

RANCANG BANGUN *LOCKING TARGET SYSTEM* KENDALI JARAK JAUH SENJATA GPMG 7,62 mm BERBASIS NRF

Annisa Riski Adiahningrum¹⁾, Umar Winarno²⁾, Yulian Wardi³⁾, Rendi Afrian⁴⁾

^{1) 2) 3)} Akademi Angkatan Laut

Email: ³⁾wardi.yulian@gmail.com

ABSTRAK

Pada era globalisasi ini perkembangan teknologi berkembang sangat pesat. Pada perkembangan revolusi industri 4.0, persenjataan militer harus dapat didukung dengan adanya *Remote Control Weapon System* (RCWS). Adanya modifikasi pada senjata GPMG 7,62 mm ini belum efektif pada era yang ada. Diperlukan sistem otomasi yang dapat mengikuti pergerakan target seperti, *Locking Target System*. Efisiensi ini dapat membawa kelebihan pada senjata ringan berkelompok ini. *Locking Target System* ini dapat mengurangi kemungkinan sistem dalam salah sasaran karena adanya kendali manual sebagai *backup*. Penggunaan teknologi *image processing* dalam mengolah visual data *real time* menggunakan OpenCV dan Bahasa pemrograman *Python*. Koordinat *pixels* pada video *realtime* akan diolah dan dikirim ke mikrokontroler senjata menggunakan *P2P connection*. Dengan data yang dikirim, senjata akan bergerak menuju koordinat target yang sudah dikunci. Sistem dilanjutkan dengan sistem penembakan oleh motor DC. Penggunaan motor DC untuk menarik *trigger* GPMG 7,62mm berfungsi sebagai penindak lanjut penguncian sasaran. Penembakan dapat berjalan dengan kemampuan efektif GPMG 7,62 mm dengan menggunakan lensa *telezoom* pada *wifi camera*. Nilai *error* yang terjadi pada motor senjata relatif rendah, yaitu 3,2% sehingga gerak senjata dapat cukup baik. Waktu motor dalam mengikuti pergerakan target dapat berjalan cepat tergantung pada data *Python* yang dimasukkan. Pengiriman data yang dilakukan *module wireless* NRF24L01 juga membutuhkan waktu dalam menerjemahkannya ke bahasa pemrograman Arduino Waktu yang dibutuhkan untuk penembakan adalah 5,8s yang dinilai cukup baik dalam melangsungkan tembakan.

Kata kunci : RCWS, *Locking Target System*, OpenCV, *Python*, NRF 24L01, P2P

ABSTRACT

In this era of globalization, technological development is developing very rapidly. In the development of the industrial revolution 4.0, military weapons must be supported by the Remote Control Weapon System (RCWS). The existence of modifications to the 7.62 mm GPMG weapon has not been effective in the existing era. An automation system is needed that can follow the movement of the target such as a Locking Target System. This efficiency can bring advantages to these grouped light weapons. This Locking Target System can reduce the possibility of the system being misdirected due to manual control as a backup. The use of image processing technology in processing real-time visual data using OpenCV and Python programming language. The pixel coordinates in the real-time video will be processed and sent to the weapon microcontroller using a p2p connection. With the data sent, the weapon will move towards the coordinates of the target that has already been locked. The system is continued with a firing system by a DC motor. The use of a DC motor to pull the 7.62mm GPMG trigger serves as a follow-up to the target locking. The firing can run with the effective capability of GPMG 7.62 mm by using a telezoom lens on a wifi camera. The error value that occurs in the gun motor is relatively low, which is 3.2% so the gun's motion can be quite good. The time the motor is following the movement of the target can run fast depending on the Python data entered. The data transmission carried out by the

wireless module NRF24L01 also takes time in translating to the Arduino programming language The time required for firing is 5.8s which is considered quite good in carrying out shots.

Keywords: RCWS, Locking Target System, OpenCV, Python, NRF 24L01, P2P

A. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini teknologi berkembang sangat pesat, dimana revolusi industri 4.0 akan melibatkan sistematis di banyak sektor dan aspek kehidupan manusia. Penggunaan teknologi pengendali senjata saat ini juga tidak kalah berkembang dengan adanya *Remote Control Weapon System* (RCWS). Penggunaan RCWS sendiri dapat diterapkan di berbagai peralatan militer untuk keefektifan dalam melaksanakan tugas operasional tempur. RCWS menimbulkan banyak keuntungan bagi operator pengendali senjata yang dapat melakukan pengendalian dari jarak jauh dan lebih terlindungi dari serangan musuh di ruang terbuka.

General Purpose Machine Gun (GPMG) kaliber 7,62 mm telah digunakan sejak tahun 1970an di Indonesia untuk persenjataan pasukan TNI. Modifikasi persenjataan GPMG banyak dilakukan di dunia militer, salah satunya GPMG tipe M-60C pada pesawat tempur OV-10 TNI-AU dalam operasi seroja. Modifikasi dilakukan dengan melepas popor dan *heatshield* kemudian menggunakan *solenoid* sebagai pengganti sementara *piston grip* untuk penembakan dari dalam *cockpit*. Perubahan pada *design* GPMG belum cukup untuk meningkatkan keamanan pengawaknya. Pengawakan yang digunakan untuk pergerakan senjata juga masih menggunakan tenaga konvensional yang belum efisien. Perlindungan diri bagi pengawak GPMG juga masih dinilai kurang

aman dan membahayakan dari serangan musuh di berbagai arah.

Pergerakan senjata yang ada saat ini sudah dapat terkontrol oleh RCWS, tetapi hal ini tidak diiringi dengan pergerakan senjata yang otomatis mengikuti target. *Locking target system* dapat membantu operator dalam melaksanakan penembakan tanpa harus selalu menggerakkan *remote control* sesuai dengan target sasaran yang diinginkan. Di era industri 4.0, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) merupakan alat yang dapat membantu kehidupan di berbagai bidang (Warmayana, 2018), sehingga pengendalian jarak jauh dari *remote control* untuk senjata dapat dilakukan dengan komunikasi data yang tepat. Penggunaan komunikasi data yang dapat digunakan adalah *module wireless NRF24L01*. Pengendalian dari jarak jauh dapat membuat pengawak mengontrol senjata dari tempat yang dirasa aman. Penggunaan RCWS belum banyak digunakan pada persenjataan dengan kaliber kecil seperti GPMG 7,62 mm. Begitu pula dengan sistem pengendali dari jarak jauh pada persenjataan yang biasa langsung diawaki oleh pasukan tempur di lapangan.

Perkembangan teknologi membuat seluruh sistem analog tergantikan dengan adanya sistem otomatis (otomasi) untuk memudahkan penggunaannya. Dengan adanya sistem otomasi ini diharapkan dapat diterapkan dalam sistem kontrol di lapangan melalui penggunaan *locking target system*. *Locking target system* digunakan untuk mengikuti koordinat target

sehingga memungkinkan laras akan selalu mengarah pada target. Keadaan langsung secara visual dari kamera juga dapat termonitor dari jarak jauh. Demikian juga dengan pengendalian penembakan yang dapat dilakukan dengan motor tembak. Kendali gerak senjata maupun pengambilan keputusan penembakan dapat dilakukan tanpa mendekati *system hardware* yang ada.

Pemanfaatan perkembangan teknologi di era modernisasi bukan suatu keniscayaan. Gambaran kondisi di atas menjelaskan bahwa pertahanan negara perlu ditingkatkan terkait dengan pemanfaatan teknologi. Termasuk di dunia militer pada bidang persenjataan, salah satunya penggunaan senjata ringan GPMG. Modernisasi GPMG akan membantu pengawak untuk tidak selalu menggunakan sistem analog maupun tenaga konvensional, sehingga terjadi efisiensi dalam sistem kendalinya. Sistem ini juga dapat mengurangi korban bagi pengawak di daerah operasi.

