

Smart Shooter System pada Robot Tank dengan Realtime Target Recognition and Tracking Berbasis Raspberry Pi

Zani Akbari¹, Nur Rachman Supadmana Muda², dan Moch. Anwar³
Jurusan Telekomunikasi, Politeknik Angkatan Darat
Jalan Raya Pendem Batu-Malang 65324-Telp (0341) 461504
e-mail: komd4206@gmail.com

Abstrak— Indonesia melakukan pembangunan angkatan bersenjata secara berkesinambungan guna mempertahankan kedaulatan bangsa dan negaranya, dari segala gangguan dan ancaman, baik yang datang dari dalam negeri maupun yang datang dari luar negeri. Sistem peralatan utama militer dimasa depan akan bersifat tanpa awak dengan tingkat otonomi yang lebih tinggi. Smart shooter system atau sistem penembak cerdas merupakan suatu sistem persenjataan yang mampu melakukan penembakan secara otomatis dengan target recognition and tracking. Penembakan secara otomatis dilakukan dengan memanfaatkan hasil dari citra kamera untuk melakukan *Identification Friend or Foe (FoF)* berdasarkan citra wajah. Pada pengujian yang dilakukan telah dihasilkan jarak maksimum yang mampu dideteksi adalah 17m. Hasil citra akan dideteksi berdasarkan objek dengan bentuk manusia dan wajah (frontal face). Hasil deteksi tersebut akan diolah dan dibandingkan dengan database dengan metode *Haar cascade*. Objek target yang dianggap musuh akan ditracking dan dilakukan penembakan secara otomatis. Jarak maksimum dalam pengujian *Shooter Accuration* adalah 15m dengan persentase keberhasilan mencapai 90%.

Kata kunci: *Robot Tank, Face Recognition, Haar Cascade, Shooter Acuration*

Abstract— Indonesia carries out the development of the armed forces continuous to defend the sovereignty of its nation and country from all disturbances and threats coming from within the country and from abroad. The future major military equipment system will be unmanned with a higher level of autonomy. The smart shooter system is a weapon system of firing automatically with a recognition and tracking target. Shooting is automatically done by utilizing the results of the camera image to identify Friend or Foe (FoF) based on face images. In the tests have been carried out the maximum distance that can be detected of 17m. The results of the image will be detected based on objects with human and face shapes (frontal face). The detection results will be processed and compared with a database using the Haar Cascade method. The target objects are considered enemies will be tracked and fired automatically. The maximum distance in the Shooter Accuration Test is 15m with a reaching success percentage of 90%.

Keywords: *Robot Tank, Face Recognition, Haar Cascade, Shooter Acuration*

I. PENDAHULUAN

Pembangunan angkatan bersenjata secara berkesinambungan dilakukan oleh bangsa Indonesia guna mempertahankan kedaulatan bangsa dan negaranya, dari segala gangguan dan ancaman, baik yang datang dari dalam negeri maupun yang datang dari luar negeri. Sistem peralatan utama militer dimasa depan akan bersifat tanpa awak dengan tingkat otonomi yang lebih tinggi[1]. Dihadapkan pada perkembangan teknologi dibidang persenjataan, pengembangan teknologi alutsista saat ini harus lebih fokus ke arah otomasi robotika sehingga mampu menghasilkan suatu alutsista modern

yang mampu melaksanakan tugas baik penyerangan maupun pengintaian secara otomatis sehingga dapat mengurangi kerugian personil saat melaksanakan tugas operasi.

Smart shooter system atau sistem penembak cerdas merupakan suatu sistem persenjataan yang mampu melakukan penembakan secara otomatis dengan *target recoginition and tracking*[2]. Penembakan secara otomatis dilakukan dengan memanfaatkan hasil dari citra kamera untuk melakukan Identification Friend or Foe (FoF) berdasarkan citra wajah seperti pada penelitian[3]–[5], kemudian mampu melakukan tracking terhadap target yang dideteksi[6], serta

mampu melakukan penembakan secara otomatis berdasarkan database target. Hasil video dari kamera juga akan dikirimkan secara *realtime* pada *homebase* melalui *webserver* berbasis *internet of things*[7].

