

SISTEM KENDALI PERGERAKAN MOBILISASI MENGGUNAKAN GESTUR TANGAN PADA *AUTONOMOUS ROBOT GUN* (ARO-GUN)

Bima Arifanto¹, Ali Muhtar², Purwono Prasetyawan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera, Lampung

Email: bima.118130143@student.itera.ac.id¹, ali.muhtar@el.itera.ac.id²,

purwono.prasetyawan@el.itera.ac.id³

ABSTRACT

Existing mobile weapon technologies can endanger its user because of the need to use direct control, while also having a heavy mass that can slow down movement speed. In this study, a product called ARO-GUN is developed to have multiple functions, which are accurately shot targets, remotely controlled, utilizes hand gestures, also having a light mass. Testing is done by looking at the accuracy of the angle, speed, and response time so that the percentage of error can be seen based on predetermined parameters. The test results shown that there are errors in each tests, namely 1.89% for the accuracy of the hand gesture sensor, 18.98% for the transceiver response time, 10.75% for the rotational speed, and 17.92% for the response to the movement of the weapon. Based on study results, it can be concluded that ARO-GUN product can be operated as a mobile weapon by utilizing hand gestures for controlling its movement direction with maximum distance of 18 meter. Beside that, ARO-GUN has a speed of 300 rpm and a mass of 4.30 Kg, which is lighter than most mobile weapon technologies.

Keywords: Hand Gestures, Control, Speed, Mobilization

ABSTRAK

Teknologi persenjataan secara *mobile* banyak menggunakan kendali secara langsung ditempat yang dapat membahayakan pengguna. Pada penelitian ini dikembangkan sebuah produk bernama ARO-GUN yang dapat menembak target secara akurat, serta mampu dikendalikan secara jarak jauh dengan massa yang ringan dan memanfaatkan kontrol dari gestur tangan. Pengujian dilakukan dengan melihat keakuratan sudut, kecepatan, dan waktu respon sehingga dapat dilihat persentase error berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan terdapat error pada masing-masing pengujian, yaitu 1,89% untuk keakuratan sensor gestur tangan, 18,98% untuk waktu respon *transceiver*, 10,75% untuk kecepatan rotasi, dan 17,92% untuk respon pergerakan senjata. Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa produk ARO-GUN dapat dioperasikan sebagai senjata *mobile* dengan memanfaatkan gestur tangan sebagai penentu arah pergerakan yang dapat dikendalikan sejauh 18 meter. Selain itu, ARO-GUN memiliki kecepatan sebesar 300 rpm dengan massa sebesar 4,30 Kg yang lebih ringan bila dibandingkan dengan massa senjata *mobile* yang telah diproduksi.

Kata kunci: Gestur Tangan, Kendali, Kecepatan, Mobilisasi

Diterima Redaksi: 09-08-2022 | Selesai Revisi: 20-02-2023 | Diterbitkan Online: 28-02-2023

1. Pendahuluan

Teknologi persenjataan zaman sekarang telah berkembang sangat pesat, banyak negara yang berlomba-lomba untuk membuat teknologi persenjataan secara *mobile* yang dapat berpindah-pindah tempat agar dapat memudahkan pekerjaan manusia. Teknologi persenjataan secara *mobile* yang umum digunakan saat ini adalah tank. Tank merupakan alat tempur yang sering digunakan saat melakukan pertempuran di daratan. Tank hanya dapat dikendarai secara manual oleh pengguna yang berada di dalamnya sehingga hal tersebut dapat membahayakan pengguna saat terjadi

serangan dari musuh. Tank tidak dapat digunakan dalam ruangan karena memiliki ukuran yang sangat besar. Ukuran yang besar itu dapat membuat tank diketahui oleh musuh dengan sangat mudah. Tank juga memiliki massa yang sangat berat sekitar 40 ton untuk 1 unitnya sehingga hal tersebut menyebabkan tank susah untuk dipindahkan dari satu tempat ketempat yang lain[1].

Teknologi persenjataan secara *mobile* perlu ditingkatkan lagi sehingga dapat dikendalikan secara jarak jauh. Pengguna tidak perlu lagi berada di dekat senjata untuk mengendalikannya agar dapat terhindar dari

serangan musuh. Senjata secara *mobile* dapat diperkecil ukurannya sehingga musuh akan kesulitan untuk mengidentifikasi. Massa merupakan hal yang sangat penting dalam era modern saat ini dikarenakan senjata yang memiliki massa ringan sangat mudah untuk dibawa kemana-mana. Ukuran kecil dan massa yang ringan juga dapat menambah kecepatan senjata dalam melakukan pergerakan.

