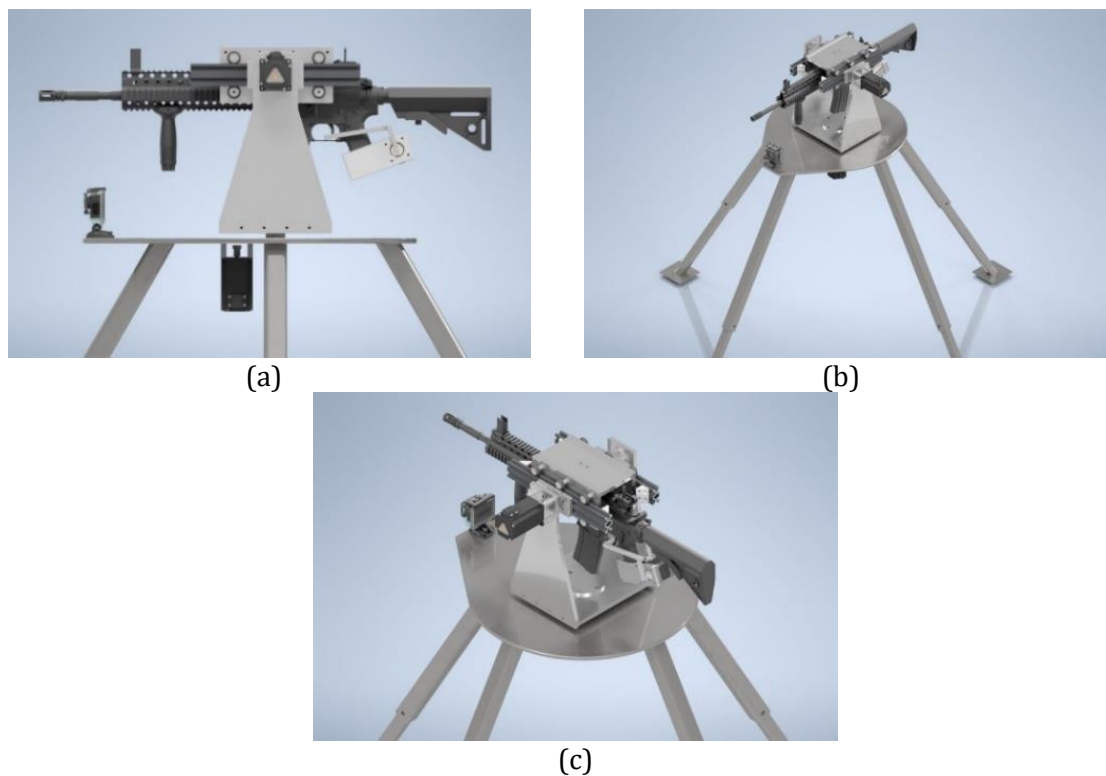
Gambar 4. Flowchart cara kerja sistem

Sedangkan gambar hasil dari proses pengenalan objek musuh dan objek kawan dari sistem yang mengenali objek yang ditampilkan pada layar monitor ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengenalan musuh atau kawan
(a) pengenalan objek musuh (b) pengenalan objek kawan

Sedangkan desain senjata penjaga yang akan diusulkan peneliti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain robot penjaga
(a) Tampak Samping (b) Tampak Atas (c) Tampak Belakang

3. Hasil Pengujian dan Pembahasan

Sistem yang diusulkan telah berhasil dibuat dan diimplementasikan serta dilakukan beberapa pengujian yang meliputi: pengujian kinerja Pelacakkan, pengujian pergerakan motor, pengujian delay pergerakan motor, pengujian jangkauan pengenalan objek musuh, dan pengujian perubahan intensitas cahaya

a. Pengujian Kinerja Deteksi

Pada tahap ini, dilakukan pengaturan jarak kamera terhadap objek musuh atau objek kawan yakni 5 meter. Objek musuh dan objek kawan diatur untuk bergerak ke kanan, ke kiri, maju dan mundur. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran intensitas cahaya dan terukur sebesar 176 Lux. Setiap pergerakan objek musuh dan objek kawan dilakukan sebanyak 10x. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian kinerja alat.

