

Desain dan Implementasi Pengolahan Citra pada Sistem *Autonomous Sentry Gun* Menggunakan *CMUCam5* dan *Arduino Mega 2560*

Eki Ahmad Zaki Hamidi^{1*}, Firman Febrianto Asmoro², Mufid Ridlo Effendi³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung

^{1, 2, 3}Jln. AH. Nasution 105, Kota Bandung, 40299, Indonesia

E-mail: ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id¹, firmandragster@gmail.com², mufid.ridlo@uisgd.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 17 Mei 2024

Direvisi: 17 Juni 2024

Diterima: 10 Juli 2024

Abstrak

Keamanan menjadi prioritas utama di berbagai sektor, termasuk militer, industri, dan rumah tangga. Sistem keamanan konvensional sering membutuhkan pengawasan manusia terus-menerus, yang dapat mengurangi efektivitas dan responsivitas. Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah tersebut dengan merancang dan mengimplementasikan sistem *Autonomous Sentry Gun* menggunakan modul *CMUCam5* dan mikrokontroler *Arduino Mega 2560*. Sistem ini mendeteksi dan melacak target secara otomatis, memanfaatkan kemampuan *vision tracking* dari *CMUCam5* untuk mengidentifikasi objek berdasarkan warna dan bentuk. *Arduino Mega 2560* digunakan sebagai unit pemrosesan utama yang mengontrol gerakan motor dan mekanisme penembakan berdasarkan data dari modul kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengikuti target dengan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi pencahayaan. Warna kuning dengan kode RGB 255, 255, 0 memiliki jarak *tracking* terjauh 450 cm, sedangkan warna ungu dengan kode RGB 128, 0, 128 memiliki jarak *tracking* terjauh 250 cm. Implementasi ini diharapkan dapat diaplikasikan di berbagai bidang yang memerlukan sistem keamanan otomatis.

Keywords:

autonomous sentry gun;

CMU Cam5;

microcontroller;

Arduino Mega 2560.

Abstract

Security is a top priority in various sectors, including military, industrial, and household security. Conventional security systems often require continuous human surveillance, reducing effectiveness and responsiveness. This research aims to address these issues by designing and implementing an *Autonomous Sentry Gun* system using the *CMUCam5* module and *Arduino Mega 2560* microcontroller. The system detects and tracks targets automatically, utilizing *CMUCam5*'s *vision tracking* capabilities to identify objects based on color and shape. The *Arduino Mega 2560* serves as the main processing unit, controlling motor movements and firing mechanisms based on data from the camera module. Test results show that the system can detect and follow targets with high accuracy under various lighting conditions. The color yellow with RGB code 255, 255, 0 has the longest tracking distance of 450 cm, while the color purple with RGB code 128, 0, 128 has the shortest tracking distance of 250 cm. This implementation is expected to be applicable in various fields requiring automated security systems.

*Penulis korespondensi:

Eki Ahmad Zaki Hamidi

E-mail: ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id

1. Pendahuluan

Saat ini, pengembangan teknologi *Auto Tracking* dan *Image Processing* telah meluas. Salah satu area yang memanfaatkan teknologi *Autonomous Tracking* adalah bidang militer. Militer menggunakan teknologi *Autonomous Tracking* dalam sistem persenjataannya. Penggunaan teknologi *Autonomous Tracking* dapat diimplementasikan pada mesin persenjataan untuk meningkatkan akurasi dibandingkan dengan personel militer manusia[1]. Tujuannya adalah agar mesin ini dapat mengurangi keterlibatan manusia dalam situasi penembakan, dengan harapan dapat mengurangi korban yang disebabkan oleh kesalahan manusia [2][3].

Beberapa penelitian tentang *Autonomous Sentry Gun* antara lain [6] tentang *Portable Sentry Gun* yaitu dengan menerapkan teknologi defensif dan otomatisasi. Serta mempresentasikan desain dan pengembangan senjata penjaga portabel. Salah satu komponen kunci dari sistem ini adalah deteksi gerakan[4][5]. Sebuah sistem deteksi gerakan yang efisien telah dikembangkan menggunakan mikrokontroler tertanam dan kode program. Sistem yang diusulkan ini juga dapat diatur ke mode operasi otonom, di mana sistem dapat melacak dan menyerang target serta menghancurkannya tanpa campur tangan manusia [6].

Penelitian, membahas tentang pengembangan dan perancangan robot penjaga semi otonom menggunakan pengontrol arduino. Robot ini dinamakan *Sentry Gun*, karena terdiri dari *Gun* yang dipasang pada dudukan dan operator juga dapat mengoperasikannya dari lokasi yang aman. *Sentry Gun* didasarkan pada penelitian terbaru, ia menggunakan kamera resolusi tinggi untuk memindai area target dan pergerakan dapat dideteksi dengan menggunakan perangkat lunak yaitu pemrosesan.org.[7].