Oleh karena itu, diperlukan senjata secara *mobile* yang dapat dikendalikan jarak jauh menggunakan sistem transmisi sinyal. Sinyal yang digunakan dapat berupa sinyal radio, bluetooth, dan WiFi. Sinyal ini dapat mempermudah pengguna dalam mengendalikan senjata tanpa harus berada di dekatnya sehingga dapat meminimalisir serangan dari musuh. Sensor gesture tangan dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan senjata secara jarak jauh dengan memanfaatkan transmisi sinyal. Ukuran dari senjata dapat diperkecil dengan menggunakan mikrokontroler yang memiliki fungsional seperti komputer didalam sebuah chip sehingga alat dapat memiliki ukuran yang relatif kecil. Ukuran yang relatif kecil akan menyebabkan massa dari senjata menjadi ringan sehingga memudahkan pengguna untuk membawanya kemana saja.

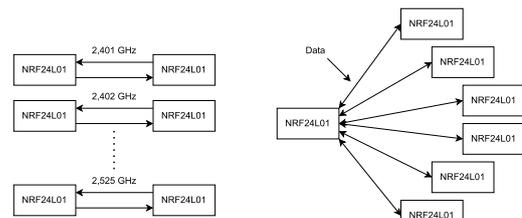
Adapun tujuan pada jurnal ini adalah sebagai berikut:

1. Meminimalisir bahaya terhadap pengguna yang mengoperasikan senjata *mobile* dengan menggunakan kendali jarak jauh.
2. Mempercepat pergerakan senjata *mobile* dengan menurunkan massa senjata.

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

a. Modul NRF24L01

Modul transceiver NRF24L01 dapat mentransmisikan dan menerima data melalui frekuensi tertentu yang sering disebut channel. Transceiver dapat menghubungkan satu sama lain melalui channel yang sama seperti Gambar 1. Channel ini merupakan frekuensi yang memiliki nilai antara 2.400 hingga 2.525 MHz. Setiap channel memiliki bandwidth berkisar kurang dari 1 MHz.

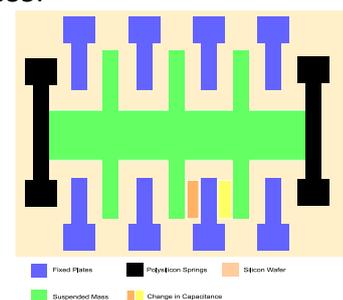


Gambar 1. Cara Kerja Modul NRF24L01

Hal tersebut membuat pengguna dapat menggunakan 125 channel sehingga pengguna dapat memiliki jaringan sebanyak 125 saluran yang berbeda dengan hanya menggunakan 1 modul NRF24L01. Pada setiap saluran memiliki 6 alamat, sehingga dengan kata lain pada 1 modul dapat terhubung dengan 6 modul lainnya.

b. Sensor ADXL335

ADXL335 merupakan sebuah sensor accelerometer yang memiliki daya rendah dengan tegangan keluaran sinyal yang dapat disesuaikan. Sensor ini dapat mengukur percepatan dengan minimum rentang sebesar kurang lebih 3 g. Sensor ini sangat berguna untuk mengukur percepatan statis dari gravitasi, dan dapat juga menghitung percepatan dinamis yang berasal dari benturan, gerakan, dan lain-lain. Berikut merupakan cara kerja dari ADXL335.



Gambar 2. Cara Kerja MEMS Accelerometer pada ADXL335

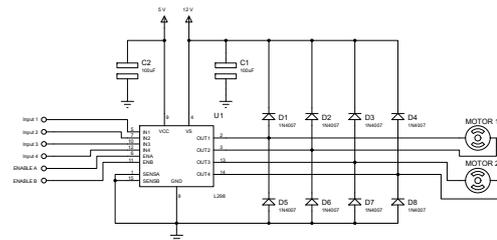
Accelerometer MEMS merupakan struktur mesin mikro yang dibuat diatas wafer silikon yang dapat dilihat pada Gambar 2. Struktur tersebut dihubungkan oleh pegas poli-silicon yang berguna untuk membelokkan struktur saat terjadi percepatan pada sumbu tertentu. Kapasitansi antara pelat tetap dan pelat

yang menempel pada pegas akan mengalami perubahan. Perubahan kapasitansi akan memiliki nilai yang sebanding dengan percepatan pada sumbu tertentu. Sensor akan memproses perubahan kapasitansi sehingga akan merubahnya menjadi tegangan output analog. Pengguna modul ini dapat memilih bandwidth accelerometer dengan kapasitor pada sumbu X, Y, dan Z. Bandwidth memiliki rentang masing-masing, yaitu sumbu X dan Y sebesar 0,5 HZ sampai 1600 HZ, dan sumbu Z sebesar 0,5 Hz sampai 550 Hz[2].

c. Motor Driver L298N

Motor driver L298N berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan arah perputaran dari motor DC. Motor driver L298N memiliki IC yang bertipe L298 dengan tipe H-bridge yang berguna untuk mengendalikan servo, motor DC, dan motor stepper. Pada IC L298 memiliki transistor logika yang dikombinasikan dengan gerbang nand agar dapat memudahkan dalam menentukan putaran dari motor DC. Motor driver L298N dapat mengendalikan 2 motor DC sekaligus sehingga sangat cocok untuk digunakan pada robot line follower. Mikrokontroler memiliki tegangan output yang terbatas, yaitu hanya 3,3V dan 5 V saja sehingga sangat tidak cocok untuk mengendalikan motor DC yang memiliki tegangan diatas itu, untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan motor driver yang dapat mengendalikan motor DC dengan tegangan 5-35 V DC tanpa harus diberikan tegangan oleh mikrokontroler[3].