B. METODE PERANCANGAN

1. Perancangan Sistem

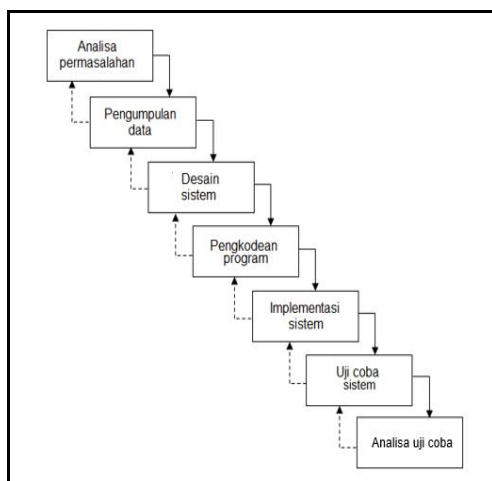
Perancangan sistem akan menentukan bagaimana suatu sistem yang dibentuk akan menyelesaikan masalah yang dihadapi. Pada proses ini akan dilaksanakan konfigurasi perangkat keras maupun lunak yang akan terinstalasi sistem, sehingga dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Pada perancangan sistem diperlukan juga perancangan alat untuk dapat mewujudkan penelitian. Perancangan alat yang dilakukan peneliti terdiri dari perancangan sistem *software* dan *hardware*. Perancangan *software* sendiri dilakukan untuk merancang *locking target system* melalui *image*

processing, sedangkan *hardware* dilakukan dalam perancangan kendali senjata menggunakan motor DC yang menggerakkan kendali senjata oleh mikrokontroler. Pembuatan *remote control* juga dilakukan dalam perancangan sistem *hardware* sebagai pemberi perintah kepada mikrokontroler penggerak senjata. Implementasi *hardware* lainnya adalah perancangan sistem kamera sebagai sumber visual data.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode perancangan *Self Development Life Cycle* (SDLC) sebagai metode pengembangan sistem. Penulis menggunakan metode ini karena matangnya teori yang sudah muncul sejak tahun 1970-an. Penggunaan metode ini dilakukan agar perencanaan sistem lebih struktur dan linear sehingga menghindari kegagalan pada tahapan pengujian. Sebagai contoh terstrukturnya tahapan pada metode ini adalah tahapan tiga akan dilakukan jika tahapan satu dan dua selesai dilakukan. Tahapan yang dilakukan dalam metode SDLC menurut (Ambarita & Muharto, 2016 p. 105) adalah analisis dan definisi kebutuhan, perancangan sistem dan perangkat lunak dan implementasi dan pengujian unit. Pada Gambar 3.1 penulis merumuskan prosedur perencanaan yang terstruktur dengan keterangan garis jelas sebagai alur pengembangan dan garis putus-putus sebagai alur pemeliharaan.

Analisa permasalahan didapatkan dari kasus yang terjadi pada pengawak GPMG di medan operasi. Setelah permasalahan didapat, maka penulis mengumpulkan data sekunder melalui studi literatur buku, jurnal, maupun penelitian sebelumnya. Perencanaan sistem dilakukan setelah data terkumpul dan kemudian membandingkan dengan sistem yang

sudah dibuat. Sistem baru yang dibuat diharapkan lebih baik dan memberikan keuntungan pada pengguna. Desain sistem *hardware* dirancang agar pergerakan kendali senjata dapat dilakukan dengan baik. Sistem *hardware* sebagai kendali senjata perlu diikuti dengan adanya sistem *software* untuk penjejakan objek. Diperlukan pengkodean program pada sistem *software* sehingga *image processing* dapat mengunci dan mengikuti pergerakan target. *Image processing* yang digunakan peneliti adalah OpenCV dengan bahasa pemrograman *Python* yang bervariasi. Implementasi dimaksudkan sebagai integrasi perancangan sistem dan pengkodean program sehingga membentuk satu fungsi baru. Setelah perancangan terintegrasi dalam implementasi sistem, maka diperlukan pengujian alat untuk dapat dilaksanakannya evaluasi.



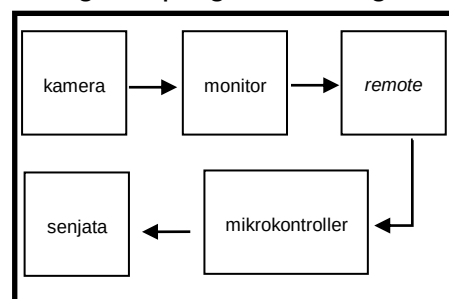
Gambar 1 Diagram prosedur perancangan

Dalam suatu sistem diperlukan juga desain pemeliharaan (*maintenance*). Pemeliharaan dibagi menjadi beberapa jenis, salah satunya adalah pemeliharaan korektif. Kegiatan pada perawatan korektif dilakukan untuk mengatasi kegagalan maupun kerusakan sehingga perlu penanganan darurat.

Perawatan ini tidak terjadwal karena bertujuan untuk mengembalikan sebuah sistem maupun komponen seperti kondisi semula. Sesuai dengan prosedur perancangan yang penulis buat, maka terjadinya pemeliharaan suatu masalah dapat diselesaikan dengan melangkah mundur ke satu tahap sebelumnya.

2 Bagan Alir atau Blok Diagram

Blok diagram akan menampilkan secara rinci kerja sistem perangkat keras dari *locking target system*. Sistem dimulai dengan masuknya data visual melalui kamera dan diakhiri dengan perintah *remote control* terhadap gerak senjata. Data akan ditangkap oleh kamera *webcam* secara *real time*, kemudian monitor akan menjadi sarana pengguna untuk dapat memonitor secara langsung keadaan yang tertangkap oleh kamera. Dengan monitor secara langsung, pengguna mengendalikan senjata menggunakan *remote control* dari jarak jauh secara nirkabel. Perintah *remote control* kemudian masuk ke motor pengendali senjata sehingga senjata dapat bergerak mengikuti pergerakan target.



Gambar 2 Blok diagram kendali *locking target system*

Diagram alir akan menampilkan alur berjalannya

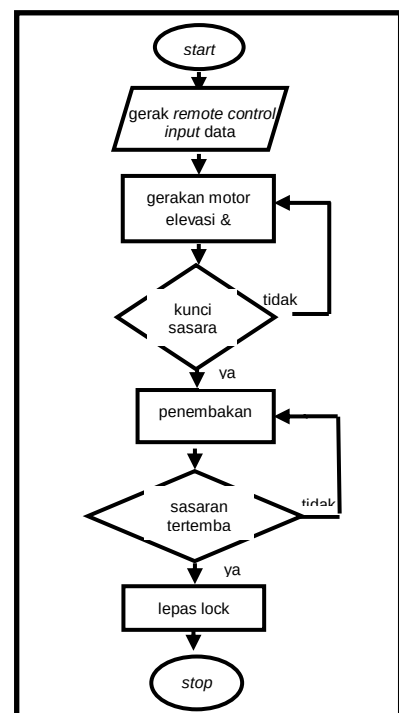
sistem maupun program yang akan digunakan secara spesifik untuk lebih mudah dipahami. Sistem yang akan dibahas diantaranya adalah kerja *locking target system* dengan kendali senjata, aktuator penembakan, serta keseluruhan kerja sistem.

Pengendalian senjata dilakukan secara jarak jauh oleh *module wireless NRF*. Data citra yang masuk memiliki nomor koordinat di setiap pikselnya, sehingga *image processing* akan terint egrasi dengan *motor driver* dalam pergerakannya. Setelah data citra masuk dan program mengunci sasaran, maka kendali senjata dibatasi oleh *limit switch* dengan gerak 180^0 untuk dapat mengikuti pergerakan target. Sehingga ketika senjata sudah melewati kemampuan pergerakannya maka program akan berhenti mengikuti target. Pergerakan senjata menggunakan dua motor yaitu motor *training* dan motor elevasi untuk mengikuti pergerakan pada sumbu x, y, maupun z. Pergerakan senjata pada sumbu z akan terjadi dengan pergerakan kedua motor secara bergantian secara cepat.