No	Kondisi	Objek Tedeteksi	
		Kawan	Musuh
1	Pergerakan ke kiri	Terdeteksi	Terdeteksi
2	Pergerakan ke kanan	Terdeteksi	Terdeteksi
3	Pergerakan mundur	Terdeteksi	Terdeteksi
4	Pergerakan maju	Terdeteksi	Terdeteksi

Berdasarkan Tabel 1, sistem yang diusulkan telah mampu bekerja mendeteksi objek musuh dan objek kawan dengan jarak yang diatur pada 5 meter dengan sangat baik. Kondisi intensitas cahaya cukup baik membuat deteksi objek musuh dan objek kawan mampu menghasilkan kinerja sistem yang optimal.

b. Pengujian pergerakan motor

Pada pengujian ini, dilakukan pengaturan jarak kamera terhadap objek musuh atau objek kawan yakni 5 meter. Selanjutnya objek musuh dan objek kawan diatur untuk melakukan pergerakan ke kanan, ke kiri, maju dan mundur. Sistem akan melacak pergerakan objek musuh sesuai dengan pergerakannya namun sistem tidak akan melacak pergerakan jika objek tersebut dalam kategori kawan. Lalu pergerakan motor diamati apakah mampu untuk beroperasi sesuai dengan pergerakan objek tersebut. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran intensitas cahaya dan terukur sebesar 176 Lux. Setiap pergerakan objek musuh dan objek kawan dilakukan sebanyak 10x. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian pergerakan motor.

No	Kondisi Gerakan	Jenis	Pergerakan senjata
1	Pergerakan ke kiri	Musuh	Bergerak ke kiri
2	Pergerakan ke kanan	Musuh	Bergerak ke kanan
3	Pergerakan mundur	Musuh	Tidak bergerak
4	Pergerakan maju	Musuh	Tidak bergerak
5	Pergerakan ke kiri	Kawan	Tidak bergerak
6	Pergerakan ke kanan	Kawan	Tidak bergerak
7	Pergerakan mundur	Kawan	Tidak bergerak
8	Pergerakan maju	Kawan	Tidak bergerak

Berdasarkan Tabel 2, sistem pada senjata penjaga yang diusulkan telah mampu melacak dan mengikuti pergerakan dari objek musuh namun untuk objek kawan sistem tidak melakukan pergerakan. Kondisi intensitas cahaya cukup baik membuat pergerakan motor untuk melacak objek musuh mampu bekerja dengan optimal.

c. Pengujian delay pergerakan sistem

Pada pengujian ini, dilakukan pengaturan jarak kamera terhadap objek musuh atau objek kawan yakni 5 meter. Selanjutnya objek musuh diatur untuk melakukan pergerakan ke kanan dan ke kiri. Setiap pergerakannya dilakukan pengamatan delaynya. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran intensitas cahaya dan terukur sebesar 176 Lux. Setiap pergerakan objek musuh dilakukan sebanyak 10x. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

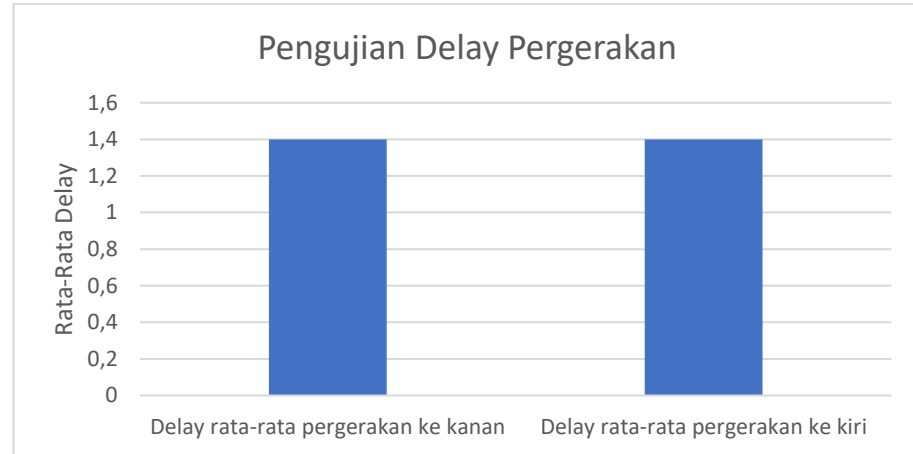
Tabel 3. Hasil pengujian delay pada pergerakan ke kanan.