Alutsista yang dihasilkan pada penelitian ini diharapkan dapat membantu tugas prajurit TNI dalam melaksanakan operasi pertempuran maupun operasi pengintaian, sehingga mampu mengurangi kerugian personel pada saat pelaksanaan tugas operasi. *Smart shooter system* juga diharapkan mampu memodernisasi alutsista TNI AD sehingga mampu bersaing dengan alutsista negara-negara lain.

II. STUDI PUSTAKA

A. Smart Shooter System (3S)

Indonesia melakukan pengembangan teknologi alutsista dengan meningkatkan dengan sistem operasional yang lebih baru agar mampu bersaing dengan negara-negara lain. Perkembangan teknologi dibidang persenjataan lebih fokus ke arah otomasi robotika, yaitu alutsista yang mampu melaksanakan tugas baik pengamanan maupun pertempuran secara otomatis atau tanpa awak[1]. Para peneliti sebelumnya telah membuat robot tank yang berfungsi sebagai sistem persenjataan pada saat pertempuran, tetapi sistem penembakannya masih dilakukan secara manual. Untuk meningkatkan kinerja dari robot tank tersebut maka peneliti membuat inovasi baru, yakni robot tank dengan smart shooter system yang mampu melakukan penembakan secara otomatis seperti pada penelitian[8]–[11]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penembakan pada robot tank dengan target recognition and tracking dengan metode haar cascade[4].

Sistem penembak cerdas atau Smart shooter system merupakan inovasi dibidang teknologi pertahanan. Robot tank yang dilengkapi dengan smart shooter system akan melakukan scanning untuk mendeteksi target. Target yang dideteksi akan di tracking sehingga senjata akan mengikuti pergerakan target. Selanjutnya dilakukan target recognition berdasarkan database, apabila ditemukan target yang dianggap musuh akan dilakukan penembakan secara otomatis.

B. Raspberry Pi

Raspberry pi merupakan sebuah mini personal computer. Raspberry pi bisa digunakan untuk aktivitas komputer, memiliki fungsi yang tidak berbeda dengan komputer pada umumnya.

Raspberry pi memerlukan daya listrik yang sedikit untuk dioperasikan. Raspberry pi memiliki kelebihan yang terletak pada pin GPIO yang bisa diprogram untuk mengumpulkan data dan mengendalikan sensor yang membutuhkan pin sebagai port serialnya[6]. Raspberry pi 4 menggunakan sistem operasi berbasis linux yang dilengkapi dengan prosesor ARMoCortex-A53 dari broadcom, dengan spesifikasi 64bit Quad-Core dan berkecepatan 1,2 Ghz dan ram 1 GB serta dilengkapi dengan 4 port USB dan sebuah pengendali Ethernet[10]. Raspberry pi memiliki slot kartu Sdcard, yang berfungsi sebagai media penyimpanan file-file dan juga sistem operasi.



Gambar 1. Raspberry Pi 4

C. Pi-Camera

Pi-camera atau yang biasa disebut camera pi adalah perangkat kamera yang telah terintegrasi dengan raspberry pi. Pi camera dihubungkan dengan port CSI pada board raspberry pi. Untuk pemasangan pi camera hanya dengan menghubungkan kabel kamera langsung pada port CSI, dan memilih enable camera pada konfigurasi raspberry pi. Modul kamera ini sudah memiliki resolusi 5 MP tanpa autofocus[10]. Sebagai pengaplikasiannya raspberry telah menyertakan library untuk dikembangkan kedalam program.