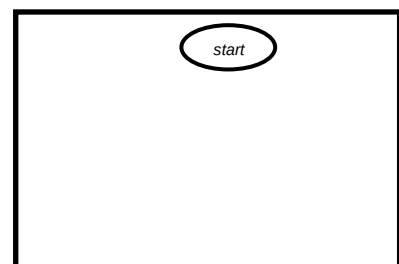
Diagram keseluruhan kerja sistem akan menunjukkan kerja sistem dari masuknya data hingga aktifator penembakan berhenti. *Input* data dari sensor visual akan masuk ke *image processing* melalui *wifi camera* yang terhubung dengan *browser* untuk menyamakan *ip address* kedua perangkat. Penguncian target dilakukan dengan identifikasi melalui *input* data koordinat (x,y) piksel. Proses penguncian target dapat digagalkan sehingga proses

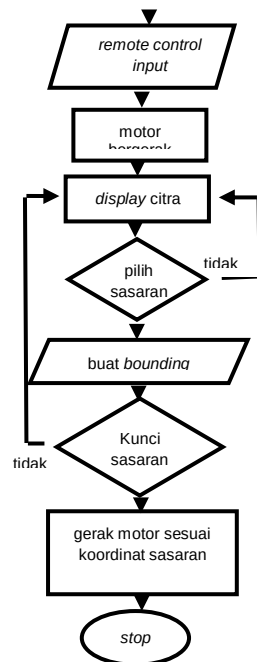
kerja sistem akan kembali pada gerak motor untuk penentuan target kembali. Target yang dipilih pada *image processing* dapat melaksanakan penembakan ketika aktuator aktif. Sebaliknya, ketika penembakan digagalkan maka aktuator mati dan proses kerja sistem berhenti.

Sistem juga digunakan dalam penembakan senjata oleh motor tembak. Ketika *input* data masuk kemudian target terkunci, maka aktuator akan memiliki kemungkinan untuk berjalan ataupun berhenti. Aktuator aktif akan menjalankan motor tembak sebagai pembantu pergerakan *trigger* senjata GPMG. Penembakan yang dilakukan tidak otomatis sesuai sistem, namun tetap atas perintah pengawak melalui *remote control*. Matinya aktuator akan menghentikan sistem yang berjalan.

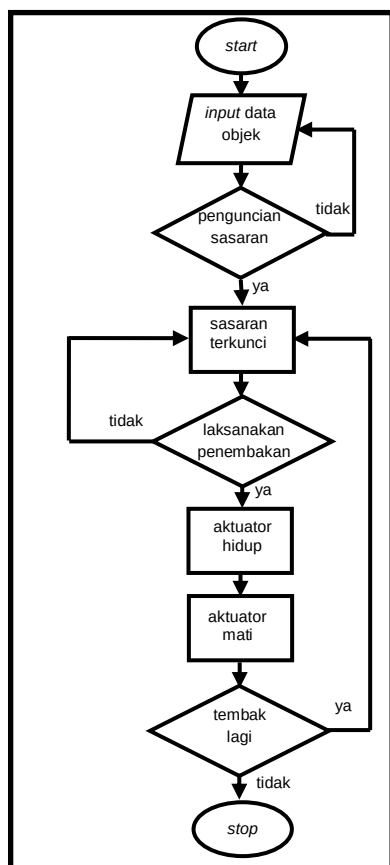


Gambar 3 Sistem Perancangan





Gambar 4 Diagram alir sistem penguncian sasaran pada system



Gambar 5 Diagram alir penembakan senjata

3 Analisa Kebutuhan Perancangan

Analisa kebutuhan perancangan diperlukan untuk dapat mengetahui informasi, mode, maupun spesifikasi perangkat yang diinginkan. Terdapat tiga faktor yang harus dipenuhi untuk mendapatkan analisa yang tepat, yaitu: lengkap, benar dan detail. Penulis mengelompokkan tiga bidang sesuai dengan kebutuhan dalam merancang *locking target system*, yaitu:

a. Kemampuan yang diharapkan

Di bawah ini adalah beberapa kemampuan yang dibutuhkan dalam perancangan *locking target system*: 1) Pengiriman video data menggunakan *ip address wifi camera* dapat berjalan baik. 2) Akses monitor gambar *lifetime* menggunakan aplikasi "Camera". 3) Kemampuan resolusi kamera terhadap pemasangan lensa *telezoom*. 4) OpenCV sebagai *image processing* yang digunakan dapat mendeteksi seluruh sisi objek. Perpindahan sisi objek tetap dapat terdeteksi oleh sistem. 5) Daya tarik motor DC mampu menarik kekuatan *trigger* GPMG 7,62 mm. 6) Penggunaan *module wireless NRF* dapat berkerja dengan jarak maksimal dengan *wave distract* yang sedikit.

b. Data yang Digunakan: 1) Dalam penelitian ini penulis memerlukan data visual melalui kamera yang kemudian diolah dengan *image processing*. Selain itu, penulis juga memerlukan bahasa pemrograman *Python* dalam membuat sistem melalui OpenCV. Bahasa pemrograman

ini menggabungkan kapabilitas, kemampuan dengan sintaks kode yang sangat jelas. Penulis memilih penggunaan OpenCV dengan Bahasa pemrograman *Python* sehingga pemrograman akan berorientasi langsung pada objek. Data ini akan membantu dalam keperluan pengembangan *software* yang dibuat penulis sehingga dapat berjalan diberbagai *platform*. 2) Penulis menggunakan data teknis dari senjata GPMG 7,62 mm dalam melaksanakan penelitian. Berikut adalah data teknis GPMG 7,62 mm: Negara asal Belgia, Berat 11 Kg, Kaliber 7,62 mm x 51 mm NATO, Panjang keseluruhan 1,26 m, Panjang Laras 54,4 cm, Mode tembak *fully automatic*, Jarak tembak efektif 1500-1800 m, *Feed 100 round belt*.

c. Komponen yang diperlukan:

- 1) *Wifi camera*. *Wifi camera* diperlukan untuk mengambil gambar secara *realtime* yang kemudian terhubung dengan monitor.
- 2) Lensa *telezoom*. Lensa tambahan untuk menambah jarak jangkauan kemampuan pengambilan gambar. Lensa ini diperlukan untuk memenuhi kemampuan jarak tembak efektif senjata GPMG.
- 3) Monitor. Alat ini digunakan untuk memantau secara langsung gambar yang tertangkap kamera.
- 4) *Module wireless NRF*. Modul ini digunakan penulis untuk menghubungkan data dari jarak jauh.
- 5) Jaringan *Peer to Peer* (P2P). Jaringan ini diperlukan untuk akses *ip address* mengirimkan data *string* dua arah ke sesama perangkat.
- 6) Arduino UNO.

Mikrokontroler ini dipilih sebagai pembuat program dari sistem yang memiliki jumlah pin digital yang tepat diantara jenis Arduino lainnya. 7) Arduino NANO. Mikrokontroler jenis ini memiliki ukuran yang lebih kecil dengan jumlah pin digital yang lebih sedikit. Penggunaan Arduino NANO terletak pada pembuatan *remote control* pengendali senjata. Fungsi dari Arduino NANO ini sangat tepat untuk pembuatan alat kontrol yang memiliki *hardware* berukuran kecil seperti *remote control*. 8) *Limit switch*. Penggunaan petensiometer *limit switch* diperuntukkan untuk membatasi gerak senjata sehingga tidak melebihi 180° sumbu putar. 9) *Remote control*. Penggunaan *remote control* pada sistem berfungsi sebagai pengendali manual gerak senjata dalam memilih target. Selain itu, *remote control* digunakan untuk kendali penembakan dari jarak jauh. 10) Motor DC. Sumber daya Motor DC digunakan untuk menggerakkan roda gigi sebagai penggerak sistem kontrol senjata. Tegangan motor DC yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12 V. 11) Motor tembak. Pergerakan *trigger* pada senjata GPMG dilakukan oleh sistem motor tarik. Sesuai dengan penggunaannya, penulis menggunakan motor tarik ini untuk dapat menarik *trigger* dan terjadinya penembakan. Tegangan yang dapat menarik berat picu adalah 12 V dengan

yang akan membentuk *bounding box* pada monitor. Koordinat target yang terdeteksi akan terus berubah seiring perpindahan yang dilakukan oleh target. Penulis akan menguji keleluasaan sistem untuk dapat terus mengikuti objek yang sudah dipilih. Penulis menggunakan lensa tambahan *telezoom* untuk dapat memenuhi jarak tembak efektif dari GPMG. Dengan adanya lensa tambahan, maka penulis harus juga menguji kualitas gambar setelah penggunaan lensa tambahan.