Pengujian ke-	Kondisi	Delay Gerakan (detik)
1	Gerak ke kanan	1
2	Gerak ke kanan	2
3	Gerak ke kanan	2
4	Gerak ke kanan	1
5	Gerak ke kanan	1
6	Gerak ke kanan	2
7	Gerak ke kanan	1
8	Gerak ke kanan	2
9	Gerak ke kanan	1
10	Gerak ke kanan	1
Rata-Rata		1,4

Tabel 4. Hasil pengujian delay pada pergerakan ke kiri.

Pengujian ke-	Kondisi	Delay Gerakan (detik)
1	Gerak ke kiri	1
2	Gerak ke kiri	1
3	Gerak ke kiri	2
4	Gerak ke kiri	1
5	Gerak ke kiri	1
6	Gerak ke kiri	2
7	Gerak ke kiri	2
8	Gerak ke kiri	1
9	Gerak ke kiri	1
10	Gerak ke kiri	2
Rata-Rata		1,4

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, pada pengujian delay pergerakan kiri dan kanan sama-sama menghasilkan delay sebesar 1,4 detik. Kondisi intensitas cahaya cukup baik dan terukur sebesar 176 Lux membuat pengujian delay pergerakan motor untuk melacak objek musuh baik bergerak ke kanan maupun bergerak ke kiri telah mampu bekerja dengan optimal. Ringkasan pada pengujian delay pergerakan ini ditampilkan pada Grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian delay pergerakan

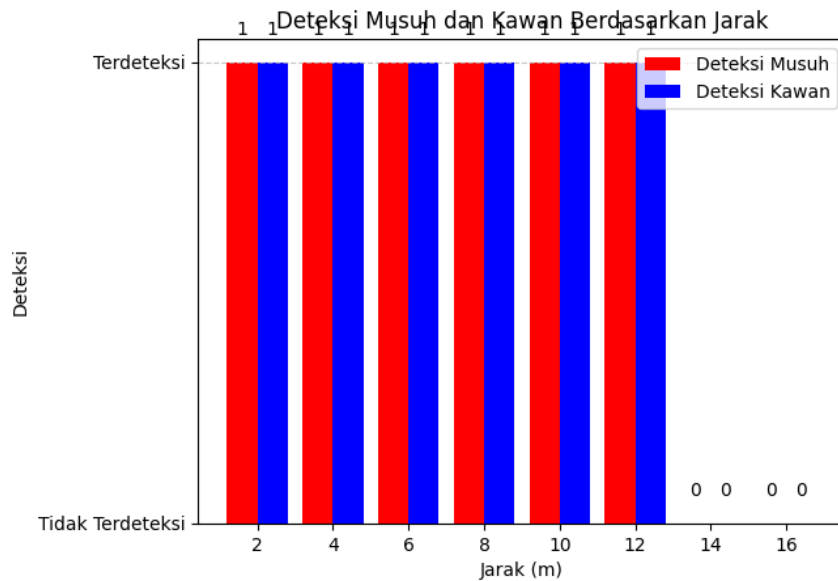
d. Pengujian Jarak Jangkauan Deteksi

Pada pengujian ini, menggunakan kamera jenis webcam dengan merk Logitech C920 dengan resolusi 1920x1080 piksel. Objek musuh dan objek kawan akan diatur jaraknya dari 2 meter hingga 16 meter. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran intensitas cahaya dan terukur sebesar 176 Lux. Setiap perubahan jarak kamera terhadap objek musuh dan kawan dilakukan pengujian sebanyak 5x setiap jarak yang diuji. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian jarak jangkauan deteksi

No	Jarak (meter)	Deteksi Musuh	Deteksi Kawan
1	2	Terdeteksi	Terdeteksi
2	3	Terdeteksi	Terdeteksi
3	4	Terdeteksi	Terdeteksi
4	5	Terdeteksi	Terdeteksi
5	6	Terdeteksi	Terdeteksi
6	7	Terdeteksi	Terdeteksi
7	8	Terdeteksi	Terdeteksi
8	9	Terdeteksi	Terdeteksi
9	10	Terdeteksi	Terdeteksi
10	11	Terdeteksi	Terdeteksi
11	12	Terdeteksi	Terdeteksi
12	13	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
13	14	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
14	15	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
16	16	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