Gambar 2. Pi-Camera

D. Motor Servo

Motor servo adalah motor DC dengan gearbox dan sistem kontrol menggunakan pulsa sebagai penggerak. Sistem kontrol motor servo akan memberikan sinyal pulse ke posisi putaran motor dari 0° sampai 180°[12]. Motor servo memiliki torsi yang cukup kuat, karena motor servo disusun oleh variabel gearbox, resistor,

motor dc dan sistem kendali. 3 kabel yang dimiliki motor servo yaitu kabel power, kabel GND dan kabel data. Kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*) yang diberikan pada motor servo membuat servo dapat bergerak dengan posisi tertentu dan setelah itu berhenti setelah diberi *pulse* PWM[13].



Gambar 3. Motor Servo

E. Haar-Cascade

Haar-cascade features merupakan rectangular features, yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau image. Haar-like features berkerja dengan cara mengenali obyek bukan berdasarkan nilai piksel dari image obyek tersebut. Kelebihan dari metode ini terdapat pada komputasinya yang cepat, yang bergantung pada jumlah piksel dalam persegi bukan jumlah setiap nilai pixel dari sebuah image[13]. Metode ini adalah metode yang menggunakan model *classifier*. Pendekatan dalam mendeteksi objek dalam image harus menggabungkan empat konsep utama berikut:

1. Training data yang digunakan
2. Fitur rectangle yang disebut fitur Haar.
3. Integral image sebagai pendeteksian fitur.
4. Pengklasifikasi bertingkat sebagai penghubung banyak fitur secara cepat dan efisien.

Pendeteksian Haar-like Feature kurang akurat jika hanya menggunakan satu fungsi saja. Semakin tinggi tingkat filter pendeteksian yang digunakan maka semakin akurat juga sebuah obyek yang dideteksi tetapi akan semakin lama juga proses pendeteksian yang dilakukan. Pemrosesan Haar-cascade tersebut telah diatur dalam *classifier cascade*[9].

F. Python

Python merupakan sebuah bahasa pemrograman komputer yang interaktif dan juga mempunyai banyak kegunaan. Filosofi perancangan pada Bahasa Pemrograman Python ini sangat memfokuskan di dalam tingkat untuk membaca sebuah atau beberapa kode maupun script[4]. Bahasa pemrograman python

memiliki kemampuan yang lebih bagus dibandingkan bahasa pemrograman lainnya, bahasa pemrograman python menggabungkan kapabilitas yang sintaksis kode dan juga Bahasa yang jelas. Bahasa pemrograman python juga memiliki sebuah pelengkap bahasa pemrogramannya yaitu pustaka standar yang sangat besar, selain itu pustaka standar ini juga sangat kompresif.

G. OpenCV

OpenCV atau *Open Computer Vision* merupakan sebuah *Application Programming Interface Library* yang sudah sangat familiar pada sistem pengolahan citra. Computer Vision adalah cabang dari bidang Ilmu *Image Processing* (Pengolahan Citra). Dengan vision tersebut komputer mampu melakukan aksi, mengambil keputusan, dan terhadap suatu objek yang dideteksi[10]. Pengimplementasian dari Computer Vision adalah pada *Face Detection*, *Face Recognition*, *Face/Object Tracking*, *Road Tracking*, dll. OpenCV merupakan library sumber terbuka untuk C/C++. OpenCV ini didesain untuk aplikasi real-time, memiliki fungsi-fungsi akuisisi yang baik untuk image/video.

H. Motion detection

Motion detection merupakan salah satu hasil dari pemrosesan citra untuk mendeteksi pergerakan orang, mobil, dan lain-lain. Sistem deteksi gerakan ini mampu menganalisa citra video serta menentukan apakah terjadi gerakan di area yang sudah ditentukan oleh pengguna.

I. Object Tracking

Object tracking ialah hasil pemrosesan citra yang berfungsi untuk mendeteksi objek target. Salah satu metode yang digunakan untuk tracking objek adalah dengan melihat kontur. Deteksi kontur adalah salah satu metode untuk mendeteksi objek berdasarkan intensitas warnanya. Untuk pendeteksian objek yang akurat, benda yang akan dideteksi harus berwarna putih dengan latar belakang hitam dengan library haar cascade.

III. METODE

Metode pada penelitian ini akan menjelaskan mengenai proses perancangan dan variabel yang akan diteliti sehingga mempermudah penyelesaian tugas akhir.

A. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan di penelitian ini adalah gerakan aktuator pada kepala robot dengan sudut putar motor servo pada leher sumbu X 180° dan sudut putar motor servo pada kepala sumbu Y 60° mengikuti pergerakan objek yang ditangkap kamera, dan juga pendeteksi wajah menggunakan metode *Haar Cascade Classifier* menggunakan kamera.

B. Parameter

Di dalam perancangan pembuatan alat terdapat parameter yang digunakan. Perancangan yang akan diteliti serta dianalisis dengan harapan diperoleh data-data mengenai kinerja alat untuk mendeteksi suatu citra digital Jarak merupakan besaran skalar yang mengacu pada panjang objek yang ditangkap oleh kamera dan juga waktu yang dibutuhkan *raspberry pi* untuk memproses objek citra digital menggunakan sebuah metode *haar cascade classifier* yang diterapkan pada *library OpenCV*.

C. Model Arsitektur Skema

Robot ini dirancang untuk mendeteksi wajah yang dapat mengikuti gerak objek yang dideteksi oleh kamera dan menggerakkan motor servo agar mengikuti gerakan objek target. Hasil deteksi kamera akan ditampilkan pada display berupa tampilan kotak pada wajah. Alur bagan perancangan alat ialah sebagai berikut:

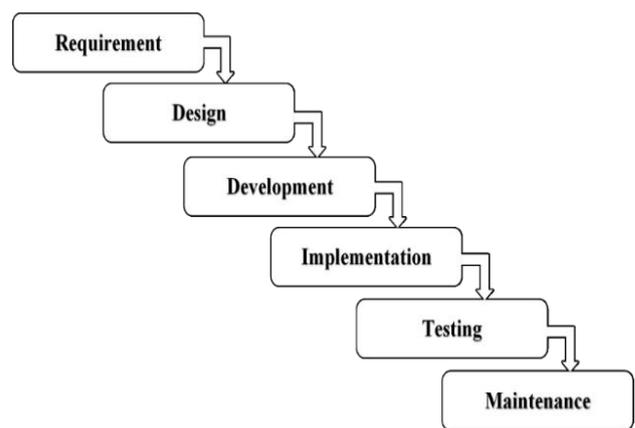
1. Kamera digunakan sebagai penangkap citra digital untuk diproses *raspberry pi*.
2. *Raspberry pi* bertugas sebagai mini-pc untuk memproses citra digital yang dideteksi dan menggerakkan servo untuk mengikuti objek.
3. Servo sebagai penggerak kepala untuk mengikuti objek.

Kamera digunakan untuk mengambil data video real time kemudian *raspberry pi* memproses hasil citra digital yang ditangkap kamera untuk proses digunakan *library open cv* yang telah terinstal pada *raspberry pi*, file video real time yang telah terbaca akan diproses menggunakan metode *haar cascade classifier* setelah wajah terdeteksi oleh kamera selanjutnya *raspberry pi* akan mengontrol 2 servo yang akan menjadi aktuator dari kepala robot untuk mengikuti deteksi wajah dan output

dari deteksi wajah akan di tampilkan pada monitor.