c. Pengujian penembakan senjata

Dengan kelengkapan motor tembak pada perancangan, maka penulis akan menguji penarikan *trigger* yang dilakukan oleh motor. Daya tarik motor yang diharapkan akan mampu menggerakkan *trigger* GPMG 7,62 mm. Waktu dalam penggunaan motor dalam menarik *trigger* menjadi penting bagi sistem. Besarnya nilai torsi motor akan menentukan kuat daya tarik terhadap *trigger*. Pada rencana tahapan pengujian ini, penulis akan melaksanakan pengujian dengan penembakan kering. Untuk dapat menjamin keselamatan bersama dan mengurangi resiko yang ada, maka penulis tidak menguji coba keluarnya amunisi dari laras maupun akurasi penembakan. Dengan tertariknya seluruh *trigger* oleh motor tembak cukup untuk menentukan bekerjanya sistem ini.

d. Pengujian komunikasi data

Sesuai dengan judul yang penulis angkat, penggunaan kendali senjata GPMG ini harus dapat bekerja dari jarak jauh. *Module wireless* NRF memiliki kelebihan untuk dapat mengirimkan data tanpa kabel dengan jarak sesuai dengan kemampuan frekuensi modul. Komunikasi data dari sistem *hardware*, *software*, maupun *remote control*. Jarak antar sub sistem pada pengujian diharapkan dapat berjalan dengan baik walaupun dengan jarak yang cukup jauh.

e. Pengujian sistem integrasi

Sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat, perancangan ini memiliki beberapa variabel yang harus diintegrasikan. *Module wireless* NRF akan menghubungkan kedua Arduino, sedangkan komunikasi video data menggunakan jaringan P2P. jalannya sistem pada *software* harus terhubung dengan mikrokontroler pada senjata, sehingga variabel data visual perlu diterjemahkan terlebih dahulu oleh *software* yang kemudian akan dikirim kepada sistem kendali pada senjata. Penulis mengharapkan komunikasi data antar sistem berjalan dengan baik.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1 Implementasi sistem

Dengan prosedur perancangan yang telah dibuat secara sistematis, penulis melaksanakan implementasi sistem setelah tahapan-tahapan sebelumnya telah dilaksanakan. Implementasi sistem dilakukan

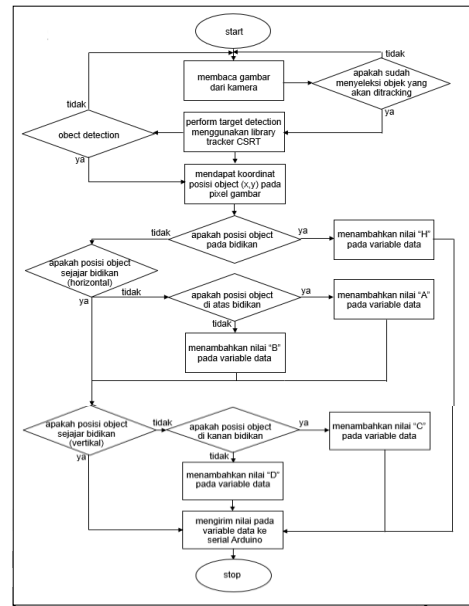
berdasarkan metode pendekatan “Self Development Live Cycle” yang bertujuan untuk mewujudkan sistem dengan tingkat kegagalan rendah. Adapun sistem yang dibuat oleh penulis pada penelitian ini adalah implementasi sistem *software* termasuk dengan sub-sistemnya dan sistem *hardware* pengendali senjata itu sendiri.

a. Implementasi sistem *software*

Implementasi sistem ini dibuat dengan tujuan tercapainya *locking target system* yang diharapkan. Penggunaan *software* pada tahapan ini menggunakan *image processing* OpenCV dengan bahasa pemrograman *Python* yang lebih mudah penulisan dalam algoritmanya. Sistem *locking target* akan dibuat secara teknis setelah sistem utama dinyalakan, maka sumber data didapatkan berupa *video lifetime* oleh kamera. Setelah data didapatkan, kemudian akan diolah menggunakan pemrograman *Python*. Hasil pengolahan citra ini nantinya akan ditampilkan pada monitor. Pembuatan aplikasi pada rancangan *software* dengan menggunakan OpenCV sebagai *open library software*, bahasa pemrograman *Python*, dan Vscode sebagai *text editor*.

Pembuatan program *image processing* ini juga memerlukan alur pikir tersendiri. Penulis menunangkan alur pikir coding ini menggunakan *flowchart* berdasarkan bahasa pemrograman *Python* pada OpenCV. Dengan variable Bahasa *Python*, *flowchart* diharapkan mampu membantu

penulis dalam penulisan program pada OpenCV.



Gambar 8 Diagram alir *coding software*

sistem penguncian objek sasaran. Penggunaan aplikasi ini dilengkapi dengan beberapa fitur tombol seperti *change camera*, *stop*, *flip*, dan *close*. Aplikasi “Camera” juga dilengkapi dengan penampilan data FPS, status data, dan COM. Fungsi tombol “*change camera*” digunakan apabila perangkat yang terhubung lebih dari satu. Penggunaan tombol *stop* berfungsi penuh atas jalannya aplikasi, karena pengguna tidak dapat menutup program dengan tombol “X” pada *windows*. Vidio yang tertampil dapat *mirroring* dengan menggunakan tombol “*flip*” pada aplikasi.

Aplikasi berjalan setelah kamera dan monitor terkoneksi dengan *wifi* yang sama. Penulis menggunakan *ip address* sebagai komunikasi data vidio. Berikut tahapan penggunaan aplikasi *locking target system*:

- 1) *Install* aplikasi “camera”

pada laptop.

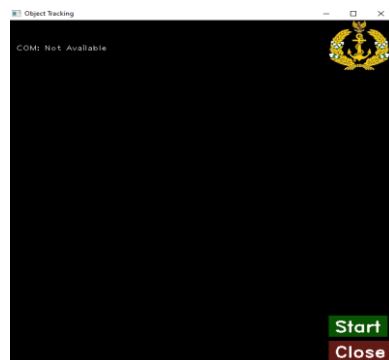
2) Sambungkan kamera dan monitor pada *ip address* yang sama.

3) Buka aplikasi locking target dengan memasukkan *ip address* wifi.

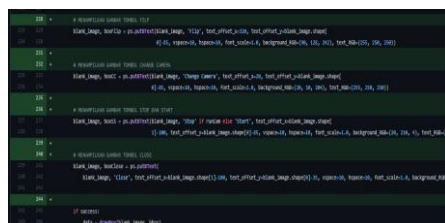
4) Tekan *start*, maka tampilan *video life time* dapat tertampil pada monitor.

5) *Drag object* yang akan dijadikan sasaran.

6) *Bounding box pink* akan mengunci sasaran yang telah terpilih.



Gambar 9
Tampilan aplikasi sebelum dihubungkan dengan kamera



Gambar 10
Program tampilan fitur

b. Implementasi sistem hardware

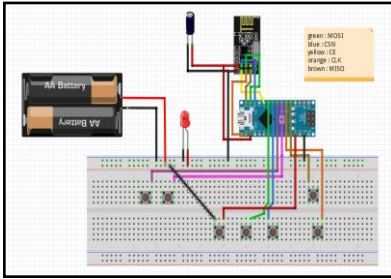
Berikut ini adalah implementasi sistem yang digunakan dari perangkaian *remote control*, perangkaian kontrol gerak (*motor driver span*, tembak, elevasi, dan *training*), dan pemasangan kamera.

1) Merangkai *remote Control*

Rangkaian *remote control* yang dibuat terdiri dari tujuh tombol (empat penentu arah gerak, daya, *reload*, dan tembak), modul NRF, antena NRF, baterai sebagai sumber catu daya, dan Arduino Nano. Seluruh komponen dirangkai pada *breadboard* dengan skema seperti pada gambar. Daya dari *remote control* didapat dari baterai 5V yang dikontrol oleh tombol daya. Terdapat 6 pin *output* pada modul NRF yang dihubungkan dengan Arduino Nano untuk menjalin komunikasi data *wireless*. Lampu LED digunakan sebagai indikator aliran daya yang masuk.