Rangkaian skematik dari L298N dapat dilihat pada Gambar 3 memiliki 6 pin masukan, yaitu berupa input 1-4, enable A dan enable B. Motor DC hanya akan berputar saat pin enable A dan B diberikan logika High sehingga saat pin tersebut diberikan logika Low maka motor DC tidak akan bergerak.



Gambar 3. Rangkaian Skematik L298N

Input 1 dan input 2 digunakan untuk mengontrol motor 1, sedangkan input 3 dan input 4 digunakan untuk mengontrol motor 2. Motor 1 akan berputar searah jarum jam saat input 1 diberikan logika High dan input 2 diberikan logika Low. Motor 1 akan berputar arah sebaliknya apabila input 1 diberikan logika Low dan input 2 diberikan logika High. Pengendalian motor 2 memiliki logika yang sama dengan motor 1 hanya saja memiliki pin yang berbeda, yaitu pada pin input 3 dan input 4. Kapasitor pada rangkaian berfungsi sebagai decoupling untuk menghilangkan tegangan liar yang berasal dari power supply. Dioda pada rangkaian memiliki fungsi untuk proteksi pada induksi yang terjadi pada motor DC saat melakukan perubahan putaran secara tiba-tiba[4].

Riset mengenai sistem kendali pergerakan mobilisasi menggunakan gestur tangan telah banyak sekali dilakukan, salah satunya dilakukan oleh Paris Fahdz Abdul Azis yang melakukan riset mengenai robot beroda yang dapat dikendalikan menggunakan gestur tangan melalui sensor MPU-6050. Modul MPU-6050 dapat membaca sinyal analog sudut X dan Y sehingga robot dapat bergerak maju, mundur, kiri, dan kanan sesuai perintah pengguna. Robot yang dibuat dapat dikendalikan dengan batas 30 meter dengan memanfaatkan modul NRF24L01 yang di kontrol oleh mikrokontroler arduino. Mikrokontroler arduino memiliki fungsi sebagai pengontrol penerima, pengirim, dan pengolah data pada mobilisasi robot yang dikontrol melalui gestur tangan. Pada penelitian ini terdapat kecepatan yang tidak konstan pada robot dengan rentang 0,427 hingga 0,45 dan

jarak pengiriman yang terbatas sejauh 30 meter. Nilai error yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebesar 0,32% untuk sumbu X dan 0,48 untuk sumbu Y[3].

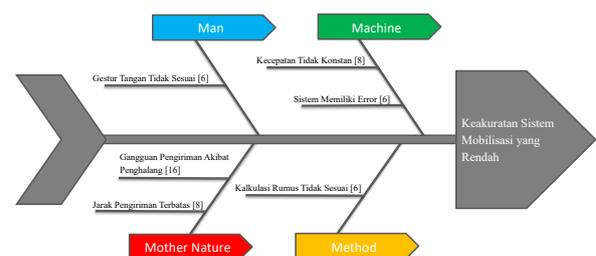
Pada penelitian Kristanto Saptadi Nugraha, sensor gestur tangan yang digunakan adalah Modul ADXL335 yang memiliki fungsi sebagai accelerometer sehingga dapat diukur besarnya sudut yang dihasilkan pada gestur tangan yang dapat digunakan untuk melakukan pergerakan mobilisasi dari suatu produk. Pada penelitian ini kalkulasi rumus untuk perhitungan sudut tidak akurat seperti hasil sudut yang sebenarnya saat berada di atas 80 derajat. Modul ADXL335 pada penelitian tersebut memiliki nilai error terhadap sudut sebenarnya sebesar 1,43% untuk sumbu X dan 0,75% untuk sumbu Y, hal tersebut dapat disebabkan oleh tangan manusia yang sulit untuk tidak bergerak atau juga bisa disebabkan oleh sistem yang error[2].

Pada penelitian Jati Widyo Leksono, kendali gestur tangan yang digunakan menggunakan modul sensor MPU-6050 yang ditransmisikan melalui gelombang frekuensi radio NRF24L01. Modul NRF24L01 mampu mengendalikan pergerakan robot sejauh 45m. Penelitian tersebut memiliki hasil berupa modul sensor yang mampu membaca sumbu X, Y, dan Z. Kendali motor DC dikontrol melalui motor driver L298N. Hasil respon sensor terhadap pergerakan mobilisasi robot yang dapat terhubung dengan kisaran waktu 0,45s dan memiliki kecepatan hingga 4.596,50 rpm[5].