Penelitian lainnya [4], tentang perancangan dan pembuatan *sentry gun* yang mampu melacak dan menembak sasaran bergerak secara akurat dan cepat dengan mengeksplorasi kinerja *turret* yang dibuat menggunakan kombinasi pencetakan 3D, pemotongan laser, dan pembuatan bengkel logam. Subjek dipilih untuk mencakup berbagai aspek bidang teknik yang berkaitan dengan mekatronik, dan untuk tantangan dalam menerapkan dan merancang berbagai sistem yang saling berhubungan agar dapat terlibat secara efektif dengan suatu target[4][8]. *Turret* dibuat sebagai robot dua sumbu yang digerakkan oleh motor stepper, dengan *sentry gun* yang digerakkan oleh udara terkompresi yang menembakkan pelet airsoft plastik 6 mm menggunakan mekanisme pengaturan waktu untuk penembakan otomatis yang cepat. Itu dikendalikan oleh sistem yang dipisahkan menjadi dua bagian: PC yang menjalankan perangkat lunak pengenalan wajah dan identifikasi warna serta melakukan perhitungan gerakan melalui *python* dan komputer mikro *Arduino* yang menjalankan *C++* yang mengendalikan motor stepper dan perangkat keras lainnya[9][10]. *Turret* dapat secara akurat mengidentifikasi target dalam jarak lima meter dan dengan kecepatan tinggi masuk ke dalam dan menembak target dengan kekuatan yang signifikan[11].

Dalam penelitian ini yaitu merancang *Autonomous Sentry Gun* menggunakan Modul *CMUCam5* dan Mikrokontroler *Arduino Mega 2560* didasarkan pada

kebutuhan akan sistem yang dapat secara otomatis mendeteksi, melacak, dan menembak target dengan akurasi tinggi[6][7]. Kombinasi antara Modul *CMUCam5*, yang memiliki kemampuan pengolahan citra yang canggih untuk deteksi target, dan Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*, yang dapat mengoordinasikan gerakan dan tindakan, memberikan solusi yang handal dan efisien[12][1]. *CMUCam5* menawarkan kemampuan untuk mengenali pola dan objek dalam citra dengan cepat dan akurat, termasuk dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi[12]. Dengan menggunakan modul ini, sistem dapat dengan cepat mengidentifikasi target potensial dalam lingkungan yang dinamis[8].

Mikrokontroler *Arduino Mega 2560* memberikan kontrol dan koordinasi yang diperlukan untuk menjalankan operasi penelusuran dan penembakan[13][14]. Dengan kapabilitasnya yang dapat diprogram, *Arduino Mega 2560* dapat menerjemahkan data dari *CMUCam5* menjadi pergerakan servo yang presisi untuk mengikuti dan menargetkan objek yang terdeteksi[15].

Gabungan dari kedua komponen ini memungkinkan pembuatan sistem yang dapat diandalkan dan responsif dalam menanggapi situasi yang berubah dengan cepat, memberikan solusi keamanan yang efektif dalam konteks yang membutuhkan respons instan terhadap ancaman potensial.

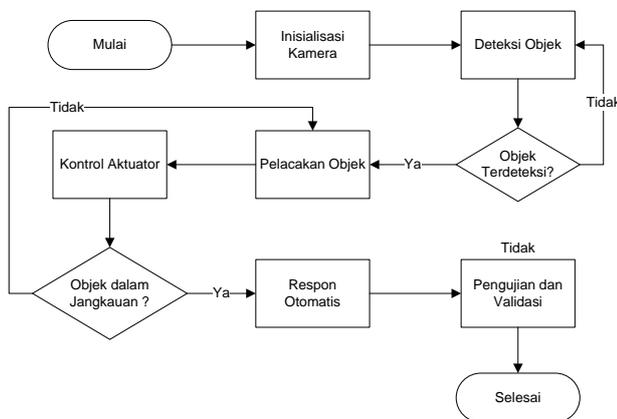
2. Metode

Pada penelitian ini, metode yang digunakan pada modul *CMUCam5* melibatkan beberapa tahapan dan teknik untuk mencapai deteksi, pelacakan, dan respons otomatis dari sistem *Autonomous Sentry Gun*. Berikut adalah tahapan dan metode yang dilakukan:

- 1) **Konfigurasi awal *CMUCam5***; Inisialisasi Kamera: Mengatur dan menginisialisasi modul *CMUCam5* untuk berfungsi dengan mikrokontroler *Arduino Mega 2560*. Ini termasuk pengaturan parameter seperti resolusi gambar, kecepatan *frame*, dan mode operasi.
- 2) **Deteksi Obyek**; Menggunakan algoritma pengolahan citra untuk mendeteksi objek berdasarkan karakteristik visual seperti warna dan gerakan. *CMUCam5* memiliki kemampuan deteksi warna yang memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi objek berdasarkan parameter warna yang telah ditentukan.
- 3) **Pelacakan Obyek**; Mengaktifkan mode pelacakan pada *CMUCam5* untuk mengikuti pergerakan objek yang telah terdeteksi. Modul ini mampu menghitung posisi (koordinat X dan Y) dari objek yang bergerak dalam bidang pandang kamera.
- 4) **Integrasi dengan Mikrokontroler *Arduino Mega 2560***
 - a) **Komunikasi Serial**: Mengatur komunikasi serial antara *CMUCam5* dan *Arduino Mega 2560* untuk mengirim data posisi dan status objek. *Arduino* menerima data ini dan menginterpretasikannya untuk mengontrol aktuator.

- b) **Kontrol Aktuator:** Mengimplementasikan logika kontrol pada Arduino untuk menggerakkan motor servo berdasarkan data posisi dari *CMUCam5*. Ini memungkinkan sistem untuk mengarahkan senjata secara otomatis mengikuti objek
- 5) **Respon Otomatis;** Menentukan tindakan yang harus diambil saat objek terdeteksi, seperti mengeluarkan peringatan suara, menyalakan lampu peringatan, atau mengaktifkan mekanisme penembakan.
- 6) **Pengujian dan Validasi;** Melakukan serangkaian uji coba untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan desain. Ini mencakup pengujian deteksi, pelacakan, dan respons dalam berbagai kondisi cahaya dan lingkungan.