Gambar 11
Remote Control Senjata



Gambar 12 Diagram perkabelan rangkaian *remote control*

2) Merangkai kendali motor

Rangkaian motor DC akan memerlukan daya 12 VDC yang didapat dari catu daya. Tegangan yang dikeluarkan catu daya sebelumnya telah diturunkan dari daya listrik rumahan 220 VAC. Gerak dari motor *training*, elevasi, span, dan *trigger* dibatasi oleh sensor *limit switch* dengan masing-masing arah putaran yang bertegangan 5V. Masing-masing motor span dan tembak akan terhubung dengan *relay* yang dikontrol oleh Arduino Uno. Daya 24VDC juga akan diturunkan ke daya 5VDC oleh rangkaian *step down*. Penggunaan daya 5VDC diperuntukkan hanya untuk mikrokontroller, modul NRF, *relay*, dan *limit switch*.



Gambar 13 *Driver motor elevasi dan training*

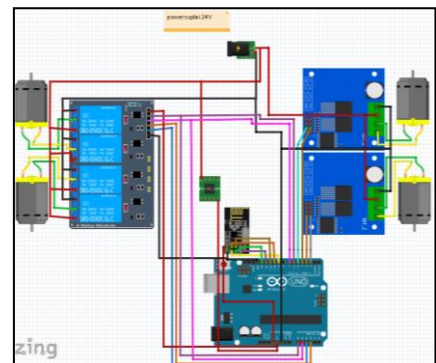
Driver motor menggunakan BTS 7960 berbasis H-bridge. Pada *output* motor digunakan diode yang

berfungsi sebagai penahan arus balik dari motor DC. Driver motor ini juga dilengkapi dengan *Pulse Wave Modulation* (PWM) dengan sumber *input* mikrokontroler untuk mengatur arah gerak dan kecepatan gerak motor. Pergerakan yang dapat dilakukan dari motor DC akan terbatas oleh sensor *limit switch* yang akan diprogram dengan mikrokontroler.



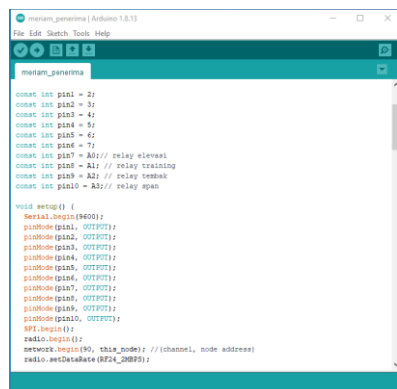
Gambar 14 *Relay motor span dan trigger*

Relay motor span dan trigger yang dipasang adalah modul *relay 4 channel* Arduino. Pada relay ini terdapat tegangan *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO) sehingga buka tutup arus dapat terjadi.



Gambar 15 Diagram perkabelan kendali senjata

Pergerakan motor DC dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno sebagai penerima sinyal *transmitter*. Pin analog akan terhubung dengan empat *relay* motor. Empat pin akan terhubung dengan gerak motor elevasi dan *training*, sedangkan dua pin akan terhubung dengan motor span dan *trigger*.



Gambar 16 program deklarasi dan konfigurasi control senjata

3) Pemasangan *wifi camera*

Penggunaan kamera pada senjata diletakkan diatas laras, sehingga pergerakan keduanya dapat berjalan linear atau selaras. *Wifi camera* digunakan sebagai sumber data visual dengan output data digital, kamera dilengkapi dengan lensa *telezoom* untuk memenuhi kemampuan jarak jangkauan lensa kamera dengan jarak efektif penembakan GPMG 7,62 mm. jarak jangkauan lensa *telezoom* mencapai 3 km kemudian dihubungkan dengan lensa kamera, sehingga jarak

efektif GPMG 7,62 mm dapat terpenuhi.



Gambar 17 pemasangan *wifi camera* pada senjata

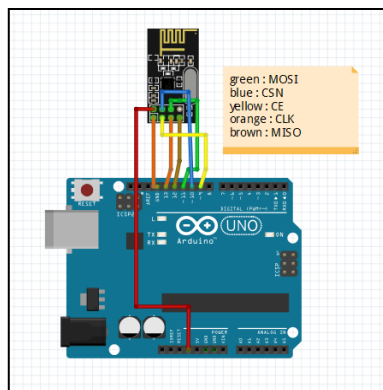
c. Integrasi sub-sub sistem

Perhubungan antar sub sistem akan dilakukan oleh komunikasi data *wireless* NRF dan juga perkabelan pada kontrol senjata. Penggunaan NRF memiliki tujuan agar seluruh sub-sistem tetap dapat terhubung walaupun dengan jarak yang jauh. Komunikasi data video dilaksanakan untuk menghubungkan antara aplikasi dengan mikrokontroler. Data video nantinya akan dikirim melalui *ip address* ke monitor. Harapan setelah dilakukannya integrasi ini adalah *output source code*, prosedur, dan pelatihan.

1) Penggunaan *module wireless NRF*

Penggunaan *module wireless NRF* pada perancangan ini diperuntukkan pada kendali motor senjata dengan *remote control*. Pada penggunaan *remote control* NRF akan dipasangkan pada Arduino Nano dengan 5 pin *output* sebagai *transmitter*. Penggunaan mikrokontroler pada kontrol senjata yang

dipasangkan dengan NRF adalah Arduino Uno dengan pin yang lebih banyak dari *remote control* sebagai *receiver*. berikut pemasangan *input* dan *output* mikrokontroller dengan *output* NRF. Pada perangkat, penerima pin NRF akan masuk pada pin9 hingga pin13 dengan VCC berasal dari sumber tegangan Arduino.



Gambar 18 Modul NRF sebagai *transmitter*

```
void setup(void)
{
  Serial.begin(9600); // Menggunakan serial monitor pada 9600bps
  pinMode(pin11, OUTPUT); // Deklarasi pin sebagai output
  pinMode(pin12, INPUT); // Deklarasi pin sebagai input

  radio.begin(); // Mulai membaca modul NRF24L01
  radio.openWritingPipe(pipe); // NRF24L01 siap untuk mengirim data
}

void loop(void)
{
  long duration, distance; // Variabel durasi dan jarak
  digitalWrite(pin12, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(pin12, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(pin12, LOW);

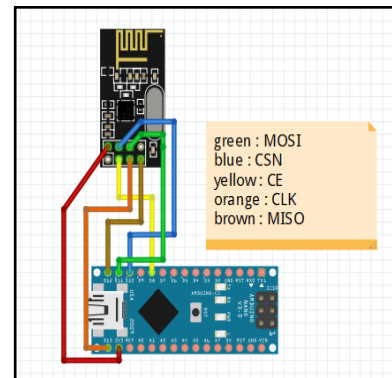
  duration = pulseIn(echopin, HIGH);
  distance = ( duration / 2) / 29; // Perhitungan untuk pembacaan jarak

  Serial.println("100m-");
  Serial.println(distance);

  SentMessage[0] = (distance);
  radio.write(SentMessage, 1); // Kirim nilai melalui NRF24L01
}
```

Gambar 19 Pengkodean *transmitter* NRF

Pin CE akan mengaktifkan komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI), pin CSN akan mengaktifkan *input high* dan mematikan SPI, pin SCK akan memasukan data *clock*. *Input* tegangan akan masuk melalui kabel merah bernilai (-) 3,3V dan hitam sebagai nilai (+) pada *ground*.