Pada penelitian Upik Jamil Shobrina, pengiriman data modul transceiver NRF24L01 memiliki delay sebesar 0,64 hingga 1,12 saat melakukan pengiriman data tanpa penghalang, sedangkan saat terdapat penghalang delay yang dihasilkan naik hingga 0,3 hingga 1,73 detik. Delay yang dihasilkan berasal dari penghalang yang mengganggu pengiriman data[6].

Sehingga dari penelitian yang telah dilakukan, penulis mendapatkan referensi

dalam menentukan mikrokontroler, sensor, dan modul yang digunakan. Pada hasil penelitian pertama, penulis mendapatkan acuan mengenai mikrokontroler yang efisien untuk digunakan, yaitu arduino sebagai pengontrol dan pengolah data untuk mengendalikan masukkan dari sensor dan modul yang digunakan. Pada penelitian kedua, penulis mendapatkan acuan mengenai sensor gestur tangan yang digunakan, yaitu ADXL335 sebagai accelerometer sehingga dapat diukur besarnya sudut yang dihasilkan pada gestur tangan yang dapat digunakan untuk melakukan pergerakan mobilisasi dari produk yang akan dibuat. Pada penelitian ketiga dan keempat, penulis mendapatkan acuan mengenai modul yang digunakan, yaitu modul NRF24L01 yang mampu mengontrol kendali mobilisasi sejauh 45 m dan dapat memiliki delay selama 1,7 detik saat terdapat penghalang di antara receiver dan transmitter. Keempat penelitian tersebut membantu penulis dalam mengambil kesimpulan perancang produk yang akan dibuat dengan merumuskan permasalahan yang dijelaskan melewati fishbone diagram pada Gambar 4 sebagai berikut.

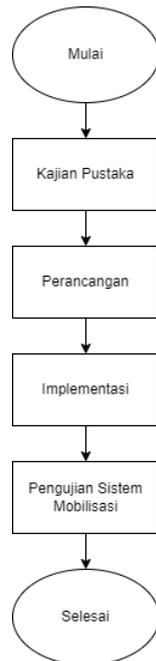


Gambar 4. Fishbone Diagram

2. Metode Penelitian

2.1. Metodologi Perencanaan

Pada penelitian mengenai Sistem Kendali Pergerakan Mobilisasi Menggunakan Gestur Tangan pada ARO-GUN memiliki rancangan berupa sistem hardware, software, serta rancangan pengujian. Metodologi penelitian yang telah direncanakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Untuk tahap awal ini penulis akan melakukan kajian mengenai konsep-konsep dan cara kerja sistem mobilisasi pada Autonomous Robot Gun. Kemudian pada sistem perancangan akan dilakukan kajian lebih dalam berdasarkan variabel yang telah didapatkan pada kajian pustaka, serta akan dilakukan perancangan sistem mobilisasi menggunakan komponen-komponen yang telah dikaji sebelumnya. Selanjutnya penulis akan melakukan implementasi berdasarkan hasil rancangan sehingga membentuk sistem mobilisasi yang telah direncanakan sebelumnya. Kemudian akan dilakukan pengujian pada sistem mobilisasi berdasarkan rancangan yang telah disusun sebelumnya.

2.2. Pengujian dan Persamaan pada Sensor ADXL335

Sensor ADXL335 merupakan sensor gestur tangan yang memanfaatkan *accelerometer*. Untuk mengetahui kinerja dari sensor, maka dilakukan pengujian sensor dengan menghubungkannya pada mikrokontroler, untuk dapat memastikan sensor dapat mendeteksi *accelerometer* atau tidak. Untuk melihat keakuratan dari hasil sudut yang dihasilkan oleh ADXL335, maka akan dilakukan perhitungan untuk mencari sudut yang

dihasilkan pada masing-masing sumbu ADXL335 sebagai berikut[7], [8]:

$$A_{out} = \frac{\frac{ADC\ value * Vref}{1024} - Voltage\ Level\ at\ 0g}{Sensitivity\ Scale\ Factor} \quad (2.1)$$

$$\theta_x = \left(\frac{atan2(Az_{out}, Ax_{out}) * 180}{\pi} \right) + 180 \quad (2.2)$$

$$\theta_y = \left(\frac{atan2(Ay_{out}, Az_{out}) * 180}{\pi} \right) + 180 \quad (2.3)$$

