

## PERANCANGAN SISTEM PENEMBAKAN MENGGUNAKAN MOTOR SERVO MG996R UNTUK AUTONOMOUS ROBOT GUN (ARO-GUN)

Sukma Sanjaya<sup>1</sup>, Ali Muhtar<sup>2</sup>, Purwono Prasetyawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Elektro, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

Email: sukma.118130038@student.itera.ac.id<sup>1</sup>, ali.muhtar@el.itera.ac.id<sup>2</sup>, purwono.prasetyawan@el.itera.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*The ever-growing and increasingly sophisticated weapons technology has led countries to continue to develop automated weapons. Since manual control of the movement and position of the weapon is very difficult to obtain a high degree of accuracy, inaccuracies in firing can cause fatalities. In order to minimize errors and inaccuracies in shooting and facilitate military performance in the use of weapons, automatic weapon drives are required. In this study, a product called ARO-GUN was developed to perform target locking and firing using an MG996R servo-type DC motor. This ARO-GUN product is based on testing when locking and firing has an X-axis accuracy of 98.51% and an average error rate of 1.50% and an average Y-axis accuracy of 97.97% and an average error rate of 1.94%. Based on research and testing, it can be inferred that the ARO-GUN product firing system can facilitate military performance in the use of weapons and minimize fatalities due to errors and inaccuracies in firing.*

**Keywords:** Accuracy, Control, Shooting

### ABSTRAK

Teknologi persenjataan yang terus berkembang dan semakin canggih menjadikan negara-negara terus mengembangkan senjata otomatis. Pengendalian pergerakan dan posisi senjata yang dilakukan secara manual sangat sulit mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga ketidakakuratan dalam penembakan dapat menimbulkan korban jiwa. Untuk meminimalisir hal tersebut maka dibutuhkan penggerak senjata secara otomatis. Pada penelitian ini dikembangkan sebuah produk bernama ARO-GUN yang dapat melakukan penguncian dan penembakan target dengan menggunakan motor DC jenis servo MG996R. Produk ARO-GUN ini berdasarkan pengujian memiliki tingkat akurasi dalam melakukan penguncian dan penembakan pada sumbu X rata-rata sebesar 98,51% dan rata-rata *error* sebesar 1,50% sedangkan pada sumbu Y memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 97,97% dan rata-rata *error* sebesar 1,94%. Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan jika sistem penembakan pada produk ARO-GUN ini dapat mempermudah kinerja militer dalam penggunaan senjata serta dapat meminimalisir adanya korban jiwa akibat kesalahan dan ketidakakuratan dalam melakukan penembakan.

**Kata kunci:** Akurasi, Kontrol, Penembakan

Diterima Redaksi: 11-08-2022 | Selesai Revisi: 06-02-2023 | Diterbitkan Online: 28-02-2023

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan zaman, teknologi juga ikut berkembang secara pesat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mempermudah kehidupan sehari-hari. Tidak dipungkiri bahwa kemajuan teknologi menjadi indikator majunya suatu negara. Oleh karena itu, banyak negara mulai mengembangkan teknologi terbaru di berbagai bidang. Teknologi persenjataan yang semakin canggih membuat banyak negara bersaing menciptakan senjata otomatis[1].

Senjata merupakan alat utama yang digunakan saat terjadi konflik dalam skala besar, contohnya perang. Konflik perang terus berlangsung di berbagai belahan dunia, salah satu contohnya adalah konflik Perang Dunia II yang menewaskan sebanyak kurang lebih 2,3 miliar korban jiwa dan merupakan peperangan dengan jumlah korban jiwa terbanyak sepanjang sejarah[2]. Banyak warga sipil yang tidak bersalah harus menjadi korban dalam peperangan tersebut. Hal ini dapat terjadi dikarenakan berbagai faktor, salah satunya

adalah kesalahan dan ketidakakuratan dalam penembakan oleh pasukan militer, sehingga dibutuhkan sebuah teknologi otomasi yang dapat menembak secara akurat.

Salah satu contoh teknologi otomasi yang dibutuhkan dalam dunia militer adalah pengarah senjata otomatis. Senjata yang memiliki teknologi otomasi sangat berguna untuk mengurangi korban militer, karena dapat membedakan antara teman dan lawan, sehingga tidak akan ada kejadian salah tembak. Senjata dengan kemampuan penembakan yang tinggi sangat diperlukan dalam dunia militer, tetapi sangat sulit untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi dikarenakan faktor *human-error*[3]. Teknologi yang dapat melakukan otomasi secara otomatis dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut dengan memaksimalkan senjata agar menjadi lebih akurat dan presisi sehingga penembakan dapat dengan tepat mengenai sasaran.

Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan, perlu dicarikan solusi yang lebih efisien dengan menerapkan teknologi otomasi. Oleh karena itu, dibuat sebuah sistem yang akan digunakan untuk menggerakkan senjata secara otomatis mengikuti targetnya dan dapat melakukan penembakan secara *real-time* oleh pengguna. Sistem senjata ini menggunakan sebuah motor yang dapat menggerakkan senjata ke arah atas, bawah, kanan, dan kiri secara fleksibel serta untuk melakukan penembakan dikendalikan oleh *push button* yang berada pada sistem kontrol.

Pada proses penerapan perancangan sistem penembakan produk ARO-GUN membutuhkan beberapa komponen pendukung, antara lain:

a. Motor Servo

Motor servo merupakan motor penggerak yang menggunakan mekanisme *closed feedback*. Motor servo terdiri dari komponen penyusun yaitu penggerak, *gear*, potensiometer, dan rangkaian untuk sistem kendali. Potensiometer dijadikan untuk mengatur putaran sudut di servo, sedangkan untuk sudut yang berada di motor servo akan diatur oleh lebar pulsa melalui kabel sinyal[4]. Pada penerapannya motor servo biasa digunakan pada robot berkaki dan robot lengan pada mobil robot.

Servo dikemas dalam bentuk kotak segiempat yang terdiri dari 3 jenis konektor kabel yaitu tegangan (Vdd), I/O kontrol, dan *grounding* (Vss). Motor servo sendiri memiliki lebar pulsa sebesar 1ms - 2ms dengan perioda sebesar 20 ms[5].

b. Arduino Nano

Arduino nano merupakan sebuah mikrokontroler yang memiliki ukuran sangat kecil dan dapat digunakan pada papan *breadboard*. Arduino nano dilengkapi dengan sebuah basis mikrokontroler Atmega328 atau Atmega16. Kelebihan yang dimiliki oleh arduino nano adalah jumlah RAM yang cukup besar. Ukuran dari *bootloader* arduino nano lebih kecil dengan menggunakan Atmega328[6].

c. Raspberry Pi

*Raspberry pi* merupakan sebuah mikrokontroler sejenis komputer yang mudah diprogram menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Meskipun memiliki ukuran yang kecil, *raspi* mampu untuk menjalankan beberapa aplikasi sekaligus, misalnya aplikasi *office* ataupun aplikasi *games*. *Raspberry pi* biasa disebut dengan nama *Single Board Circuit*. *Raspberry pi* dapat digunakan untuk *spreadsheet*, *game*, bahkan sebagai media *player* karena memiliki kemampuan dalam memutar *video high definition*, *raspberry pi* ini dikembangkan yayasan *nirlaba* yaitu *Raspberry pi Foundation* yang dinaungi oleh *developer* ahli komputer dari *Universitas Cambridge*, Inggris. *Raspi* ini dioperasikan oleh sistem berbasis *debian* pada perangkat keras di *raspberry pi*[7].

d. Modul NRF24L01

Modul NRF24L01 merupakan sensor radio yang digunakan untuk komunikasi jarak jauh. Untuk dapat berkomunikasi NRF24L01 menggunakan sebuah SPI. Tegangan yang digunakan oleh modul ini adalah sebesar 5V DC sedangkan arus yang dibutuhkan adalah sebesar 9 mA dan dilengkapi dengan *ULP solution*. NRF24L01 ini sangat banyak digunakan dalam penerapan *wireless mouse*, *keybord*, dan peralatan rumah tangga yang berbasis *wireless*[8]. Modul NRF24L01 adalah salah satu dari *Serial*

*Peripheral Interface (SPI)*. SPI adalah data bus pada mikrokontroler yang digunakan untuk melakukan komunikasi *serial* antara arduino dengan *device* lain yang juga menggunakan komunikasi dengan protokol *serial*.

Penelitian mengenai sistem pergerakan menggunakan motor DC jenis motor servo sudah banyak dilakukan, salah satunya dilakukan oleh Roby Cahyadi yang melakukan penelitian tentang sistem pelipat baju secara *portable* dengan metode *hardware programming*. Sistem ini dapat digunakan untuk melipat baju tanpa harus menggunakan tangan secara manual. Untuk dapat menggunakan alat hanya perlu menekan tombol *push button*, maka secara otomatis sistem dapat bergerak keseluruhan. Motor servo bergerak secara bergantian untuk menggerakkan papan lipat dari bagian bawah, kanan, kiri dan bagian tengah. Alat yang dibuat memiliki kekurangan tidak mampu bergerak secara baik dengan beban diatas 500 gram[9].