Gambar 20 Modul NRF sebagai *receiver*

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
  Serial.println("Nrf24L01 Receiver Starting");
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, pipe);
  radio.startListening();
}

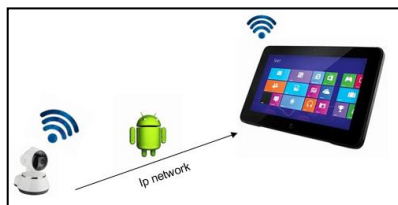
void loop()
{
  if ( radio.available() )
  {
    bool done = false;
    while (!done)
    {
      done = radio.read( data, sizeof(data) );
      Serial.println(data);
    }
  }
  else
  {
    Serial.println("No radio available");
  }
}
```

Gambar 21 Pengkodean *receiver* NRF

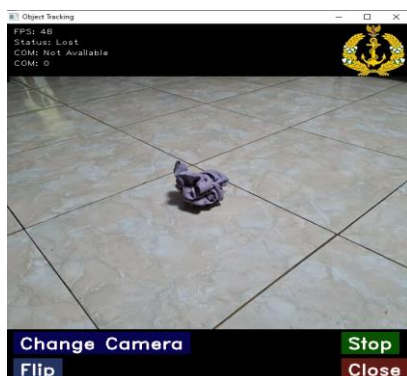
2) Penggunaan komunikasi data vidio

Komunikasi data vidio menggunakan *ip address* yang sama antara dua perangkat. Sistem ini dapat menghubungkan antara kamera dengan monitor melalui jaringan *wifi* yang sama. Penulis memasukan *ip address wifi* pada aplikasi. *Wifi camera* akan mengirimkan data berupa *string* yang akan dikirim melalui IP dan diterima oleh monitor. Komunikasi antara camera dengan monitor menggunakan teknologi *Peer to Peer* (P2P). Hal in dilakukan tanpa server, sehingga terjadi *client to client*. *Peer to Peer* (P2P) menyediakan *router* anonim, sehingga tidak diperlukan DDNS server atau layanan internet.

Software dan motor terhubung oleh mikrokontroler Arduino Nano. Program akan memilih perangkat Arduino yang tersedia untuk dapat mengirimkan data koordinat sasaran. Program pada aplikasi akan terhubung dengan mikrokontroler dengan *num="A"* benda berada di atas, *num="B"* benda berada di bawah, *num="C"* benda di kanan, dan *num="D"* benda di kiri. Kode ini akan menghantar *num+-H* berada di koordinat tepat target. Motor akan tetap terkoneksi dengan aplikasi walaupun *runcam=not* karena objek direset, artinya *if runcam=not runcam runApp true* dengan *leftClickOnDown true*.



Gambar 22 Cara kerja *wifi camera*



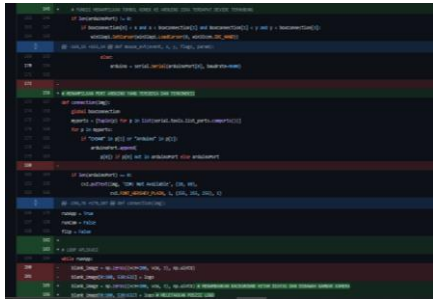
Gambar 23 Tampilan program image processing setelah *ip address* terhubung

3) Koneksi software terhadap motor

Tabel 1 Kebenaran program untuk mengikuti target

No	SEBELUM TERHUBUNG ARDUINO	SETELAH TERHUBUNG ARDUINO
----	---------------------------	---------------------------

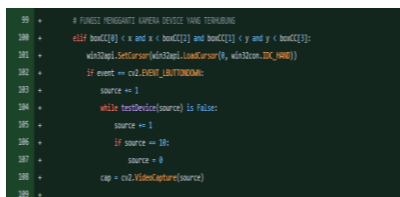




Gambar 24 Program untuk

memilih perangkat

Arduino yang telah terhubung akan menjadi *source +1* dengan status *available*, aplikasi dapat mengganti koneksi perangkat yang sudah terhubung dengan memanggil program *if event == cv2.EVENT_LBUTTONDOWN* maka terdapat pilihan Arduino yang dapat terhubung. Jika terjadi kegagalan dalam menghubungkan perangkat baru *while testDevice(source) is false*, maka data akan kembali pada *source +1*.



Gambar 25 Program koneksi Arduino

CV2 akan memanggil *source +/- 1* sebagai sumber data, dengan menggunakan *cv2.putText* sebagai tampilan status “available” dan “not available”. Pada saat program mencari koneksi Arduino maka *runApp true*, berarti aplikasi masih dapat berjalan, *runCam*

false, berarti camera tidak dapat berfungsi sementara, dan fitur *flip false*, artinya *video life time* tidak dapat *mirroring* selama pencarian koneksi Arduino.

2 Pengujian alat/sistem

Penulis melakukan beberapa percobaan untuk menguji alat/sistem yang telah diimplementasikan. Diawali dari pengujian *remote control* terhadap senjata, pengujian aplikasi dengan kamera, pengujian penembakan, uji jarak komunikasi data NRF, dan pengujian integrasi sistem.

a. Pengujian sistem kendali senjata secara manual

Uji sistem dilakukan dengan menghubungkan *remote control* dengan senjata. Perintah *remote control* akan diterima motor sehingga reaksi motor terhadap mikrokontroler dapat dianalisa. Penulis juga membuat beberapa jarak sebagai percobaan komunikasi data. Kestabilan kecepatan motor dalam bergerak juga dapat dianalisa setelah dilakukannya percobaan.

Pada pengujian *remote control*, penulis mengalami kegagalan yang menyebabkan diperlukannya tindakan pemeliharaan korektif pada motor DC. Penggunaan tegangan 12VDC belum dapat menggerakkan roda gigi secara halus, sehingga implementasi sistem digantikan dengan tegangan 24VDC. Dalam percobaan ini diharapkan kerja PWM maupun komunikasi data dapat berjalan dengan baik. Bukan hanya sistem, melainkan kondisi komponen setelah dilakukannya percobaan.



Gambar 26 Pengujian *remote control* terhadap gerak senjata

b. Pengujian *Locking Target System* pada kamera

Pada tahap uji ini penulis mencoba menentukan objek untuk dikunci. Pada aplikasi "Camera" penulis akan membuat *pink bounding box* untuk memilih objek yang dikunci. Percobaan dilakukan dengan jarak dekat dan ruang dengan pencahayaan yang baik. Ukuran bounding box akan dibuat sesuai besarnya objek yang dipilih, selain itu pemilihan objek ditentukan langsung oleh operator. Kamera akan digerakkan dari beberapa sisi lain objek. Pada tahapan uji ini, penulis tidak melibatkan kontrol senjata. Sehingga, komponen yang dilibatkan hanya aplikasi "Camera" dan sumber visual data yaitu kamera telepon



genggam.

Gambar 27 Pengujian aplikasi "Camera"

c. Pengujian penembakan senjata

Tahapan pengujian senjata dilakukan dengan menguji *relay* motor span dan *trigger*. *Relay* sebagai saklar *on/off* pada motor span dan *trigger* yang harus bergerak kedua arah dengan batasan gerak. Percobaan dilakukan dengan menekan tombol "*reload*" pada remote untuk fungsi span. Fungsi tembak untuk menggerakkan motor tembak dilakukan dengan cara menekan tombol "tembak" pada motor. Penulis juga menguji kebutuhan waktu yang diperlukan motor dari *reload* berjalan hingga tertembak oleh motor tembak.



Gambar 28 Solenoid tembak

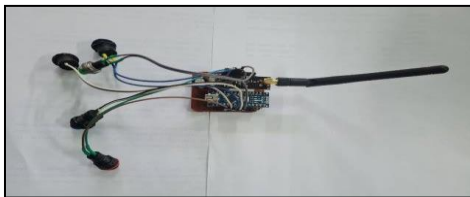
d. Pengujian komunikasi data NRF24L01

Komunikasi data menggunakan NRF24L01 membutuhkan gelombang radio frekuensi dalam prosesnya, sehingga percobaan perlu dilakukan dalam keadaan gelombang radio akan terhalang maupun tidak.



Gambar 29 Pengujian komunikasi NRF pada ruang berpenghalang

Pada tahap pengujian modul *transceiver* NRF24L01 penulis meletakkan *transmitter* dengan *receiver* pada ruang tanpa penghalang dan dengan penghalang. Uji coba dilakukan dengan mengirim kode data 451 dari *transmitter* yang akan diterima receiver di jarak 25m-150 m.



Gambar 30 Modul NRF

e. Pengujian pada sistem integrasi

Pada tahapan uji ini penulis menggabungkan sistem kontrol dan aplikasi “camera” dengan menggunakan komunikasi data modul NRF 24L01. Kamera terpasang diatas laras GPMG 7,62 mm yang telah terpasang pada kontrol senjata. Penggunaan kamera dengan lensa *telezoom* digunakan menjadi salah satu opsi yang berkenaan dengan jarak jangkauan lensa. Pada ruang terbuka yang luas, penulis menggunakan lensa *telezoom*. Sistem kontrol akan berkomunikasi menggunakan modul NRF 24L01 untuk mengirimkan koordinat objek