$$\%Error = \frac{|NR - NP|}{NR} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana A merupakan rumus untuk mengubah nilai ADC 10-bit menjadi satuan g untuk setiap sumbu X dan Y. ADC merupakan nilai analog lalu diubah menjadi nilai digital yang didapatkan dari keluaran ADXL335. Vref merupakan tegangan *input* dari ADXL335 yaitu sebesar 5V, sedangkan nilai 1024 merupakan nilai amplitudo dari ADC Arduino. Voltage level saat 0g dapat dicari melalui *datasheet* yaitu sebesar 1,65V, sedangkan untuk sensitivitas dari ADXL335 bernilai sebesar 330 mV/g. Atan2 berfungsi untuk mengubah nilai setiap sumbu dalam satuan g menjadi nilai radian yaitu kisaran -180° hingga 180° sehingga dapat dihitung keseluruhan sudut rotasi hingga 360° . Nilai dalam radian dapat diubah menjadi derajat dengan cara mengalikannya dengan $180/\pi$ sehingga didapatkan nilai rentang kisaran -180° hingga 180° untuk mengubahnya menjadi 0° hingga 360° cukup dengan menambahkan 180° ke dalam rumus[7]. Untuk menentukan nilai *error* diperlukan nilai referensi (NR) yang merupakan nilai yang diharapkan dan nilai pengukuran (NP) merupakan nilai yang dihasilkan dari alat ukur. Nilai error harus bersifat mutlak sehingga tidak terdapat hasil minus pada pengukuran error[8].

2.3. Pengujian Modul NRF24L01

NRF24L01 merupakan modul *transceiver* yang terhubung oleh mikrokontroler. Untuk mengetahui kinerja dari modul NRF24L01 terhadap mikrokontroler akan dilakukan pengujian. Pengujian akan dilakukan dengan mengamati pengiriman data dan penerimaan data berdasarkan jarak maksimal sebesar 15

meter, serta akan dihitung nilai error yang didapatkan. Frekuensi dan nilai error dari saluran RF dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut[8], [9]:

$$Frekuensi = 2400 + CH \quad (2.5)$$

$$\%Error = \frac{|NR - NP|}{NR} \times 100\% \quad (2.6)$$

Frekuensi pada NRF24L01 didapatkan berdasarkan channel yang digunakan. Channel yang digunakan dapat bernilai 1 MHz hingga 125 MHz. Channel yang digunakan akan ditambahkan 2400 sesuai dengan pita ISM yang digunakan, yaitu sebesar 2,4 GHz[9]. Untuk menentukan nilai *error* diperlukan nilai referensi (NR) yang merupakan nilai yang diharapkan dan nilai pengukuran (NP) merupakan nilai yang dihasilkan dari alat ukur. Nilai error harus bersifat mutlak sehingga tidak terdapat hasil minus pada pengukuran error[8].

2.4. Pengujian Kecepatan Motor Driver L298N

Motor Driver L298N berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan arah perputaran dari motor DC. Kecepatan rotasi pada motor DC yang ingin digunakan adalah sebesar 300 rpm, agar alat memiliki kecepatan konstan sehingga memudahkan sensor dalam pendeteksian. Untuk mengetahui kinerja dari motor DC tersebut, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *tachometer* yang dapat mengukur kecepatan pada motor DC serta dapat dicari nilai error yang dihasilkan menggunakan persamaan berikut[8]:

$$\%Error = \frac{|NR - NP|}{NR} \times 100\% \quad (2.7)$$

Untuk menentukan nilai *error* diperlukan nilai referensi (NR) yang merupakan nilai yang diharapkan dan nilai pengukuran (NP) merupakan nilai yang dihasilkan dari alat ukur. Nilai error harus bersifat mutlak sehingga tidak terdapat hasil minus pada pengukuran error[8].

2.5. Pengujian dan Persamaan Keakuratan Sistem Mobilisasi

Pengujian keakuratan sistem mobilisasi dilakukan dengan memprogram sistem

menggunakan bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino, lalu diuji dengan menggerakkan gestur tangan sebagai kontrol pada sistem mobilisasi sehingga produk ARO-GUN dapat berpindah-pindah tempat. Pengujian akan dilakukan dengan menghitung keakuratan pada sistem mobilisasi, serta mengamati pengiriman data dan penerimaan data berdasarkan gerakan gestur tangan sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Keakuratan Sistem Mobilisasi

Gerak Gestur	Roda
Depan	Bergerak Maju
Kanan	Belok Kanan
Kiri	Belok Kiri
Belakang	Bergerak Mundur

Keakuratan sistem mobilisasi membutuhkan persentase akurasi dan error sehingga dapat diketahui seberapa akurat respon yang diterima data dan pergerakan yang diterima oleh sistem mobilisasi. Persentase error dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut[8]:

$$\%Error = \frac{|NR - NP|}{NR} \times 100\% \quad (2.8)$$

dimana nilai referensi (NR) merupakan nilai yang diharapkan dan nilai pengukuran (NP) merupakan nilai yang dihasilkan dari alat ukur. Nilai error harus bersifat mutlak sehingga tidak terdapat hasil minus pada pengukuran error[8].