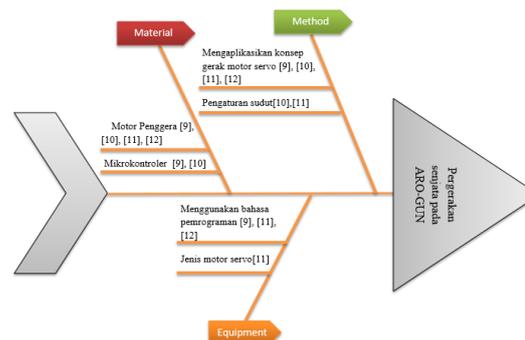
Pada penelitian Riski Indra Kafila, sistem pengendalian motor servo dibuat menggunakan PLC OMRON CP1H untuk melakukan sistem *homing* dengan cara mengirim pulsa ke pusat penggerak servo. Kecepatan motor servo dapat dikontrol dengan menggunakan *switch*. Sistem kendali dapat memungkinkan motor servo untuk kembali pada posisi awal saat motor servo dalam kondisi *off*. PLC OMRON CP1H memiliki besaran frekuensi maksimal sebesar 100KHz dengan nilai *duty cycle* sebesar 56%[10].

Pada penelitian Rusdiyanto, motor penggerak yang digunakan sebagai robot pemegang batang nosel *sprayer* elektrik berbasis arduino adalah jenis motor servo tipe MG996R. Motor servo tipe MG996R ini digunakan untuk mengarahkan batang nosel secara otomatis dengan menaikkan atau menurunkan sudut pada motor servo tipe MG996R[11].

Pada penelitian yang dilakukan Ragil Febrio Giant, motor servo digunakan untuk melakukan pergerakan ke arah kanan, tengah, dan kiri dengan cara mengatur tegangan yang diberikan ke pin GPIO pada *raspberry pi* sebagai pusat kontrol motor servo. Kendali arah pergerakan motor servo dipengaruhi lebar pulsa yang

diberikan dari sinyal PWM. Pada pin GPIO akan memiliki tegangan sebesar 3,3 V saat kondisi *high* dan tidak menghasilkan tegangan saat kondisi *low*. *Raspberrry pi* dapat digunakan sebagai otak utama untuk mengendalikan sistem melalui bahasa pemrograman *python*[12].

Adapun diagram *fishbone* pada Gambar 1 digunakan untuk menganalisa sebab-akibat dari permasalahan sebelumnya.



Gambar 1. Diagram Fishbone

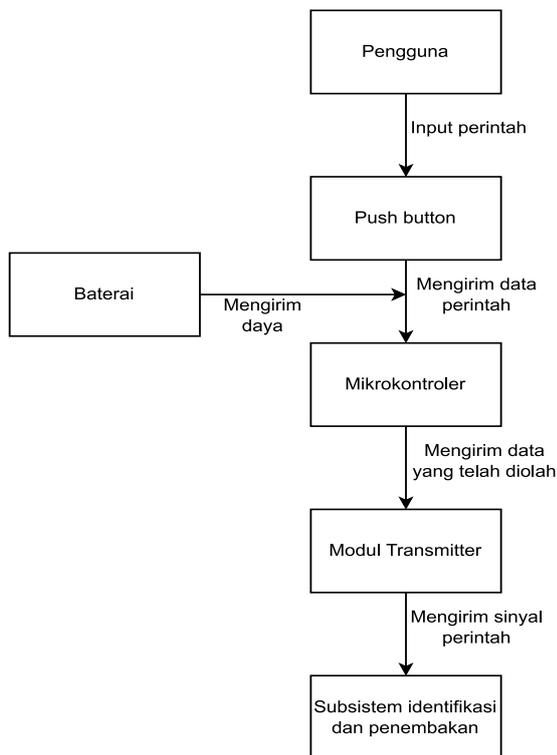
## 2. Metode Penelitian

Sistem ARO-GUN ini merupakan suatu alat yang dapat melakukan pergerakan dan penembakan terhadap target secara otomatis. Sistem pergerakan senjata dilakukan oleh motor servo yang terpasang pada posisi sumbu X untuk pergerakan ke kanan atau ke kiri dan pada posisi sumbu Y untuk pergerakan ke atas atau ke bawah dengan memanfaatkan masukan dari sistem pendeteksian yang telah mengenali objek sebagai target. Untuk sistem penembakan dikontrol melalui *push button* yang terpasang pada remot kendali dengan memanfaatkan arduino sebagai mikrokontroler serta modul NRF24L01 sebagai pengirim dan penerima *inputan* sinyal perintah. Pada sistem penembakan juga terpasang motor servo yang digunakan sebagai motor penggerak pelatuk senjata saat melakukan penembakan.

### 2.1. Sistem Hardware ARO-GUN

Pada sistem *hardware* produk ARO-GUN untuk sistem kontrol, didalamnya terdapat modul *transmitter* untuk mengirimkan sinyal gelombang PWM yang akan diolah oleh mikrokontroler untuk diteruskan ke subsistem lainnya. Selanjutnya sinyal perintah yang diterima dari subsistem kontrol akan dimasukkan dan diolah di mikrokontroler.