sasaran menuju motor senjata. Pada percobaan ini, penulis akan melakukan percobaan terhadap reaksi motor terhadap koordinat sasaran yang dikirim NRF24L01.



Gambar 31 Pengujian integrasi sistem

3 Analisa sistem dan pembahasan

a. Analisa percobaan pengujian sistem kendali senjata

Tabel 2 Kebenaran gerak motor

MOT 1A	MOT 1B	MOT 2A	MOT 2B	GERAK
H	L	H	L	Atas
L	H	L	H	Bawah
H	L	L	L	Kanan
L	L	H	L	Kiri

L=LOW MOT A=*right* PWM
H=HIGH MOT B=*left* PWM

Dari hasil percobaan sistem kendali senjata, motor *driver* dapat mengendalikan motor ke dua arah yang berbeda. *Driver* motor dapat menahan tegangan yang masuk ke motor, sehingga kecepatan gerak senjata stabil dengan adanya PWM. Dengan perintah remote control, gerak senjata tetap dibatasi dengan *limitswitch*

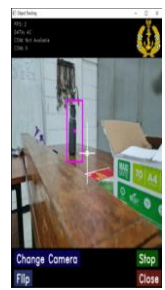
yang diberikan. Senjata dapat bergerak dengan elevasi 180°.

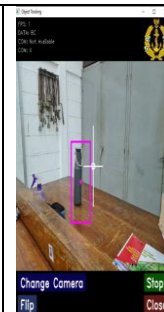
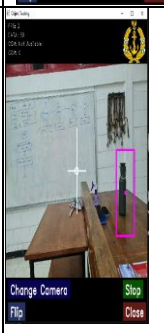
Penulis juga menganalisa penggunaan daya 24VDC yang mempengaruhi kemagnetan dari lilitan motor DC. Hasil analisa menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan kepada motor, maka semakin besar arus listrik yang mengalir lilitan kumparan. Data dibawah ini merupakan dasar penulis dalam mengambil tindakan penulis mengganti motor bertegangan 12VDC ke 24VDC.

Tabel Dasar dilakukan pemeliharaan korektif

b. Analisa pengujian terhadap *Locking Target System* pada kamera

Objek yang sudah dikunci oleh sistem akan terkunci dengan ditandai *pink bounding box*. Terlihat pada monitor, pergerakan kamera tidak mempengaruhi *bounding box* pada monitor. Dilihat dari hasil percobaan yang ada, *bounding box pink* tidak stabil terhadap objek yang terkunci. Pada gambar satu sampai empat, *bounding box* stabil pada target yang dikunci. Pada gambar lima dan enam *bounding box* bergeser menjauhi titik target.

NO	FOTO	NO	FOTO
1		4	

2		5	
3		6	

Gambar 32 Deteksi objek oleh kamera melalui aplikasi tanpa motor

c. Analisa pengujian terhadap penembakan

Dari uji tembak yang dilakukan penulis, terdapat beberapa perubahan untuk dapat mencapai hasil yang diinginkan.

Penulis menggunakan motor 12V untuk motor span dan tembak pada awal percobaan, dari hasil uji coba pertama, motor belum dapat menarik dengan penuh motor tembak dan span. Berat *trigger* tembak dan span tidak mampu dijalankan dengan motor 12V. pada percobaan berikutnya, penulis menggunakan motor 24V untuk melaksanakan percobaan. Dari hasil kedua, motor tembak dan span mampu menjalankan sistem dengan baik. *Limit switch* pada setiap batas jauh motor bergerak, dapat merespon gerak *trigger* dan span dengan baik. Untuk total waktu yang dibutuhkan dalam penembakan oleh sistem ini adalah 5,8s

berdasarkan percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 3 Tabel hasil uji coba waktu penembakan

No.	Waktu (s)		Total (s)
	Reload	Tembak	
1.	3,8	2,0	5,8
2.	3,7	2,1	5,8
3.	3,8	2,0	5,8
4.	3,6	2,22	5,88
5.	3,7	2,1	5,8

d. Analisa pengujian komunikasi data

Tabel 4 Tabel hasil uji coba modul NRF24L01

No	Jarak remote (m)	Kode pada transmitter	Kode pada receiver tanpa penghalang	Kode pada receiver dengan penghalang	Status data
1	25	451	451	451	Terkirim
2	50	451	451	451	Terkirim
3	75	451	451	451	Terkirim
4	100	451	451	451	Terkirim
5	125	451	451	753	Gagal
6	150	451	451	-	Tidak terkirim

Dari tabel diatas penulis melakukan pengujian terjauh dengan jarak 150m. Untuk jarak terjauh ditentukan penulis dari status data yang dikirim kepada penerima. Pengujian dihentikan setelah *receiver* sudah tidak dapat menerima kode yang dikirimkan.

Hasil pada uji coba menunjukkan bahwa komunikasi data yang dilakukan oleh modul NRF 24L01 dapat terhalang oleh suatu objek. Pada jarak 150m NRF 24L01 tidak dapat mengirimkan data dengan adanya objek sebagai penghalang. Dengan objek yang sama pada jarak 125m penerimaan data sudah tidak sesuai dengan data yang dikirim *transmitter*. Hasil uji coba dibuktikan pada penggunaan *remote control* dengan senjata, pada jarak 125m senjata bergerak tidak berjalan lancar

dengan adanya penghalang. Pada jarak 150m senjata sudah tidak merespon perintah *remote control*. Pada uji coba, penulis tidak menemukan jeda waktu antara data kirim dan terima selama dalam status terkirim.

e. Analisa pengujian sistem integrasi senjata

Dari hasil pengujian sistem integrasi antara kontrol senjata, *remote control*, sistem *software*, dan kamera sebagai visual data, maka penulis dapat menganalisa percobaan dari tabel 5 nilai *error* didapatkan dari rumus dibawah ini.

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{rentang titik} - \text{hasil uji coba}}{\text{selisih sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

rentang titik = jarak titik awal dan set point

hasil uji coba = titik akhir – titik awal

selisih sebenarnya = titik awal – set point

Tabel 5 Analisa gerak motor training terhadap objek sasaran

No	Gerak	Pixels		Titik akhir	Error	Waktu (S)
		Titik awal	Set point			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Kanan ke kiri	897	300	282	3,01 %	6
2.	Kanan ke kiri	546	300	294	2,4%	5
1	2	3	4	5	6	7
3.	Kanan ke kiri	445	300	297	2,06%	3
4.	Kanan ke kiri	765	300	274	5,6%	3
5.	Kanan ke kiri	323	300	313	5,6%	4
6.	Kanan ke kiri	789	300	290	2,04%	3
7.	Kanan ke kiri	537	300	290	4,2%	2
8.	Kanan ke kiri	653	300	293	1,9%	3
9.	Kanan ke kiri	459	300	295	3,1%	4
10.	Kanan ke kiri	562	300	296	1,6%	2
11.	Kiri ke kanan	234	300	324	3,6%	3
12.	Kiri ke kanan	265	300	564	2,7%	4
13.	Kiri ke kanan	78	300	487	3,3%	3

14.	Kiri ke kanan	298	300	310	4,7%	2
15.	Kiri ke kanan	256	300	400	3,5%	5
16.	Kiri ke kanan	198	300	533	2,9%	3
17.	Kiri ke kanan	167	300	478	4,1%	
18.	Kiri ke kanan	277	300	354	2,8%	2
19.	Kiri ke kanan	67	300	675	3,3%	3
20.	Kiri ke kanan	90	300	456	3,7%	4

Dari tabel hasil percobaan diatas, sistem mengalami *error* dari kanan ke kiri sebesar 2,9% dan kiri ke kanan 3,46%. Waktu rata-rata yang dibutuhkan motor dari titik awal menuju titik akhir *pixels* sebesar 3,4s. Gerak oleh motor *training* cukup baik dengan nilai *error* yang rendah. Namun, pengolahan data *Python* terhadap Bahasa C melewati proses penerjemahan yang membutuhkan waktu.

Tabel 6 Analisa gerak motor elevasi terhadap objek sasaran

No	Gerak	Pixels			Error	Waktu (S)
		Titik awal	Set point	Titik akhir		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Atas ke bawah	250	300	310	2,2%	5
2.	Atas ke bawah	280	300	400	3,1%	4
3.	Atas ke bawah	189	300	324	2,7%	3
4.	Atas ke bawah	189	300	324	4,3%	7
5.	Atas ke bawah	189	300	310	3,1%	2
6.	Atas ke bawah	56	300	400	3,3%	4
7.	Atas ke bawah	274	300	376	2,9%	3
8.	Atas ke bawah	125	300	310	2,8%	3