2.2. Jadwal Penyelesaian Pengujian Sistem Mobilisasi

Tabel 2. Jadwal Pengujian Sistem Mobilisasi

Pengujian	Jangka Waktu
Pengujian keakuratan sudut sensor gestur tangan	6 hari
Pengujian <i>transreceiver</i>	5 hari
Pengujian kecepatan motor <i>driver</i>	6 hari
Pengujian keakuratan sistem mobilisasi	7 hari
Jumlah	24 hari

2.3. Prosedur Pengujian Sistem Mobilisasi

Tabel 3. Prosedur Pengujian Sistem Mobilisasi

Nama Pengujian	Prosedur Pengujian	Indikator Keberhasilan
Pengujian Keakuratan Sudut Sensor Gestur Tangan (ADXL335)	Melakukan pengujian dengan merubah sudut hingga 5 kali dan dilihat nilai error yang didapatkan	Hasil pengukuran error pada sensor maksimal sebesar 5% dan akurasi minimal sebesar 95%

Nama Pengujian	Prosedur Pengujian	Indikator Keberhasilan
Pengujian <i>Transceiver</i> (NRF24L01)	Melakukan pengujian <i>transceiver</i> dengan memperhatikan <i>serial monitor</i> pada <i>transmitter</i> dan <i>receiver</i> , lalu mengubah jarak menjadi 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 meter	Data akan memiliki status terkirim saat di jarak kurang dari 15 meter
Pengujian Kecepatan <i>Motor Driver</i>	Melakukan pengujian kecepatan motor selama 30 menit, dan akan dilakukan pengukuran tiap 5 menit sekali menggunakan <i>tachometer</i>	Kecepatan rotasi motor DC konstan sebesar 300 rpm dengan nilai <i>error</i> maksimal 5% dan akurasi minimal 95%
Pengujian Keakuratan Sistem Mobilisasi	Menghitung keakuratan pada sistem mobilisasi, serta mengamati pengiriman data dan penerimaan data berdasarkan gerakan gestur tangan	<i>Receiver</i> akan menggerakkan motor DC berdasarkan sinyal <i>transmitter</i> yang sesuai dengan gestur tangan dari pengguna. Nilai <i>error</i> maksimal 5% dan akurasi minimal 5%

2.4. Spesifikasi Produk

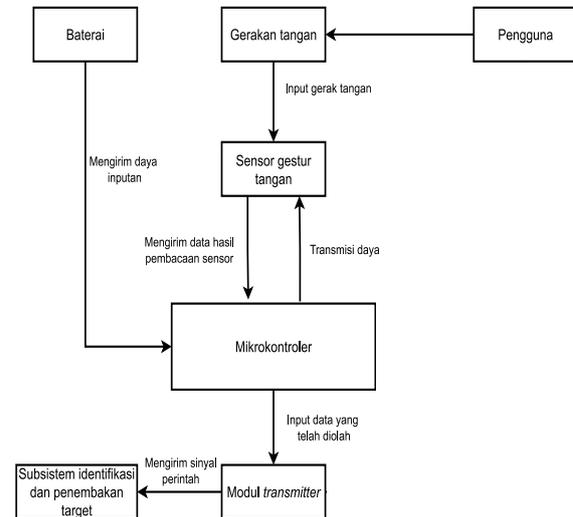
Spesifikasi produk ARO-GUN ini merupakan alat yang memiliki sistem yang dapat mendeteksi target secara *real-time* dengan memanfaatkan sensor kamera yang akan menghasilkan citra digital lalu diolah oleh mikrokontroler. Produk ini mampu menembak target sejauh 5 meter dan dapat dikendalikan mobilisasinya sejauh 15 meter dengan kecepatan rotasi sebesar 300 rpm. Pada produk ini diperlukan pengujian terhadap sistem kendali dari pergerakan mobilisasi. Maka penulis akan melakukan pengujian pada komponen-komponen utama yang terdapat pada sistem mobilisasi, yaitu modul NRF24L01, sensor ADXL335, dan *motor driver* yang memiliki karakteristiknya masing-masing.

2.5. Instrumen dan Teknik Analisis

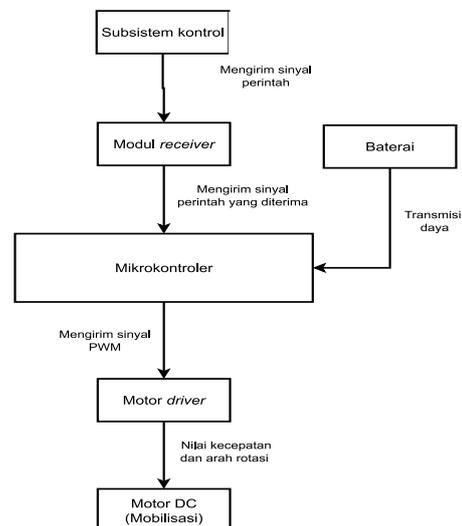
Instrumen yang digunakan, yaitu alat ukur kecepatan motor DC demi memenuhi instrumen yang akan diukur. Untuk teknik analisis akan menggunakan rumus-rumus yang telah ditetapkan sehingga didapatkan perhitungan dari masing-masing komponen yang akan dianalisis. Selain itu, teknik analisis

akan menggunakan *serial monitor* yang terdapat pada software sehingga dapat terlihat masukan dan keluaran yang dihasilkan oleh masing-masing komponen yang akan dianalisis.