Dengan metode tersebut, modul *CMUCam5* dalam penelitian ini diintegrasikan dengan mikrokontroler *Arduino Mega 2560* untuk menciptakan sistem *Autonomous Sentry Gun* yang efektif dan efisien dalam mendeteksi, melacak, dan merespons ancaman secara otomatis, seperti pada gambar 1 dibawah ini:

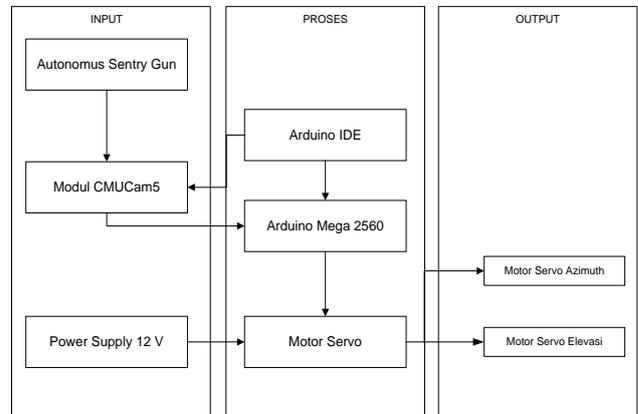


Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Gambar 1 merupakan alur metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, mulai dari inisialisasi kamera hingga pengujian dan validasi sistem. Dalam penggunaannya, *CMUCam5* bertanggung jawab untuk mendeteksi dan menganalisis objek/target melalui pemrosesan citra, sedangkan *Arduino Mega 2560* mengatur gerakan dan tindakan yang diperlukan berdasarkan informasi yang diperoleh dari *CMUCam5*. *CMUCam5* digunakan untuk mengambil gambar dari lingkungan sekitar dan mengidentifikasi objek/target yang diinginkan. Ini dilakukan melalui proses pemrosesan citra yang kompleks untuk mengidentifikasi pola dan fitur yang khas dari objek/target yang ditentukan. Selanjutnya, informasi yang diperoleh dari *CMUCam5*, seperti koordinat dan karakteristik target, dikirim ke Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*.

Arduino Mega 2560 kemudian menginterpretasikan informasi ini dan menggerakkan servo motor untuk mengarahkan senjata atau sistem penembakan ke target yang terdeteksi.

Pendekatan ini menggabungkan kemampuan khusus dari kedua perangkat keras tersebut, dengan *CMUCam5* fokus pada deteksi dan identifikasi target melalui citra, sementara *Arduino Mega 2560* bertanggung jawab untuk mengkoordinasikan gerakan dan tindakan berdasarkan informasi yang diberikan. Integrasi antara keduanya memungkinkan pembuatan sistem yang efektif dan responsif untuk tujuan penjagaan otomatis, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Kerja Sistem

Gambar 2 merupakan diagram blok hubungan antara komponen-komponen utama dalam desain dan implementasi *Autonomous Sentry Gun* menggunakan Modul *CMUCam5* dan Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*, beberapa fungsi dari masing-masing komponen saling terhubung yaitu,

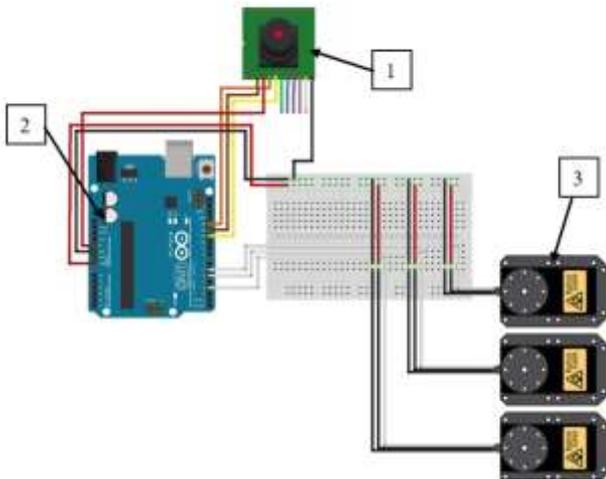
- 1) **Autonomous Sentry Gun:** Merupakan bagian utama dari sistem, bertanggung jawab atas operasi keseluruhan.
- 2) **Modul CMUCam5:** Digunakan untuk mengambil gambar dari lingkungan sekitar dan melakukan pemrosesan citra untuk mendeteksi target.
- 3) **Mikrokontroler Arduino Mega 2560:** Menerima informasi dari Modul *CMUCam5* dan mengontrol pergerakan senjata atau sistem penembakan.
- 4) **Servo Motor:** Digunakan untuk mengarahkan senjata atau sistem penembakan ke target yang terdeteksi berdasarkan informasi yang diterima dari *Arduino Mega 2560*.

3. Hasil dan Pembahasan

Secara umum, prinsip kerja alat ini adalah melacak dan mengikuti objek yang terdeteksi oleh kamera berdasarkan warna objek. Alat ini menggunakan kamera *Pixy CMUCam5* sebagai sensor gambar, yang merupakan generasi ke-5 dari *CMUCam* dengan prosesor yang sangat kuat. *CMUCam5* dilengkapi dengan prosesor *NXP LPC4330, dual core 204 MHz*, dan sensor gambar *Omnivision OV9715, 1/4", 1280x800*. Sensor ini dapat diprogram untuk mengirimkan data gambar, mengurangi beban pemrosesan gambar pada mikrokontroler utama. Dengan demikian, alat dapat mengidentifikasi objek berdasarkan warna secara efisien dan mengikuti pergerakannya tanpa beban berlebih pada mikrokontroler.