9.	Atas ke bawah	280	300	400	3,4%	4
10.	Atas ke bawah	98	300	324	2,9%	5
11.	Bawah ke atas	376	300	56	3,1%	4
12.	Bawah ke atas	376	300	274	3,3%	5
13.	Bawah ke atas	487	300	345	2,9%	3
14.	Bawah ke atas	310	300	274	2,9%	3
15.	Bawah ke atas	310	300	125	2,7%	2
16.	Bawah ke atas	376	300	250	2,9%	2
17.	Bawah ke atas	487	300	280	3,4%	5
18.	Bawah ke atas	400	300	79	2,9%	4
19.	Bawah ke atas	376	300	274	2,3%	3
20.	Bawah ke atas	487	300	125	2,9%	2

Dari tabel hasil percobaan motor elevasi, sistem mengalami *error* sebesar 3,07% dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas sebesar 2,93%. Waktu rata-rata yang diperlukan motor untuk dapat mengikuti target dari titik awal hingga titik akhir *pixels* adalah 3,63s. Nilai *error* dan waktu yang dibutuhkan motor elevasi tidak jauh berbeda dengan motor *training*. Dapat disimpulkan bahwa performa kedua motor sama, yaitu keadaan baik dengan kendala waktu pengiriman data. Sehingga

pertimbangan penulis dalam merubah data *Python* harus memperhatikan kondisi gigi motor. Pertimbangan penulis untuk tidak merubah nilai *pixels* pada data *Python* adalah kondisi gigi motor yang harus tetap diperhatikan. Semakin cepat gerak gigi motor akan menimbulkan gesekan pada kedua gigi yang bersinggungan.



Gambar 33 Hasil percbaan integrasi *Locking Target System*

D. KESIMPULAN

Sistem kendali senjata yang telah dibuat penulis pada senjata GPMG 7.62 mm telah berjalan sesuai dengan rancangan. Dengan penggunaan metode *Self Development Life Cycle* (SDLC) penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan hasil perancangan, yaitu:

- a. Sistem kendali senjata GPMG 7.62 mm menggunakan laptop sebagai alat *monitoring* sasaran telah berhasil dibuat oleh penulis. Laptop dapat digunakan untuk mengunci dan *monitoring* sasaran pada ruang pencahayaan yang cukup.
- b. Program *image processing* yang dibuat untuk mengidentifikasi koordinat sasaran dapat bekerja dengan baik, karena koordinat sasaran akan berubah secara otomatis menyesuaikan pergerakan *pixels* sasaran secara *real time*.

c. Program *image processing* memiliki kendala untuk dapat selalu mengikuti pergerakan target, dapat dilihat dari nilai *error bounding box* terlepas dari target yang terkunci.

d. Sistem kendali senjata GPMG 7,62 mm sudah bisa mengunci sasaran dengan cukup baik, namun akurasi senjata dalam mengenai sasaran masih rendah dilihat dari besarnya rata – rata nilai *error* yang dihasilkan oleh motor *training* dan elevasi yaitu 3%.

e. Sistem kendali senjata GPMG 7,62 mm dapat mengikuti pergerakan target dengan waktu rata rata yang dibutuhkan sebesar 3,76s.

f. Sistem penembakan senjata GPMG 7,62mm yang menggunakan motor sebagai penarik span dan *trigger* membutuhkan waktu 5,8s

g. Waktu yang dibutuhkan dapat dipersingkat dengan mengubah nilai data pada *Python*, namun penulis mempertimbangkan kondisi roda gigi pada motor.

h. Dengan beberapa kendala yang ada dalam percobaan, perancangan *locking target system* tetap memungkinkan untuk dapat digunakan pada senjata ringan GPMG.

i. Kendali senjata GPMG 7.62 mm dengan *locking target system* ini memiliki tingkat kemudahan yang tinggi, sehingga tidak diperlukannya keterampilan khusus. Penggunaan *locking target system* ini dapat langsung mengikuti pergerakan objek setelah pencarian manual menggunakan *remote control*.

j. Penggunaan senjata GPMG dengan *locking target*

system ini dapat melindungi pengawak dari bahaya tempur di medan operasi, karena penggunaan *wireless* pada seluruh sistemnya. Penggunaan *wireless* dapat digunakan untuk pengawak memilih tempat perlindungan dalam operasi senjata di ruang yang lebih tertutup atau aman.

k. Sistem kendali senjata ini dapat mengubah tenaga konvensional di era teknologi 4.0 yang sudah tidak efisien untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Af'idah, D. I., Rochim, A. F., & Widiyanto, E. D. (2014). Perancangan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) untuk Memantau Suhu dan Kelembaban Menggunakan nRF24L01+. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 2(4), 267.
- Chandra, N. (2017). Rancang Bangun Alat Informasi Kode Error Mesin Game Berbasis Mikrokontroler. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 1(1), 14.
- Huo, M., Verner, J., Zhu, L., Babar, M.A. (2004) "Software Quality and Agile Methods", Proceedings of the 28th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC '04).
- Jhon. (n.d.). Analisis Mikrokontroler. *Analisis Mikrokontroler*, 3–17.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2012). Abdul Kadir Abd AdhiS dhiSusanto. *Pengolahan Citra*, 1–700.
- Khalaf, S.J., Al-Jedaiah, M.N. (2008) "Software Quality and Assurance in Waterfall model and XP – A Comparative Study", WSEAS Transactions on Computers Vol. 7, Issue 12 pp. 1968-1976.
- Petersen, K., Wohlin, C., Baca, D. (2009) "The Waterfall Model in Large-Scale Development", Proceedings of 10th International Conference, PROFES 2009, pp. 386-400
- Prasetya, D. A., & Nurviyanto, I. (2012). Deteksi wajah metode viola jones pada opencv menggunakan pemrograman python. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, 18–23.
- Rachmad, A. (2008). *Pengolahan citra digital menggunakan teknik*. 7–11.
- Saputra, R. D. (2018). *Implementasi Jaringan Peer To Peer Dalam Proses Transfer Data Dua Personal Computer*. 02(02), 11–16.
- Saragih, R. R. (2016). Pemrograman dan bahasa Pemrograman. *STMIK-STIE Mikroskil*, December, 1–91.
- Septiano, A., & Ghozali, T. (2020). Nrf 24L01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Netwok. *Jurnal TEKNO (Civil Engineering, Elektrical Engineering and Industrial Engineering)*, 17(April), 26–34.
- Shin, Shi. (2013). *EmguCV Essentials : Develop Your Own Computer Vision Application Using the Power of Emgu CV*.
- Shpakov, O. N., & Bogomolov, G. V. (1981). Technogenic activity of man and local sources of environmental pollution. *Studies in Environmental Science*, 17(C), 329–332.
- Sumardi, A., Wiyanto, S., Sridaryono, A., Teknik, J., Sistem, E., Kodiklat, P., & Darat, A. (2020). Implementasi Wireless Sensor Network (Wsn) Guna Mengetahui Perbatasan. *Jurnal*

- Elkasista*, 1, 45–50.
- Supriyanto, A. (2006). Analisis Kelemahan Keamanan pada Jaringan Wireless. *Analisis Keamanan Jaringan Wireless*, XI(1), 38–46.
- Sutarsi, S. (2017). *Mikrokontroler dan Interface*.
- Syafruddin, R., Ramady, G. D., Hidayat, R., Fadriani, H., & Nataliana, D. (2019). Locking Target on Missile System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1424(1).
- Warmayana, I. G. A. K. (2018). Pemanfaatan Digital Marketing dalam Promosi Pariwisata pada Era Industri 4.0. *Pariwisata Budaya: Jurnal Ilmiah Agama Dan Budaya*, 3(2), 81.