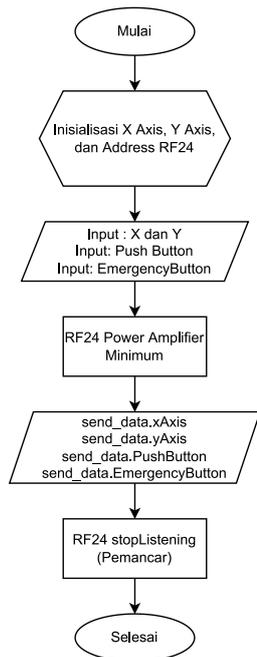
2.6. Perancangan Produk



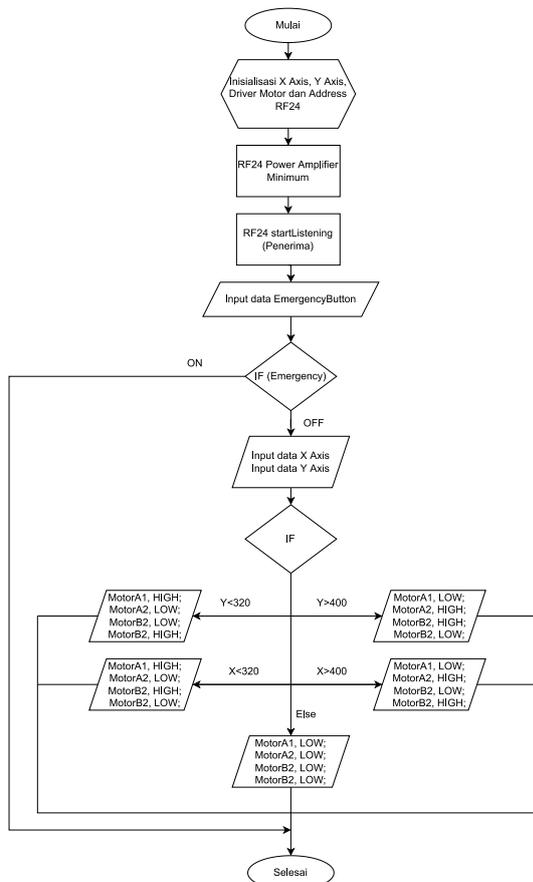
Gambar 6. Data Flow Diagram Subsystem Kontrol[10]



Gambar 7. Data Flow Diagram Subsystem Mobilisasi[10]



Gambar 8. Flowchart Subsistem Kontrol ARO-GUN [10]



Gambar 9. Flowchart Subsistem Mobilisasi ARO-GUN[10]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Keakuratan Sudut Sensor Gestur Tangan (ADXL335)

Pengujian keakuratan sudut ADXL335 memiliki data berupa sinyal analog yang didapatkan melalui *serial monitor*. Sinyal analog dapat bernilai dengan rentang 280 hingga 440. Sinyal analog dapat dikonversi menjadi sudut dengan menggunakan Persamaan 2.1-2.3 sehingga dapat diketahui nilai *error* dengan cara menjadikan nilai sudut berdasarkan pengukuran busur sebagai nilai referensi menggunakan Persamaan 2.4 yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Analisis Pengujian Keakuratan Sudut Sensor ADXL335 Sumbu X

Sudut	Sinyal Analog (mV)	Sudut Berdasarkan Sinyal Analog	Pengukuran Busur	Error (%)
270°	338,50	269,50°	270°	0,60
360°	293,60	358,86°	360°	0,31
180°	437,50	181,12°	180°	0,77
Rata-rata				0,56

Tabel 5. Analisis Pengujian Keakuratan Sudut Sensor ADXL335 Sumbu Y

Sudut	Sinyal Analog (mV)	Sudut Berdasarkan Sinyal Analog	Pengukuran Busur	Error (%)
180°	345,90	187,07°	180°	3,93
90°	288,50	89,56°	90°	0,81
270°	433,30	271,19°	270°	0,93
Rata-rata				1,89