3.1 Desain *Autonomous Sentry Gun*

Dalam desain *autonomous sentry gun*, didesain secara skematik seperti pada gambar 2.

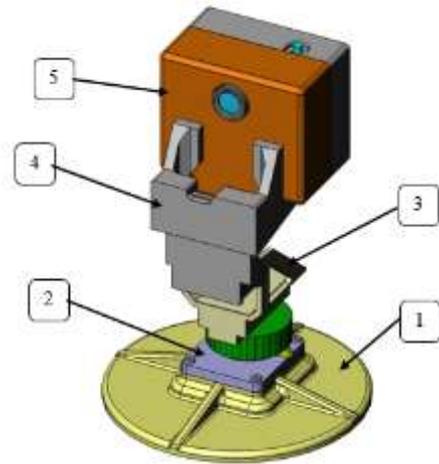


Gambar 3. Skematik Sistem *Sentry Gun*

Gambar 3. menunjukkan skema Sistem *Sentry Gun* yang terdiri dari:

- 1) Kamera *Pixy* menggunakan komunikasi *In Circuit Serial Programming (ICSP)* dengan *Arduino*. ICSP merupakan rangkaian PIN yang meliputi MISO, MOSI, SCK, RESET, VCC, dan GND yang diperlukan untuk input/output kamera *Pixy CMUCam5*. PIN ICSP sering disebut sebagai PIN *Serial Peripheral Interface (SPI)* yang merupakan PIN tambahan untuk input/output pada *Bus Master Arduino*.
- 2) Motor Servo digunakan untuk menggerakkan sumbu x (*horizontal*) dan sumbu y (*vertikal*) menerima pulsa digital sebagai perintah dari *Arduino* untuk mempertahankan *Sentry Gun* agar dapat melacak objek yang ditentukan sebelumnya. Motor Servo membutuhkan tegangan 5 Volt dari sumber eksternal untuk memastikan kinerjanya stabil dan presisi.
- 3) Mikrokontroler *Arduino Atmega 2560* berperan sebagai penerima input dari kamera *Pixy*, kemudian input tersebut diolah menjadi perintah untuk mengendalikan motor servo.

Kerangka model *Sentry Gun* terdiri dari beberapa komponen, termasuk *Base Assembly*, *Traverse Base Plate*, *Traverse Vertical Plate*, dan *Elevation Pivot*. Dua motor digunakan untuk mengontrol gerakan elevasi dan *horizontal*. Motor terhubung dengan gigi sehingga gerakannya menjadi lebih akurat dan ringan. Bahan yang digunakan untuk membuat kerangka secara keseluruhan adalah Plastik *Filament PLA*, dan pencetakan dilakukan menggunakan printer 3D *Prusa I3*, seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Model *Sentry Gun*

Model *Sentry Gun* terdiri dari lima bagian utama:

- 1) *Base Plate Assy* berfungsi sebagai dasar *Sentry Gun* dan menyediakan stator untuk pergerakan gigi dan roda gigi yang terhubung dengan motor sumbu *horizontal*. Selain itu, bagian ini juga berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan motor.
- 2) *Traverse Base Assy* diputar oleh motor sumbu horizontal dan juga digunakan sebagai tempat untuk menempatkan motor servo *horizontal*.
- 3) *Traverse Vertical Plate* berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan motor elevasi dan sebagai tempat untuk *Elevation Pivot*. Dua pasang bantalan digunakan untuk mengurangi beban kerja motor saat *Sentry Gun* melakukan elevasi.
- 4) *Elevation Pivot* merupakan tempat untuk meletakkan laser untuk melacak objek. *Elevation Pivot* dapat bergerak dalam dua sumbu, yaitu *horizontal* dan *vertikal*, sesuai dengan gerakan motor pan dan tilt yang menerima input dari mikrokontroler dan kamera.
- 5) *Holder Kamera* adalah tempat untuk meletakkan kamera sehingga kamera dapat melacak target secara *horizontal* dan *vertikal*.

3.2 Implementasi *Autonomous Sentry Gun*

Implementasi *Autonomous Sentry Gun* secara keseluruhan mengadopsi konsep gerakan Motor Servo 2 *Degree Of Freedom (DOF)* karena mencakup gerakan pada dua sumbu, yakni sumbu x (*azimuth*) dan sumbu y (elevasi). Motor Servo yang dipakai adalah MG90S dengan *gearbox* logam untuk memastikan gerakannya lebih presisi.

Gambar 5. menampilkan perancangan sistem yang telah terintegrasi sepenuhnya, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, dan rangka. Meskipun Model *Sentry Gun* memiliki dimensi yang lebih kecil dari prototipenya, namun memiliki fungsi yang hampir sama. Kamera *Pixy CMUCam5* menggunakan metode Filter RGB untuk mendeteksi warna, yang dikenal sebagai *color code*. *Color code* adalah program khusus yang digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi suatu objek, serta memberikan informasi yang akurat tentang sudut dan ukuran objek.



Gambar 5. Tampilan Model *Sentry Gun*

Pengolahan *Color Code* menggunakan metode Filter RGB ini dilakukan oleh *Software PixyMon* dengan menggunakan prosesor bawaan kamera *Pixy*, yaitu NXP, sehingga tidak memberatkan Mikrokontroler dalam proses Pengolahan Citra. *Firmware* yang tertanam dalam perangkat lunak *PixyMon* memungkinkan Mikrokontroler untuk berkomunikasi dengan kamera untuk menggerakkan aktuator melalui komunikasi serial UART, SPI, I2C, USB, atau *output* digital/analog. Hal ini memungkinkan Mikrokontroler untuk berkomunikasi dengan *Pixy* dengan mudah melalui Serial Monitor dan masih memiliki banyak sumber daya CPU yang tersedia untuk tugas lainnya.