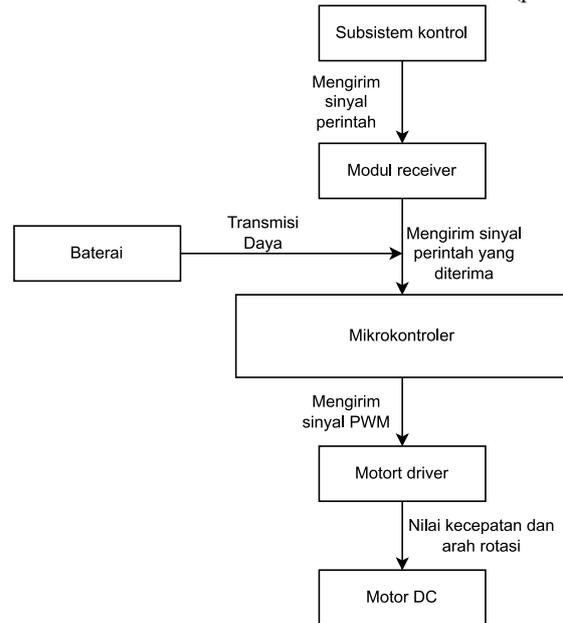
Dilakukan pengolahan citra untuk mengenali target menggunakan sensor kamera. Pergerakan senjata dilakukan oleh motor servo untuk mengikuti arah gerak target. Setelah citra target dikenali, maka akan dilakukan penguncian target dan dilakukan penembakan. Adapun diagram alir untuk sistem kontrol dan penembakan menggunakan motor DC jenis servo MG996R pada produk ARO-GUN dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 2.** Sistem Kontrol ARO-GUN

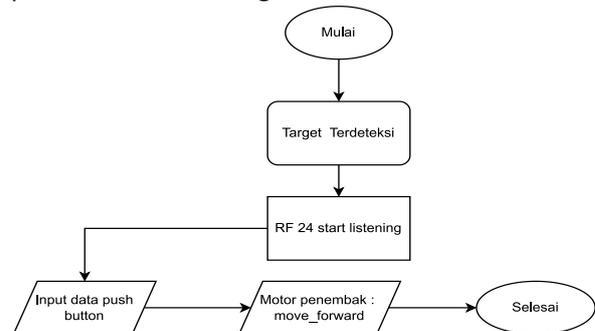
### 2.2. Tingkah Laku Penembakan ARO-GUN

Untuk pemodelan tingkah laku penembakan ARO-GUN, setelah target mampu terdeteksi oleh sistem *image processing* maka pengguna dapat mengirimkan perintah penembakan dengan menekan *push button* pada sistem kontrol. Setelah *push button* ditekan secara otomatis sistem kontrol mengirimkan sinyal perintah ke sistem penembakan melalui modul NRF24L01 yang terkoneksi dengan arduino nano sebagai pusat mikrokontroler.



**Gambar 3.** Sistem Penembak ARO-GUN

Pada saat pengiriman sinyal yang dilakukan sistem kontrol maka secara otomatis sistem penembakan akan menerima sinyal tersebut dan diolah sebagai inputan yang digunakan motor servo untuk menarik pelatuk senjata saat melakukan penembakan. Adapun *flowchart* pemodelan tingkah laku untuk sistem penembakan produk ARO-GUN dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



**Gambar 4.** Flowchart Tingkah Laku Penembakan ARO-GUN

### 2.3. Persamaan Kesalahan dan Ketidaktepatan Alat Ukur

Pengukuran memiliki peran penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Segala sesuatu yang berhubungan dengan pengukuran memiliki dampak terhadap pengetahuan dan kehidupan masyarakat dalam meningkatkan efisiensi hidup. Alat ukur digunakan untuk mengukur dari besaran sesuatu yang dapat diukur[13]. Ketidaktepatan dalam melakukan

sebuah pengukuran dapat diminimalisir dengan kalibrasi ulang terhadap alat ukur. Kalibrasi adalah suatu kegiatan membandingkan ukuran nasional, internasional serta acuan ukuran yang memiliki sertifikasi[14]. Manfaat dari melakukan kalibrasi yaitu dapat menjaga kondisi alat ukur agar sesuai dengan spesifikasi sehingga tetap akurat[14]. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung tingkat galat (*error*) dan tingkat akurasi adalah sebagai berikut[15],[16].

$$Error = \frac{|\text{Nilai Referensi} - \text{Nilai Aktual}|}{\text{Nilai Referensi}} \times 100\% \quad 2.1$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \%Error \quad 2.2$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini diberikan data-data dan analisis hasil pengujian yang telah dilakukan. Adapun 3 pengujian yang telah dilakukan, yaitu pengujian data sudut motor servo untuk penguncian target, pengujian respon waktu penguncian target, dan pengujian respon waktu kontrol penembakan.