Berdasarkan Tabel 5, jarak mempengaruhi terhadap deteksi objek musuh ataupun objek kawan. Jarak efektif sistem untuk mendeteksi objek musuh dan objek kawan pada jarak 2 meter hingga 12 meter, Sedangkan pada jarak 14 hingga 16 meter sistem tidak mampu mengenali kedua objek tersebut. Ringkasan pada pengujian jarak jangkauan deteksi ini ditampilkan pada Grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian perubahan jarak

e. Pengujian Perbedaan Intensitas Cahaya

Pada pengujian dilakukan didalam ruangan dan diuji pada waktu 19.00 WIB hingga 23.59 WIB. Intesitas cahaya didalam ruangan diatur dengan cara mematikan/menyalakan lampu ruangan dimulai dari tidak ada lampu menyala, 2 lampu menyala, 4 lampu menyala, 6 lampu menyala hingga 8 lampu menyala. Setiap kondisi lampu diukur nilai intensitas cahaya menggunakan alat luxmeter. Perubahan intensitas cahaya diuji sebanyak 5x. Jarak antara kamera dengan objek musuh dan objek kawan diatur pada jarak 5 meter. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian perbedaan intensitas cahaya

No	Kondisi	Nilai Intensitas Cahaya (Lux)	Jenis	Keterangan
1	Semua Lampu Mati	0	Musuh	Pelacakkan Tidak Bekerja
2	2 Lampu Menyala	169	Musuh	Pelacakkan Bekerja
3	4 Lampu Menyala	271	Musuh	Pelacakkan Bekerja
4	6 Lampu Menyala	341	Musuh	Pelacakkan Bekerja
5	8 Lampu menyala	412	Musuh	Pelacakkan Bekerja
6	Semua Lampu Mati	0	Kawan	Pelacakkan Tidak Bekerja
7	2 Lampu Menyala	169	Kawan	Pelacakkan Bekerja
8	4 Lampu Menyala	271	Kawan	Pelacakkan Bekerja
9	6 Lampu Menyala	341	Kawan	Pelacakkan Bekerja
10	8 Lampu menyala	412	Kawan	Pelacakkan Bekerja

Berdasarkan Tabel 6, perubahan intensitas menghasilkan pengaruh pada deteksi objek musuh dan objek kawan. Pada pengukuran Lux tertinggi sebesar 412 dengan nyala lampu sebanyak 8 buah menghasilkan sistem pelacakkan yang dapat bekerja dengan dengan baik. Hasil pelacakkan terburuk pada saat nilai lux terukur sebesar 0 yakni pada kondisi gelap.

4. Conclusion

Senjata penjaga yang diusulkan telah berhasil dibuat dan berhasil menerapkan menerapkan teknik *background subtraction*. Sistem yang diusulkan telah mampu mendeteksi objek musuh dan objek kawan dan mengarahkan senjata mengikuti pergerakan objek musuh dengan hasil pengukuran delay rata-rata disetiap pergerakan yakni 1,4 detik. Jarak objek musuh dan objek kawan terhadap kamera memberikan pengaruh terhadap proses deteksi kedua objek tersebut. Pemanfaatan kamera Logitech c920 pada sistem mampu bekerja dengan optimal pada jarak 2 meter hingga 12 meter. Intensitas cahaya yang berubah dengan cara mengkondisikan ruangan pada kondisi gelap dan terang menghasilkan pengaruh terhadap kemampuan deteksi objek musuh dan objek kawan. Deteksi terburuk dihasilkan pada intensitas cahaya sebesar 0 Lux atau kondisi gelap.