3.3 Pengujian Sistem *Autonomous Sentry Gun*

Metode pengujian dengan RGB dipilih berdasarkan keandalannya dalam mendeteksi dan melacak objek berdasarkan warna, kesederhanaan implementasi, dan dukungan luas dari perangkat keras seperti *CMUCam5*. Dengan menggunakan ruang warna RGB, sistem dapat beroperasi secara real-time, memberikan hasil yang akurat, dan dapat dengan mudah disesuaikan untuk berbagai kondisi lingkungan.

Pengujian sistem *Autonomous Sentry Gun* mencakup evaluasi kinerja kamera *Pixy CMUCam5* dalam menangkap objek serta kinerja Motor Servo. Pengujian kamera dan Motor Servo melibatkan proses pelacakan objek, pelacakan warna RGB, serta pelacakan objek RGB dengan kontras minimal.

3.3.1. *Tracking* Objek Berwarna Merah

Pengujian pelacakan kamera terhadap warna merah dengan kode warna RGB 255, 0, 0, dan ukuran keliling objek sebesar 54 cm².

Tabel 1. *Tracking* Objek Merah

No	Warna	Kode Warna RGB	Kode Warna Hex	Luas Benda Cm ²	Jarak Cm	Hasil
1	Merah	255,0,0	#FF0000	54	10	OK
2	Merah	255,0,0	#FF0000	54	60	OK
3	Merah	255,0,0	#FF0000	54	120	OK
4	Merah	255,0,0	#FF0000	54	223	OK
5	Merah	255,00	#FF0000	54	240	Gagal

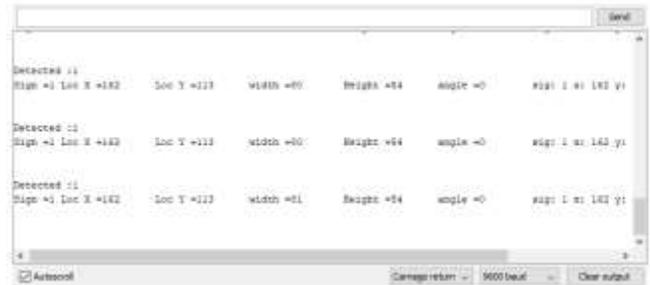
Jarak terdekat yang diuji adalah 10 cm, sedangkan jarak terjauhnya adalah 223 cm, diukur dari lensa kamera ke objek. Dalam percobaan, satu kali kegagalan terjadi saat jarak kurang dari 10 cm atau lebih dari 223 cm.

Gambar 6. adalah grafik hasil pengujian pelacakan terhadap warna merah. Sumbu x menunjukkan jumlah pengujian, sedangkan sumbu y menunjukkan rentang jarak yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jarak maksimum yang dapat dilacak adalah 223 cm, sedangkan jarak minimumnya adalah kurang dari 10 cm.

Gambar 7 menampilkan tampilan Serial Monitor Arduino yang menunjukkan hasil output dari kamera melalui perangkat lunak *PixyMon*. Serial Monitor menampilkan koordinat piksel sumbu x dan y bersama dengan lebar dan tinggi objek. Koordinat piksel x dan y kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui sebuah program berdasarkan data yang ditampilkan di Serial Monitor.



Gambar 6. Pengujian Warna Merah



Gambar 7. Serial Monitor Arduino

3.3.2. *Tracking* Objek Berwarna Hijau

Pengujian dilakukan untuk melacak warna hijau muda dengan kode warna RGB 200, 250, 200, dan ukuran keliling objek sebesar 42 cm².

Tabel 2. *Tracking* Objek Hijau

No	Warna	Kode Warna RGB	Kode Warna Hex	Luas Benda Cm ²	Jarak Cm	Hasil
1	Hijau	200,250,200	#C8FAC8	42	10	OK
2	Hijau	200,250,200	#C8FAC8	42	60	OK
3	Hijau	200,250,200	#C8FAC8	42	205	OK
4	Hijau	200,250,200	#C8FAC8	42	210	Gagal
5	Hijau	200,250,200	#C8FAC8	42	220	Gagal

Jarak terdekat yang diuji untuk pelacakan objek berwarna hijau muda dengan kode RGB 200, 250, 200 dan luas objek 42 cm² adalah 10 cm, sementara jarak terjauhnya adalah 205 cm, diukur dari lensa kamera ke objek. Dari beberapa kali percobaan, terjadi tiga kali kegagalan pada jarak kurang dari 10 cm, 210 cm, dan 220 cm.

Gambar 8 menampilkan grafik hasil pengujian pelacakan warna hijau. Sumbu x menunjukkan jumlah pengujian, sementara sumbu y menunjukkan rentang jarak yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jarak maksimum yang dapat dilacak adalah 205 cm, sedangkan jarak minimumnya adalah kurang dari 10 cm.