#### 3.1. Hasil Pengujian Sudut Motor Servo Penguncian Target

Pengujian dilakukan terhadap 2 sumbu sudut pada masing-masing sudut motor servo pada produk ARO-GUN. Meliputi sumbu X dan Sumbu Y pada pergerakan motor servo untuk penguncian target. Adapun hasil data pengujian sudut motor servo adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Pengukuran Sudut Motor Servo pada Sumbu X

| Percobaan | Sudut pada Program (Derajat) | Pengukuran Aktual (Derajat) | Error (%) | Akurasi (%) |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------|
| 1         | 45                           | 46                          | 2,20      | 97,80       |
| 2         | 60                           | 59                          | 1,60      | 98,40       |
| 3         | 75                           | 77                          | 2,60      | 97,40       |
| 4         | 80                           | 81                          | 1,25      | 98,75       |
| 5         | 90                           | 90                          | 0         | 100         |
| 6         | 100                          | 99                          | 1,00      | 99,00       |
| 7         | 110                          | 112                         | 1,80      | 98,20       |
| 8         | 115                          | 113                         | 1,70      | 98,70       |
| 9         | 130                          | 132                         | 1,50      | 98,50       |
| 10        | 140                          | 138                         | 1,40      | 98,60       |
| Rata-rata |                              |                             | 1,50      | 98,51       |

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pengambilan data untuk sudut motor servo pada sumbu X penguncian target menunjukkan nilai rata-rata persentase *error*

pada pengujian sudut motor servo penguncian target adalah sebesar 1,50% dan rata-rata persentase akurasi adalah sebesar 98,51%. Data tersebut dapat menunjukkan bahwa motor servo untuk pergerakan penguncian target pada sumbu X memiliki tingkat akurasi sudut yang tinggi. Sehingga motor servo pada sumbu X dapat dipastikan bekerja dengan baik untuk penguncian target karena memiliki tingkat *error* dibawah 2%.

Tabel 2. Data Pengukuran Sudut Motor Servo pada Sumbu Y

| Percobaan | Sudut pada Program (Derajat) | Pengukuran Aktual (Derajat) | Error (%) | Akurasi (%) |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------|
| 1         | 50                           | 52                          | 4,00      | 96,00       |
| 2         | 65                           | 64                          | 1,50      | 98,50       |
| 3         | 75                           | 73                          | 2,60      | 97,40       |
| 4         | 85                           | 86                          | 1,17      | 98,83       |
| 5         | 90                           | 93                          | 3,30      | 96,70       |
| 6         | 100                          | 102                         | 2,00      | 98,00       |
| 7         | 110                          | 112                         | 1,80      | 98,20       |
| 8         | 120                          | 121                         | 0,83      | 99,17       |
| 9         | 130                          | 132                         | 1,53      | 98,47       |
| 10        | 140                          | 139                         | 0,71      | 99,29       |
| Rata-rata |                              |                             | 1,94      | 97,97       |

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengambilan data untuk sudut motor servo pada sumbu Y penguncian target menunjukkan nilai rata-rata persentase *error* pada pengujian sudut motor servo penguncian target adalah sebesar 1,94% dan rata-rata persentase akurasi adalah sebesar 97,97%. Data tersebut dapat menunjukkan bahwa motor servo untuk pergerakan penguncian target pada sumbu Y memiliki tingkat akurasi sudut yang tinggi dengan tolak ukur akurasi mendekati 98%. Sehingga motor servo pada sumbu Y dapat dipastikan bekerja dengan baik untuk penguncian target karena memiliki tingkat *error* dibawah 2%.

#### 3.2. Hasil Pengujian Waktu Respon Penguncian Target

Pengujian respon waktu motor servo untuk penguncian target dilakukan dengan cara mengamati arah gerak motor servo terhadap posisi target. Target bergerak dari tengah ke arah kanan, kiri, atas dan bawah. *Variabel* yang diukur pada pengujian ini adalah berupa ketepatan posisi motor servo terhadap target yang diperoleh berdasarkan pengamatan dengan indra penglihatan dan waktu respon

yang dibutuhkan motor servo dalam penguncian target bergerak yang diukur dengan menggunakan instrumen berupa *stopwatch*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Pengujian Waktu Respon Penguncian Target