D. Mekanisme Perancangan

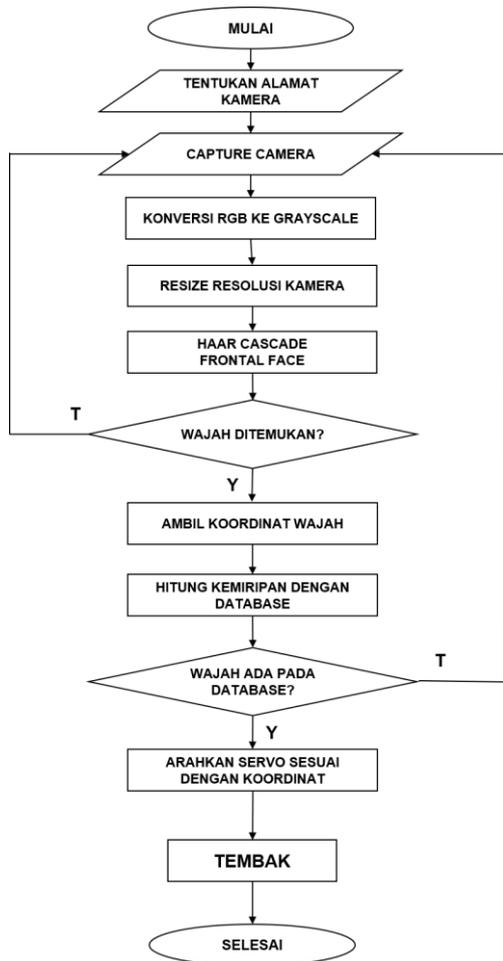
Dalam melaksanakan penelitian ini, metode yang digunakan mengacu kepada *System Development Life Cycle Waterfall Model* yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap analisa kebutuhan, tahap desain sistem, tahap pengembangan sistem, tahap implementasi sistem, tahap uji coba sistem dan tahap perbaikan sistem. Kegiatan yang dilakukan untuk setiap tahap dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. Waterfall Model

E. Flowchart system

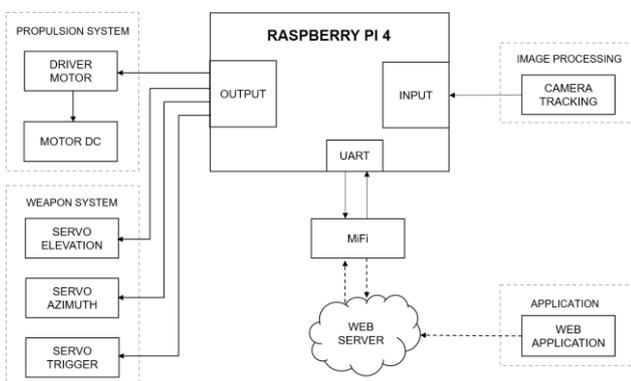
Flowchart program pada penelitian ini untuk memproses data berupa citra yang ditangkap kamera berupa objek dan proses pada *raspberry pi* secara *real-time*. Tampilan flowchart dapat dilihat pada gambar 4. dijelaskan pengkondisian awal sistem dan input yang harus dilakukan pada sensor kamera agar input data berupa citra digital yang dideteksi kamera dapat dibaca oleh *raspberry pi* dan mini pc adalah kunci untuk memproses data yang dibaca oleh kamera serta memberi keputusan untuk menentukan kamera dapat mengenali wajah atau bukan wajah dan *raspberry pi* mengontrol motor servo untuk menggerakkan kepala *robot humanoid* agar mengikuti objek yang ditangkap pada kamera.



Gambar 2. Flowchart system

F. Skematik Rangkaian

Skematik rangkaian yang menghubungkan semua komponen di rancang pada gambar 3.