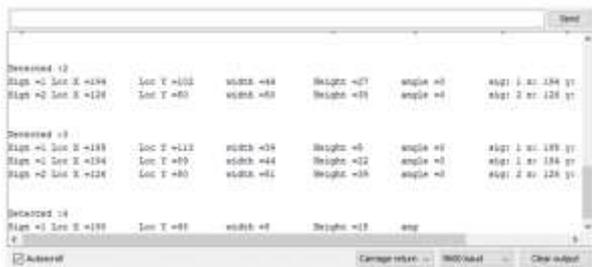
Gambar 8. Pengujian Warna Hijau

Jarak terdekat yang diuji untuk pelacakan objek berwarna biru dengan kode RGB 80, 90, 200 adalah 10 cm, sementara jarak maksimumnya adalah 197 cm, diukur dari lensa kamera ke objek. Dari beberapa kali percobaan, terdapat tiga kali kegagalan pada jarak kurang dari 10 cm, 210 cm, dan 220 cm.

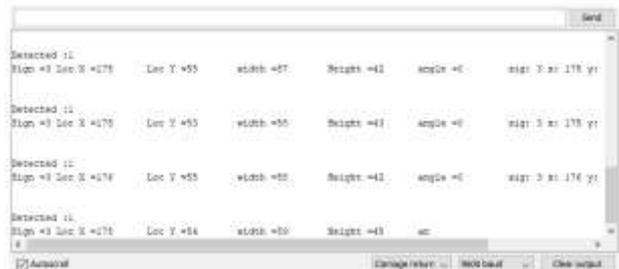
Gambar 10. adalah grafik hasil pengujian pelacakan warna biru. Sumbu x menunjukkan jumlah pengujian, sementara sumbu y menunjukkan rentang jarak yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jarak maksimum yang dapat dilacak adalah 197 cm dan jarak minimumnya adalah kurang dari 10 cm.



Gambar 10. Pengujian Warna Biru



Gambar 9. Serial Monitor Arduino



Gambar 11. Serial Monitor Arduino

Gambar 9 menunjukkan layar Serial Monitor *Arduino* yang menampilkan hasil output dari kamera melalui perangkat lunak *PixyMon*. Layar Serial Monitor menampilkan koordinat piksel sumbu x dan y bersama dengan lebar dan tinggi objek. Koordinat piksel x dan y kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui sebuah program berdasarkan data yang ditampilkan di Serial Monitor.

3.3.3. Tracking Objek Berwarna Biru

Pengujian dilakukan untuk melacak warna biru dengan kode warna RGB 80, 90, 200, dan ukuran keliling objek sebesar 30 cm².

Tabel 3. Tracking Objek Biru

No	Warna	Kode Warna RGB	Kode Warna Hex	Luas Benda Cm ²	Jarak Cm	Hasil
1	Biru	80,90,200	#505AC8	30	10	OK
2	Biru	80,90,200	#505AC8	30	90	OK
3	Biru	80,90,200	#505AC8	30	197	OK
4	Biru	80,90,200	#505AC8	30	210	Gagal
5	Biru	80,90,200	#505AC8	30	220	Gagal

Gambar 11. menampilkan layar Serial Monitor *Arduino* yang menunjukkan hasil output dari kamera melalui aplikasi *PixyMon*. Layar Serial Monitor menampilkan koordinat piksel sumbu x dan y serta lebar dan tinggi objek. Koordinat piksel x dan y tersebut kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui program berdasarkan data yang ditampilkan di Serial Monitor.

3.3.4. Tracking Objek Berwarna Kuning

Warna yang dijadikan target adalah kuning dengan nilai kode RGB 255, 255, 0 dan ukuran keliling objek sebesar 415 cm².

Tabel 4. Tracking Objek Kuning

No	Warna	Kode Warna RGB	Kode Warna Hex	Luas Benda Cm ²	Jarak Cm	Hasil
1	Kuning	255,255,0	#FFFF00	165	10	Gagal
2	Kuning	255,255,0	#FFFF00	165	100	OK
3	Kuning	255,255,0	#FFFF00	165	250	OK
4	Kuning	255,255,0	#FFFF00	165	430	OK
5	Kuning	255,255,0	#FFFF00	165	450	Gagal

Dalam pengujian pelacakan objek berwarna kuning, diperoleh jarak terdekat sebesar 10 cm, dan jarak terjauh sebesar 430 cm, diukur dari lensa kamera ke objek. Gambar 12 menampilkan grafik hasil pengujian pelacakan terhadap warna kuning. Sumbu x menunjukkan jumlah pengujian, sementara sumbu y menunjukkan rentang jarak yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jarak maksimum yang dapat dilacak adalah 430 cm, sedangkan jarak minimumnya adalah kurang dari 10 cm.



Gambar 12. Pengujian Warna Kuning



Gambar 13. Serial Monitor Arduino

Gambar 13. menunjukkan layer Serial Monitor menampilkan koordinat piksel sumbu x dan y serta lebar dan tinggi objek. Koordinat piksel x dan y tersebut kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui program berdasarkan data yang ditampilkan di Serial Monitor.

3.3.5. Tracking Objek Berwarna Ungu

Warna yang dijadikan target adalah ungu dengan nilai kode RGB 128, 0, 128 dan ukuran keliling objek sebesar 415 cm².

Tabel 5. Tracking Objek Ungu

No	Warna	Kode Warna RGB	Kode Warna Hex	Luas Benda Cm ²	Jarak Cm	Hasil
1	Ungu	128,0,128	#800080	165	10	Gagal
2	Ungu	128,0,128	#800080	165	100	OK
3	Ungu	128,0,128	#800080	165	200	OK
4	Ungu	128,0,128	#800080	165	400	Gagal
5	Ungu	128,0,128	#800080	165	450	Gagal

Dalam pengujian pelacakan objek berwarna ungu dengan kode RGB 128, 0, 128, diperoleh jarak terdekat sebesar 10 cm dan jarak terjauh sebesar 340 cm, diukur dari lensa kamera ke objek.