| Arah Gerak      | Percobaan ke- | Perpindahan (cm) | Waktu (detik) |
|-----------------|---------------|------------------|---------------|
| Tengah ke kanan | 1             | 77,60            | 4,11          |
|                 | 2             | 77,30            | 4,16          |
|                 | 3             | 80,90            | 4,56          |
|                 | 4             | 79,00            | 4,22          |
|                 | 5             | 80,10            | 4,34          |
|                 | 6             | 76,20            | 4,01          |
|                 | 7             | 78,90            | 4,19          |
|                 | 8             | 80,30            | 4,44          |
|                 | 9             | 82,80            | 4,67          |
|                 | 10            | 77,80            | 4,17          |
| Rata-rata       |               | 79,10            | 4,28          |
| Tengah ke kiri  | 1             | 80,10            | 4,28          |
|                 | 2             | 77,20            | 4,19          |
|                 | 3             | 80,10            | 4,29          |
|                 | 4             | 77,80            | 4,20          |
|                 | 5             | 81,10            | 4,41          |
|                 | 6             | 76,60            | 4,14          |
|                 | 7             | 78,50            | 4,21          |
|                 | 8             | 79,50            | 4,26          |
|                 | 9             | 87,10            | 5,13          |
|                 | 10            | 78,60            | 4,20          |
| Rata-rata       |               | 79,60            | 4,33          |
| Tengah ke atas  | 1             | 54,20            | 7,99          |
|                 | 2             | 55,40            | 8,34          |
|                 | 3             | 53,00            | 8,18          |
|                 | 4             | 52,40            | 7,54          |
|                 | 5             | 53,70            | 7,89          |
|                 | 6             | 54,80            | 8,45          |
|                 | 7             | 50,10            | 7,45          |
|                 | 8             | 52,80            | 7,67          |
|                 | 9             | 55,70            | 8,21          |
|                 | 10            | 54,20            | 8,01          |
| Rata-rata       |               | 53,63            | 7,97          |
|                 | 1             | 52,20            | 8,31          |

| Arah Gerak      | Percobaan ke- | Perpindahan (cm) | Waktu (detik) |
|-----------------|---------------|------------------|---------------|
| Tengah ke bawah | 2             | 50,30            | 7,59          |
|                 | 3             | 52,90            | 8,26          |
|                 | 4             | 54,10            | 9,12          |
|                 | 5             | 50,90            | 8,97          |
|                 | 6             | 52,80            | 8,15          |
|                 | 7             | 51,30            | 7,98          |
|                 | 8             | 51,10            | 7,71          |
|                 | 9             | 53,40            | 8,45          |
|                 | 10            | 51,70            | 8,76          |
|                 | Rata-rata     |                  | 52,07         |

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pergerakan motor servo dalam melakukan penguncian target pada sumbu X yaitu dari tengah ke kanan pada jarak rata-rata sebesar 79,10 cm membutuhkan respon waktu rata-rata sebesar 4,28 detik sedangkan untuk pergerakan dari tengah ke kiri pada jarak rata-rata sebesar 79,60 cm membutuhkan respon waktu rata-rata sebesar 4,33 detik. Untuk pergerakan motor servo dalam melakukan penguncian target pada sumbu Y dari tengah ke atas pada jarak rata-rata sebesar 53,63 cm membutuhkan respon waktu rata-rata sebesar 7,97 detik sedangkan untuk pergerakan dari tengah ke bawah pada jarak rata-rata sebesar 52,07 cm membutuhkan respon waktu rata-rata sebesar 8,33 detik.

Data tersebut menunjukkan bahwa respon waktu yang dibutuhkan motor servo pada sumbu X untuk pergerakan penguncian target lebih singkat dibandingkan dengan penguncian target pada motor servo sumbu Y, meskipun jarak rata-rata yang ditempuh oleh motor servo pada posisi sumbu Y lebih singkat. Hal ini disebabkan karena pada sumbu Y motor servo yang terpasang pada senjata dalam keadaan terjepit pada tiang penyangga sehingga membuat motor servo pada sumbu Y membutuhkan waktu yang lebih lama untuk melakukan pergerakan.

### 3.3. Hasil Pengujian Waktu Respon Kontrol Penembakan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon waktu *push button* dalam mengontrol motor servo penarik pelatuk senjata dengan

memberikan variasi jarak 3m, 6m, 9m, 12m, 15m, dan 18m antara subsistem kontrol dengan sub-subsistem penembakan. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk masing-masing jarak. Percobaan bertujuan untuk mengetahui kemampuan subsistem dalam melakukan pengiriman sinyal perintah penembakan. Adapun hasil pengujian kontrol penembakan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Waktu Respon Kontrol Penembakan