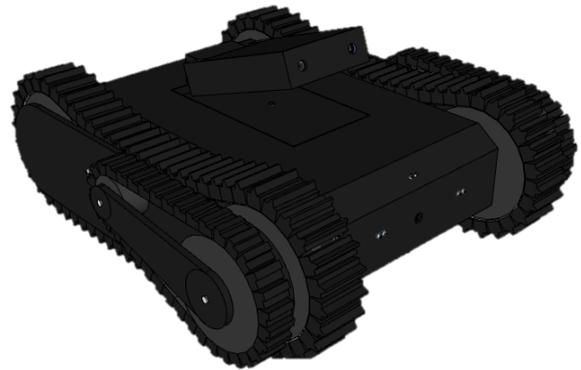


Gambar 3. Flowchart system

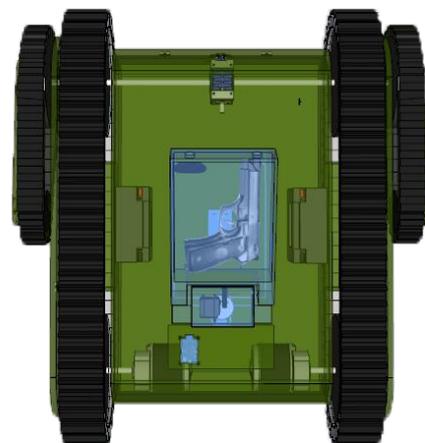
Gambar 3 Menunjukkan perancangan hardware raspberry pi sebagai mini pc, kamera yang dihubungkan pada port USB raspberry pi yang tersedia, driver motor untuk kendali servo yang dihubungkan pada pin GPIO pada raspberry pi dan motor servo untuk penggerak pada kepala robot.

G. Desain alat keseluruhan

Desain alat robot tank dan *smart shooter system* yang menghubungkan semua komponen dirancang pada Gambar 4



Gambar 4. Desain Robot Tank



Gambar 5. Tata letak komponen pada robot tank

Gambar 4 Menunjukkan perancangan desain robot tank dan *smart shooter system* dengan menggunakan software sketch up. Gambar 5 menunjukan letak tata letak komponen *smart shooter system* pada robot tank. Warna hijau merupakan desain dari robot tank, sedangkan warna bisa adalah desain dari *smart shooter system*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini terdapat pengujian dan perancangan *smart shooting system*. Pada pengujian pertama yang dilakukan untuk mengetahui proses pendeteksi wajah pada citra digital dengan jarak tertentu. Citra diperoleh secara real-time, pengujian kedua dilakukan dengan menguji tingkat keakurasian tembakan berdasarkan jarak target.

A. Pendeteksian Target

Pengujian pendeteksian target berdasarkan citra badan, dengan metode haar-cascade, camera akan melakukan target detection.

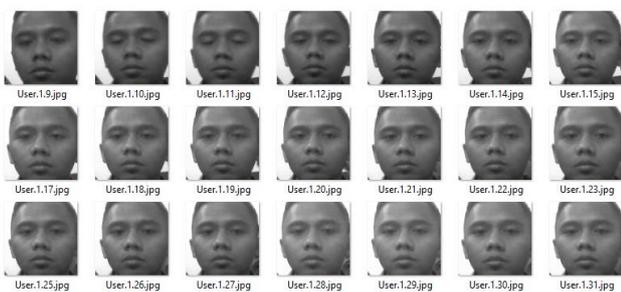


Gambar 6. Target Detection

Pada gambar 6. Program dapat mendeteksi keberadaan manusia serta dapat menentukan ROI atau Region Of Interest dari objek yang terdeteksi. Dari ROI yang didapat, bisa diambil koordinat sehingga dapat menentukan nantinya apakah objek terdeteksi sebagai musuh atau kawan. Pada percobaan diatas didapat tingkat akurasi 0.99 atau 99% bahwa objek yang didapat ada pada kategori "person" atau manusia. Program dapat mendeteksi objek dengan bantuan data training atau data latih dari berbagai objek dasar, salah satunya manusia. Data latih ini berupa kumpulan sample dari macam-macam bentuk manusia yang disimpan pada file MobileNetSSD. File MobileNetSSD sendiri merupakan hasil dari proses training dengan menggunakan metode JST atau Jaringan Syaraf Tiruan, atau Neural Network, disingkat ANN.

B. Pembuatan database target

Pembuatan database target bertujuan untuk membedakan data target dan bukan target, sehingga dapat membedakan mana objek yang boleh ditembak dan tidak boleh ditembak. Pembuatan database dilakukan dengan melakukan trining terhadap objek target.