Gambar 14. Pengujian Warna Ungu



Gambar 15. Serial Monitor Arduino

Gambar 14 menampilkan grafik hasil pengujian pelacakan terhadap warna ungu. Sumbu x menunjukkan jumlah pengujian, sementara sumbu y menunjukkan rentang jarak yang diuji. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jarak maksimum yang dapat dilacak adalah 340 cm, sedangkan jarak minimumnya adalah kurang dari 10 cm. Gambar 15 menunjukkan layar Serial Monitor *Arduino* yang menampilkan hasil output dari kamera melalui perangkat lunak *PixyMon*. Serial Monitor menampilkan koordinat piksel sumbu x dan y serta lebar dan tinggi objek. Data koordinat piksel x dan y tersebut kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui sebuah program berdasarkan keluaran serial monitor tersebut.

3.4 Analisa dan Pembahasan Sistem *Autonomous Sentry Gun*

Dari pengujian pelacakan kamera, analisis menunjukkan bahwa kinerja pelacakan berhubungan langsung dengan ukuran target; semakin besar target, semakin jauh jarak pelacakan. Analisis juga menunjukkan bahwa warna target memengaruhi jarak pelacakan: semakin terang warna yang digunakan, semakin jauh jarak pelacakan, dan sebaliknya. Hal ini karena proses pengolahan citra akan lebih mudah mendeteksi citra, sehingga filter warna target menjadi lebih akurat, dan metode black masking lebih mudah dalam membedakan warna target yang terang.

Warna merah memiliki jarak pelacakan tertinggi, mencapai 223 cm. Hal ini disebabkan oleh dimensi besar target, dengan luas benda mencapai 54 cm², sehingga proses pengolahan citra menjadi lebih mudah untuk ditangkap dan diolah. Secara khusus, warna merah memiliki nilai RGB 255,0,0 dan nilai HSV 0° (*Hue*), 100% (*Saturation*), dan 100% (*Value*). Metode pengolahan citra RGB Filter dipengaruhi oleh nilai HSV warna tersebut,

yang mengakibatkan penurunan Threshold dan penyesuaian intensitas cahaya di sekitar objek. Hal ini membentuk metode pelacakan Black Mask sehingga setiap warna memiliki tingkat kepresisian pelacakan yang berbeda.

Proses pengolahan citra oleh perangkat lunak *PixyMon* dan kamera *Pixy CMUCam5* dalam pelacakan objek berdasarkan warna melibatkan penyesuaian *threshold* dan intensitas cahaya dari kamera. Misalnya, jika objek yang akan dilacak adalah warna merah, maka nilai *threshold* dan intensitas cahaya di sekitar objek akan sedikit diturunkan. Hal ini bertujuan agar warna merah menjadi lebih terlihat karena lingkungan sekitarnya akan direduksi. Sebagai contoh lain, jika tujuannya adalah melacak objek berwarna hitam, maka filter RGB yang digunakan akan berupa *greyscale*, dan nilai *threshold* serta intensitas cahaya akan dikurangi hingga batas minimum. Secara analogi, ini mirip dengan menambahkan topeng hitam pada proses pengolahan citra, sehingga objek berwarna gelap akan terlihat lebih putih dibandingkan dengan latar belakangnya.

Dengan menggunakan metode RGB yang ditingkatkan melalui proses enhancement citra, sistem deteksi dan pelacakan objek dapat berfungsi dengan lebih akurat dan andal. Penggunaan enhancement meningkatkan kontras, mengurangi noise, dan menajamkan warna, yang semuanya berkontribusi pada deteksi objek yang lebih efektif oleh modul *CMUCam5*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ini meningkatkan akurasi dan keandalan sistem, untuk aplikasi *Autonomous Sentry Gun*.

Serial Monitor Arduino menampilkan hasil output dari kamera melalui perangkat lunak *PixyMon*. Layar Serial Monitor menunjukkan koordinat piksel sumbu x dan y bersama dengan lebar dan tinggi objek. Koordinat piksel x dan y ini kemudian diubah menjadi gerakan Motor Servo melalui sebuah program berdasarkan data yang ditampilkan di Serial Monitor. Kamera memiliki resolusi 640 x 400 pixel dan memiliki kecepatan pemrosesan gambar sebesar 20 ms. Koordinat piksel x dan y ini merupakan hasil olahan blok yang kemudian digunakan oleh Arduino untuk menggerakkan Motor Servo menggunakan program yang telah dimasukkan ke dalam Arduino.

Pada pengujian pelacakan kamera yang terintegrasi dengan motor servo, hasil analisis menunjukkan bahwa pergerakan motor servo pada sumbu x dan sumbu y dipengaruhi oleh kinerja pengolahan citra gambar. Pengolahan citra menghasilkan output serial monitor berupa koordinat piksel x dan y dari target, yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan motor servo. Pengujian ini melibatkan variasi jarak, dan ditemukan bahwa kemampuan pengolahan citra dipengaruhi oleh kecerahan warna target; semakin terang warnanya, semakin mudah kamera menangkap citra. Selanjutnya, *PixyMon* akan mengolah citra dengan lebih akurat dan presisi menggunakan metode RGB Filter, serta metode *black masking* yang lebih mudah membedakan warna target yang terang. Warna dengan jarak pelacakan tertinggi adalah kuning, dengan jarak maksimum mencapai 450 cm. Hal ini disebabkan karena target warna kuning memenuhi unsur kecerahan yang tinggi. Warna kuning memiliki nilai kode RGB 255, 255, 0 dan kode HSV 60° (Hue), 100%

(Saturation), 100% (Value). Dan Warna dengan jarak *tracking* terendah yaitu ungu dengan jarak maksimum yaitu 340 cm. Hal tersebut dikarenakan objek target warna ungu memiliki karakteristik warna gelap. Kode RGB untuk warna Ungu yaitu 128, 0, 128 memiliki nilai HSV sebagai berikut 300° (Hue), 100% (Saturation), 50% (Value).