| Jarak (m) | Percobaan | Waktu Sensor (s) | Waktu Aktual (s) | Error (%) |
|-----------|-----------|------------------|------------------|-----------|
| 3         | 1         | 0,64             | 0,73             | 14,06     |
|           | 2         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 3         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 4         | 0,64             | 0,47             | 26,56     |
|           | 5         | 0,64             | 0,53             | 17,19     |
|           | 6         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 7         | 0,64             | 0,46             | 28,13     |
|           | 8         | 0,64             | 0,61             | 4,69      |
|           | 9         | 0,64             | 0,49             | 23,44     |
|           | 10        | 0,64             | 0,52             | 18,75     |
|           | Rata-rata | 0,64             | 0,54             | 15,31     |
| 6         | 1         | 0,64             | 0,54             | 15,63     |
|           | 2         | 0,64             | 0,66             | 3,13      |
|           | 3         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 4         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 5         | 0,64             | 0,47             | 26,56     |
|           | 6         | 0,64             | 0,63             | 1,56      |
|           | 7         | 0,64             | 0,51             | 20,31     |
|           | 8         | 0,64             | 0,67             | 4,69      |
|           | 9         | 0,64             | 0,48             | 25        |
|           | 10        | 0,64             | 0,56             | 12,5      |
|           | Rata-rata | 0,64             | 0,57             | 12,19     |
| 9         | 1         | 0,64             | 0,53             | 17,19     |
|           | 2         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 3         | 0,64             | 0,67             | 4,69      |
|           | 4         | 0,64             | 0,68             | 6,25      |
|           | 5         | 0,64             | 0,60             | 6,25      |
|           | 6         | 0,64             | 0,56             | 12,5      |
|           | 7         | 0,64             | 0,58             | 9,38      |
|           | 8         | 0,64             | 0,47             | 26,56     |
|           | 9         | 0,64             | 0,57             | 10,94     |
|           | 10        | 0,64             | 0,62             | 3,13      |

| Jarak (m) | Percobaan | Waktu Sensor (s) | Waktu Aktual (s) | Error (%) |
|-----------|-----------|------------------|------------------|-----------|
| 12        | Rata-rata | 0,64             | 0,56             | 10,314    |
|           | 1         | 0,64             | 0,66             | 3,13      |
|           | 2         | 0,64             | 0,86             | 34,38     |
|           | 3         | 0,64             | 0,73             | 14,06     |
|           | 4         | 0,64             | 0,99             | 54,69     |
|           | 5         | 0,64             | 0,66             | 3,13      |
|           | 6         | 0,64             | 0,82             | 28,13     |
|           | 7         | 0,64             | 0,76             | 18,75     |
|           | 8         | 0,64             | 0,64             | 0         |
|           | 9         | 0,64             | 0,71             | 10,94     |
| 15        | 10        | 0,64             | 0,59             | 7,81      |
|           | Rata-rata | 0,64             | 0,71             | 17,50     |
|           | 1         | 0,64             | 0,93             | 45,31     |
|           | 2         | 0,64             | 0,79             | 23,44     |
|           | 3         | 0,64             | 0,73             | 14,06     |
|           | 4         | 0,64             | 0,66             | 3,13      |
|           | 5         | 0,64             | 0,86             | 34,36     |
|           | 6         | 0,64             | 0,74             | 15,63     |
|           | 7         | 0,64             | 0,91             | 42,19     |
|           | 8         | 0,64             | 0,82             | 28,13     |
| 18        | 9         | 0,64             | 0,68             | 6,25      |
|           | 10        | 0,64             | 0,77             | 20,31     |
|           | Rata-rata | 0,64             | 0,78             | 23,28     |
|           | 1         | 0,64             | 0,86             | 34,36     |
|           | 2         | 0,64             | 0,80             | 25,00     |
|           | 3         | 0,64             | 0,99             | 54,69     |
|           | 4         | 0,64             | 0,86             | 34,36     |
|           | 5         | 0,64             | 0,93             | 45,31     |
|           | 6         | 0,64             | 0,81             | 26,56     |
|           | 7         | 0,64             | 0,79             | 23,44     |
| 8         | 0,64      | 0,89             | 39,06            |           |
| Rata-rata | 9         | 0,64             | 0,92             | 43,75     |
|           | 10        | 0,64             | 0,74             | 15,63     |
|           | Rata-rata | 0,64             | 0,83             | 34,22     |

Diketahui bahwa *range* waktu *delay* sensor pada modul NRF24L01 dapat mengirim dan menerima sinyal adalah sebesar 0,64 detik pada jarak 0m, 8m, 16m, dan 24m[17]. Akan tetapi, pada saat dilakukan pengambilan data aktual menggunakan *stopwatch* didapatkan berbagai variasi waktu *delay*. Berdasarkan Tabel 4 tersebut pada saat diberikan jarak sebesar 3