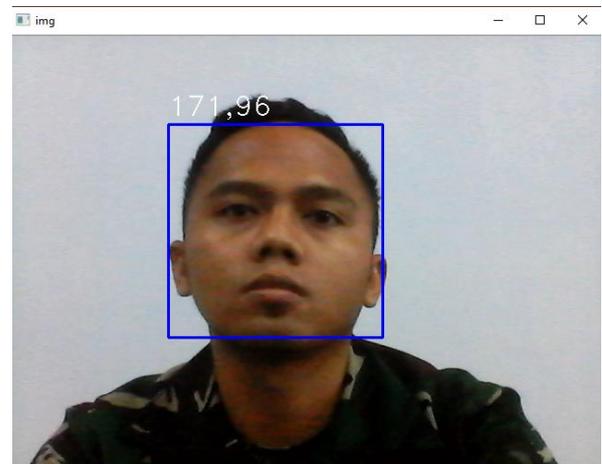


Gambar 7. Database Target

Pada gambar 7. Dapat dilihat kumpulan dari database wajah yang dilakukan dengan cara memasukan data base musuh, dengan menggunakan trining. Semakin banyak database yang dimasukan maka semakin akurat juga hasil pendeteksian target. Database sangat penting dalam proses target recognition.

C. Tracking target

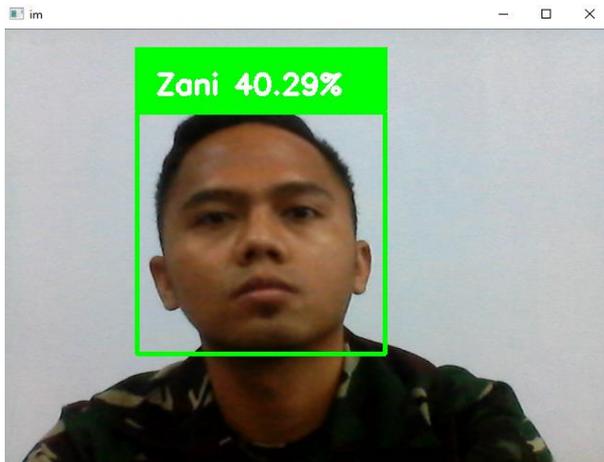
Citra gambar yang dideteksi sebagai objek manusia akan, dideteksi kembali apakah wajahnya terdapat pada database target. Objek yang dideteksi tersebut akan ditracking berdasarkan koordinat x dan y pada gambar. Setelah koordinat target didapatkan maka raspberry akan mengirimkan sinyal pada servo untuk mengarahkan senjata kepada objek target.



Gambar 7. Tracking Target

D. Target Recognition

Target Recognition merupakan proses pengenalan target berdasarkan citra wajah yang dideteksi. Citra wajah yang dideteksi akan dibandingkan dengan database. Proses target recognition menggunakan metode haar-cascade frontal face. Apabila ditemukan kesamaan dengan database maka objek tersebut akan dianggap sebagai target musuh dan akan dilakukan penembakan secara otomatis.



Gambar 7. Target Recognition

E. Pengujian Target Detection

Pengujian *Target Detection* dilakukan dengan melaksanakan pendeteksian target sebanyak 15 kali terhadap objek musuh dan objek bukan musuh. Variabel jarak dirubah dari jarak 1m sampai 20m.

Jarak	Objek Target	Hasil Tembakan
1 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
2 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
4 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
6 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
8 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
10 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
11 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
12 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
13 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
14 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
15 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
16 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
17 m	Target Musuh	Target Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
18 m	Target Musuh	Target Tidak Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi
20 m	Target Musuh	Target Tidak Terdeteksi
	Taget Bukan Musuh	Target Tidak Terdeteksi

Tabel 1. Pengujian Target Detection

F. Pengujian Shooter Acuration

Pengujian *shooter acuration* dilakukan dengan melaksanakan penembakan sebanyak 15 kali terhadap gambar objek musuh. Variabel jarak dirubah dari jarak 1m sampai 20m.