4. Kesimpulan

Keakuratan pengolahan citra menggunakan warna RGB bergantung pada nilai kode RGB dari warna yang dijadikan target. Semakin terang warna tersebut, semakin akurat dan jauh sistem pelacakan, sementara jika warna tersebut semakin gelap, sistem pelacakan menjadi kurang akurat dan jaraknya lebih dekat. Berdasarkan hasil pengujian, ditemukan bahwa warna yang diolah citranya dengan akurat dan dapat dilacak hingga jarak terjauh adalah warna kuning dengan kode RGB 255, 255, 0. Warna ini memiliki luas area warna sebesar 415 cm², yang menghasilkan jarak pelacakan terjauh sejauh 450 cm. Dan ditemukan bahwa warna dengan pengolahan citra yang paling akurat dan dapat dilacak hingga jarak terjauh adalah warna ungu dengan kode RGB 128, 0, 128. Warna ini memiliki luas area warna sebesar 415 cm², yang menghasilkan jarak terjauh pelacakan sejauh 250 cm.

Untuk mendeteksi warna objek, parameter utama yang digunakan adalah *hue* dari warna tersebut. Langkah pertama adalah mengonversi nilai warna objek dari sistem RGB ke HSV (*hue-saturation-value*). Pada sistem warna RGB, intensitas pencahayaan di sekitar objek dapat memengaruhi warna objek secara signifikan. Namun, pada parameter *hue* dalam sistem warna HSV, intensitas pencahayaan tidak mempengaruhi warna objek. Kondisi pencahayaan hanya akan memengaruhi parameter *saturation* dan *value* dalam sistem warna HSV.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Sunan Gunung Djati Bandung atas support yang diberikan dalam melaksanakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Yue, S. Xingjian, and T. Yingying, "Design of Intelligent Tracking Car Based on Arduino Mega 2560," *Acad. J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 50–56, 2023, doi: 10.25236/ajets.2023.060309.
- [2] E. A. Z. Hamidi, M. R. Effendi, and F. Asmoro, "Design and Implementation of Model Autonomous Sentry Gun Using Image Processing and Motion Tracking," *Proceeding 2019 5th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2019*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICWT47785.2019.8978245.
- [3] M. Kashif, M. Arslan, R. Chakma, F. Banoori, A. Al Mamun, and G. L. Chakma, "Design and Implementation of Image Capture Sentry Gun Robot," *MATEC Web Conf.*, vol. 160, pp. 3–7, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201816006007.
- [4] C. Bermhed, J. Holst, C. Bermhed, and J. Holst, "Design and Construction of an Autonomous Sentry Turret Utilising Computer Vision Design and Construction of an Autonomous Sentry Turret Utilising Computer Vision," 2023.
- [5] T. A. P. Andutan and R. C. Ucat, "Design and Development for a Vehicle Tracking System," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 3, pp. 174–182, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130323.

- [6] Y. Naik, H. Kolte, A. Gupta, A. Yashwantrao, and P. M. D. Nikam, "Portable Sentry Gun," pp. 3130–3132, 2019.
- [7] C. N. Jeevan, K. Asha, A. C. Sharan, N. M. Tejas, R. S. Vishwas, and N. K. Suryanarayana, "Object Detection System using Arduino for Military Application," *2023 2nd Int. Conf. Innov. Technol. INOCON 2023*, pp. 1–4, 2023, doi: 10.1109/INOCON57975.2023.10101352.
- [8] and M. Z. B. M. H. M. Daud bin Isa, A. Rakimi bin Mohammad, "Vision mobile robot system with color optical sensor," vol. 12 no 4, 2017.
- [9] U. A. Nnolim, "An Adaptive RGB colour enhancement formulation for logarithmic image processing-based algorithms," *Opt.*, vol. 154, pp. 192–2015, 2018.
- [10] S. F. M. Putri, R. Mardiaty, and A. E. Setiawan, "The Prototype of Arm Robot for Object Mover Using Arduino Mega 2560," *Proceeding 2022 8th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2022*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1109/ICWT55831.2022.9935416.
- [11] H. Kato and M. Billingham, "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System."
- [12] V. B. V. Chernov, J. Alander, "Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces," *Comput. Eng.*, vol. 46, pp. 328–337, 2015.
- [13] V. R. Pandit, K. A. Joshi, and N. G. Bawane, "ATM Terminal Security using Fingerprint Recognition," *Int. J. Appl. Inf. Syst.*, no. Ncipet, pp. 14–18, 2013.
- [14] R. Ma, "Line following and beacon tracking robot based on Arduino Mega 2560," *2021 3rd Int. Symp. Robot. Intell. Manuf. Technol. ISRIMT 2021*, pp. 32–36, 2021, doi: 10.1109/ISRIMT53730.2021.9597071.
- [15] Z. Adel, A. A. Hamou, and S. Abdellatif, "Design of Real-Time PID tracking controller using Arduino Mega 2560 for a permanent magnet DC motor under real disturbances.," *Proc. 2018 3rd Int. Conf. Electr. Sci. Technol. Maghreb, Cist. 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/CISTEM.2018.8613560.