meter antara kontrol penembakan dengan sub-subsistem penembakan diperoleh nilai rata-rata waktu respon aktual sebesar 0,54 detik dengan nilai *error* rata-rata sebesar 15,31%. Untuk jarak 6 meter diperoleh respon waktu aktual rata-rata sebesar 0,57 detik dengan nilai rata-rata *error* sebesar 12,19%. Untuk jarak 9 meter diperoleh respon waktu aktual rata-rata sebesar 0,56 detik dengan nilai rata-rata *error* sebesar 10,31%. Untuk jarak 12 meter diperoleh respon waktu aktual rata-rata sebesar 0,71 detik dengan nilai rata-rata *error* sebesar 17,50%. Untuk jarak 15 meter diperoleh respon waktu aktual rata-rata sebesar 0,78 detik dengan nilai rata-rata *error* sebesar 23,28%. Untuk jarak 18 meter diperoleh respon waktu aktual rata-rata sebesar 0,83 detik dengan nilai rata-rata *error* sebesar 34,22%. Dari data nilai rata-rata respon waktu aktual dan nilai *error* yang dipaparkan dapat disimpulkan bahwa nilai *error* tertinggi saat kontrol penembakan dengan sub-subsistem penembakan berada pada jarak 18 meter. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor *human error* dalam penggunaan *stopwatch* saat pengambilan data serta modul NRFL2401 sendiri membutuhkan arus sebesar 250 mA sedangkan arduino nano memiliki keluaran arus sebesar 40 mA[18].

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang di dapat dari perancangan dan implementasi sistem penembakan produk ARO-GUN adalah sebagai berikut.

1. Sistem penguncian target pada produk ARO-GUN mampu untuk meminimalisir adanya korban jiwa akibat dari kesalahan dan ketidakakuratan dalam penembakan, berdasarkan pengujian sistem penguncian target memiliki tingkat akurasi pada sumbu X sebesar 98,51% dan pada sumbu Y sebesar 97,97%.
2. Sistem penembakan ARO-GUN dapat mempermudah kinerja militer dikarenakan dapat dikendalikan secara otomatis melalui *push button* dari sistem kontrol, serta berdasarkan pengujian sistem penembakan ARO-GUN memiliki tingkat *error* pada sumbu X sebesar 1,50% dan sumbu Y sebesar 1,94% sehingga dapat meminimalisir kesalahan penembakan akibat faktor *human error*.

#### Daftar Pustaka

- [1] S. Syarief and F. A. Rismawa, "Autonomous Target Tracking," *J. Poli-Teknologi*, vol. 17, no. 2, pp. 121–128, 2018, doi: 10.32722/pt.v17i2.1232.
- [2] I. A. Laksmi, "Dampak Perang Dunia II," *Diglosia J. Kaji. Bhs.*, vol. 4, no. 2, pp. 189–204, 2021, doi: 10.30872/diglosia.v4i2.178.
- [3] M. Eng, "pendeteksi Target Otomatis Menggunakan IMV," 2017.
- [4] A. Hilal and Manan, "Motor Servo sebagai Penggerak CCTV," vol. 17, no. 2, pp. 95–99, 2013.
- [5] E. D. Putra, "Pengenalan angka robot lengan menggunakan webcam."
- [6] S. D. Infantri, "Simulator Latihan Tembak Berbasis Arduino Nano."
- [7] Husnia, "Pengontrolan Ruang Menggunakan Webcam Berbasis Raspberry Pi," pp. 8–9, 2017.
- [8] A. Septiano and T. Ghazali, "NRF24L01 Pemancar Sinyal Wireless," *J. TEKNO*, vol. 17, pp. 26–34, 2020.
- [9] R. Cahyadi, "Pelipat Baju Otomatis Berbasis Arduino nano," *Ilmu Komput. Univ. Pakuan*, pp. 1–9, 2AD.
- [10] R. I. Kafila, "Sistem Auto Homing Menggunakan Motor Servo Berbasis PLC," no. November, pp. 611–617, 2019.
- [11] Rusdiyanto, "Implementasi Motor Servo untuk Sprayer," vol. 0012, no. 1, pp. 162–170, 2021.
- [12] R. F. Giant, "Elektronik Pada Ruang Berbasis Web," *J. Transm.*, vol. 2, no. 17, pp. 70–75, 2015.
- [13] Fitrya, "Akurasi dan Presisi Alat Ukur," *J. Pengabd. UntukMu NegeRI*, vol. 1, no. 2, pp. 60–63, 2017, doi: 10.37859/jpumri.v1i2.237.
- [14] A. M. S, "Measurement and Instrumentation Principles," *Butterworth Heinemann*, vol. 1999, no. December, pp. 1–6, 2001.
- [15] Ivory, "Penggunaan Sensor Suhu Bayi pada Inkubator," *J. Tek. elektro*, vol. 10, pp. 185–194, 2021.
- [16] M. I. Fajri and L. Anifah, "Deteksi Kanker dengan Fuzzy Logic," *Tek. Elektro*, vol. 7 no. 3, pp. 121–126, 2018.

- [17] U. J. Shobrina, "Kinerja Pengiriman Sinyal NRF24L01," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 1510–1517, 2018.
- [18] A. Suhada, "Sistem Keamanan Gedung

Menggunakan Modul NRF24L01," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 1360–1367, 2016.