Jarak	Hasil Deteksi	Hasil Tembakan
1 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
2 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
4 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
6 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
8 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
10 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
11 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
12 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
13 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
14 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
15 m	Target Terdeteksi	Tepat sasaran
16 m	Target Terdeteksi	Tidak Tepat sasaran
17 m	Target Terdeteksi	Tidak Tepat sasaran
18 m	Target Tidak Terdeteksi	Tidak menembak
20 m	Target Tidak Terdeteksi	Tidak menembak

Tabel 2. Pengujian Shooter Acuration

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan Smart shooter system ini akan mendeteksi dan men-tracking objek target yang ditangkap oleh kamera. Pada pengujian yang dilakukan dihasilkan jarak maksimum yang mampu dideteksi adalah 17m. Hasil citra yang dideteksi akan dideteksi berdasarkan objek dengan bentuk manusia dan wajah (*frontal face*) Hasil deteksi tersebut akan diolah dan dibandingkan dengan database dengan metode *Haar casscade*. Obejk target yang dianggap musuh akan ditracking dan dilakukan pembakan secara otomatis. Tingkat kekurasian tembakan dipengaruhi oleh jarak dan sistem aktuator pada smart shooter system. Jarak maksimum dalam penembakan adalah 15m dengan persentase keberhasilan 90%. Tingkat keakurasian dapat ditingkatkan dengan mengganti kamera dan sistem aktuator yang digunakan.

REFERENSI

[1] S. Anwar, "Penguasaan Teknologi Pertahanan Oleh Sdm Pertahanan Indonesia Dalam Rangka Menghadapi Peperangan Masa Depan," *J. Pertahanan Bela Negara*, vol. 5, no. 1, pp. 15-34, 2018, doi: 10.33172/jpbh.v5i1.346.

- [2] S. V. Tathe, A. S. Narote, and S. P. Narote, "Face recognition and tracking in videos," *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst.*, vol. 2, no. 3, pp. 1238–1244, 2017, doi: 10.25046/aj0203156.
- [3] S. Al-Aidid and D. Pamungkas, "Sistem Pengenalan Wajah dengan Algoritma Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 1, pp. 62–67, 2018, doi: 10.17529/jre.v14i1.9799.
- [4] O. Biradar and A. Bhave, "Face Recognition Based Attendance Monitoring System using Raspberry-pi and OpenCV," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 713, pp. 713–716, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [5] I. P. Sinaga, I. Prasetya, D. Wibawa, and E. Kuniawan, "Background Substraction Dan Haar Cascade People Counter and Face Identification System With Background," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 1544–1551, 2017.
- [6] V. Mustafa and S. A. K. Jilani, "Raspberry Pi based Real Time People Detection, Tracking and Counting System," *Int. J. Eng. Tech.*, vol. 3, no. 6, pp. 496–503, 2017, [Online]. Available: http://www.ijetjournal.org.
- [7] S. Sahu and P. Vijay, "Internet of Things Approach for Face Detection & Face Recognition using Raspberry Pi," vol. 5, no. 10, pp. 306–310, 2017.
- [8] S. A. N, "Smart Surveillance Robot for Weapon Detection," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 5, pp. 193–200, 2019, doi: 10.22214/ijraset.2019.5030.
- [9] B. P. Harish, "Surveillance Robot with Face Recognition using Raspberry Pi," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 8, no. 12, pp. 648–652, 2019, [Online]. Available: www.ijert.org.
- [10] P. S. A. Joshi, A. Tondarkar, K. Solanke, and R. Jagtap, "Surveillance Robot for Military Application," vol. 7, no. 5, pp. 23939–23944, 2018, doi: 10.18535/ijecs/v7i5.10.
- [11] G. Shete, S. Chavan, K. Bhosale, and P. S. Gulhane, "Automated Gun Control," pp. 2362–2365, 2018, doi: 10.15662/IJAREEIE.2018.0705035.
- [12] A. Y. Maradi, "Pemanfaatan Android untuk Sistem Kendali Robot Penembak dengan Mikrokontroler," vol. 3, no. 1, pp. 34–36, 2020.
- [13] D. Agung, A. Ayubi, D. A. Prasetya, and I. Mujahidin, "Pendeteksi Wajah Secara Real Time pada 2 Degree of Freedom (DOF) Kepala Robot Menggunakan Deep Integral Image Cascade," vol. 3, pp. 22–27, 2020.