References

- [1] A. Dwi and D. R. Cahyani, "Daftar Peringkat Militer Terkuat di Dunia 2023 , Indonesia Urutan Ke-13," <https://dunia.tempo.co/>, 2023. [Online]. Available: <https://dunia.tempo.co/read/1698473/daftar-peringkat-militer-terkuat-di-dunia-2023-indonesia-urutan-ke-13#:~:text=Indonesia berada di urutan ke,kekuatan militer dunia yang dipertimbangkan.> [Accessed: 10-Jan-2024].
- [2] E. F. Santika, "Ini Jumlah Korban Jiwa Akibat Kasus Kekerasan hingga Konflik Bersenjata di Papua Sepanjang 2022," *Databoks.Katadata.Co.Id*, 2023. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/02/ini-jumlah-korban-jiwa-akibat-kasus-kekerasan-hingga-konflik-bersenjata-di-papua-sepanjang-2022#:~:text=Urutan kedua ada di Puncak,korban jiwa mencapai 14 orang.> [Accessed: 10-Jan-2024].
- [3] N. Katingka, "KKB Serang Pos TNI di Papua Barat Daya , Satu Prajurit Gugur," <https://www.kompas.id/>, 2023. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/12/26/kkb-serang-markas-tni-di-papua-barat-daya-satu-prajurit-gugur.> [Accessed: 10-Jan-2023].
- [4] I. Saptiadi, D. Minggu, and Y. Darmawan, "Rancang Bangun Sistem Kendali pada Robot Tempur Menggunakan Joystick Berbasis Arduino," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 6, no. 1, pp. 49–55, 2020.
- [5] M. Ridwan, F. A. Firmanto, and I. Setyabudi, "Rancang Bangun Engine Management System (EMS) pada Troopers Guard Robot 25 (TGR-25)," *J. Otoranpur*, vol. 2, pp. 1–8, 2021.
- [6] Y. Pratama, F. Utaminingrum, and W. Kurniawan, "Implementasi Background Subtraction Untuk Klasifikasi Keripik Kentang Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Metode Naive Bayes," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 3, no. 1, pp. 792–800, 2019.
- [7] D. Saptoadi, F. Fauziah, and N. Hayati, "Implementasi Metode Background Subtraction dan Morfologi untuk Mendeteksi Objek Bergerak Pada Video," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 5, no. 2, p. 222, 2020.
- [8] G. Reitberger and T. Sauer, "Background Subtraction using Adaptive Singular Value Decomposition," *J. Math. Imaging Vis.*, vol. 62, no. 8, pp. 1159–1172, 2020.
- [9] T. Yu, J. Yang, and W. Lu, "Combining background subtraction and convolutional neural network for anomaly detection in pumping-unit surveillance," *Algorithms*, vol. 12, no. 6, 2019.
- [10] F. H. Melvandino, A. Akram, W. Y. Bragaswara, and O. Heriyani, "Implementasi Metode Background Subtraction Untuk Menghitung Objek Kendaraan dengan Video Berbasis OpenCV," *J. Akta Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 13–19, 2023.
- [11] T. N. Tanaya and I. G. N. A. C. Putra, "Comparative Analysis of Background Subtraction

- , Haar Cascade and SSD Methods in Detecting Cars,” *JNATIA*, vol. 1, no. 1, pp. 441–450, 2022.
- [12] G. J. N. Putri, “Metode Background Substraction Untuk Monitoring Obyek Bergerak Melalui Kamera Webcam,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 110–116, 2019.
- [13] P. Apriani, I. Ruslianto, and U. Ristian, “Aplikasi Deteksi Objek Bergerak Berbasis Citra Dengan Metode Background Subtraction Dan Blob Detection (Studi Kasus: Mami Mart Kubu Raya),” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 08, no. 01, pp. 132–141, 2020.
- [14] S. Y. Chiu, C. C. Chiu, and S. S. D. Xu, “A background subtraction algorithm in complex environments based on category entropy analysis,” *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 6, 2019.
- [15] D. P. Pratama, G. Yulusianto, and I. Mahfudi, “Desain Ugv (Unmanned Ground Vehicle) Yang Didukung Dengan Fitur Pengenalan Musuh Berbasis Background Background Dan Deteksi Warna,” *J. Telkommil*, vol. 3, pp. 1–12, 2022.
- [16] K. M. Kaloh, V. C. Poekoel, and M. D. Putro, “Perbandingan Algoritma Background Subtraction dan Optical Flow Untuk Deteksi Manusia,” *J. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–9, 2018.