Pada Tabel 4 dan Tabel 5 terdapat hasil perhitungan dari sudut berdasarkan sinyal analog sehingga dapat diketahui nilai *error* dan akurasi yang dihasilkan untuk pengujian keakuratan sudut sensor ADXL335 pada sumbu X dan sumbu Y. Nilai *error* untuk keseluruhan sudut yang telah diuji memiliki nilai dibawah 5 % sehingga memenuhi indikator keberhasilan yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian ketepatan sudut pada sumbu X, terdapat nilai rata-rata *error* tertinggi pada sudut 180° dengan nilai *error* sebesar 0,77% dan nilai akurasi sebesar 99,23%. Untuk pengujian ketepatan sudut pada sumbu Y, terdapat nilai rata-rata *error* tertinggi pada sudut 180° dengan nilai *error* sebesar 3,93% dan nilai akurasi sebesar 96,06%. Hal ini dapat terjadi disebabkan beberapa faktor diantaranya, tegangan yang disuplai pada ADXL335 tidak stabil, kesalahan

dalam melakukan pengukuran aktual menggunakan busur derajat, kurang telitinya dalam menentukan besarnya derajat serta faktor human *error*.

3.2. Pengujian *Transceiver* (NRF24L01)

Pengujian *transceiver* dilakukan untuk mengontrol pergerakan mobilisasi dengan berbagai variasi jarak antara subsistem kontrol dengan subsistem mobilisasi. Frekuensi pada modul NRF24L01 dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 2.5. NRF24L01 diuji dengan menggunakan CH sebesar 00 sesuai dengan implementasi yang telah dilakukan sehingga membuat frekuensi yang dihasilkan otomatis sebesar 2,4 GHz. Diketahui bahwa range delay yang dibutuhkan modul NRF24L01 dalam melakukan pengiriman dan penerimaan data adalah sebesar 0,64 detik pada jarak 0m, 8m, 16m, dan 24m[6] sehingga dapat diketahui nilai *error* yang dihasilkan pada masing jarak yang telah diuji menggunakan Persamaan 2.6 yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Pengujian *Transceiver*

Jarak	Waktu Sensor (detik)	Waktu Aktual (detik)	<i>Error</i> (%)
3	0,64	0,51	24,22
6	0,64	0,54	21,81
9	0,64	0,69	13,18
12	0,64	0,74	17,34
15	0,64	0,76	17,65
18	0,64	0,72	19,68
Rata-rata		0,66	18,98

Pada Tabel 6. terdapat variasi nilai *error* dan akurasi untuk masing-masing jarak. Nilai *error* untuk keseluruhan jarak yang telah diuji memiliki nilai diatas 5% sehingga tidak memenuhi indikator keberhasilan yang telah dirancang sebelumnya. Pada Tabel 6. juga terlihat bahwa saat berada pada jarak 3 meter pengiriman data berlangsung sangat cepat bahkan kurang dari waktu sensor yang ditentukan yaitu sebesar 0,51 detik, sedangkan saat jarak semakin jauh waktu yang waktu pengiriman berlangsung lebih lama dari waktu sensor yang telah ditentukan. Hal ini dapat terjadi disebabkan karena modul NRF24L01 membutuhkan arus sebesar 250 mA sedangkan arduino nano hanya mengeluarkan arus sebesar 40 mA[11]. Hal tersebut menyebabkan waktu

delay yang lebih lama dari modul NRF24L01 dalam mengirimkan ataupun menerima data. Selain itu, faktor human *error* dalam penggunaan stopwatch saat pengambilan data dapat menjadi penyebab waktu aktual yang diukur melebihi waktu sensor yang telah ditetapkan.

3.3. Pengujian Kecepatan *Motor Driver*

Diketahui bahwa untuk parameter kecepatan motor DC saat diberikan tegangan 12 V adalah sebesar 300 rpm saat kondisi no-load[12] sehingga dapat dihitung nilai *error* yang dihasilkan untuk kecepatan *motor driver* pada menit-menit tertentu menggunakan persamaan 2.7 yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Pengujian Kecepatan *Motor Driver* No-Load

Menit Ke-	Tegangan (V)	Arus (mA)	Parameter Kecepatan (rpm)	Kecepatan <i>Motor Driver</i> (rpm)	<i>Error</i> (%)
0	12,50	180	300	334,30	11,43
5	12,50	180	300	335,70	11,90
10	12,30	180	300	331,60	10,53
15	12,30	180	300	328,90	9,63
20	12,30	180	300	332,40	10,80
25	12,30	180	300	331,50	10,50
30	12,30	180	300	331,50	10,50
Rata-rata				332,27	10,75

Pada Tabel 7 terdapat variasi kecepatan *motor driver* dan akurasi untuk menit-menit tertentu. Nilai *error* yang didapatkan memiliki nilai diatas 5% sehingga tidak memenuhi indikator keberhasilan yang telah dirancang sebelumnya. Nilai *error* terendah terdapat pada menit ke-15 yaitu sebesar 9,63%. Pada Tabel 7 juga terlihat bahwa kecepatan *motor driver* yang telah diukur menggunakan *tachometer* bernilai diatas 300 rpm. Hal ini dapat terjadi karena motor DC mendapatkan tegangan yang tidak konstan atau lebih dari 12 V sehingga kecepatan yang dihasilkan melebihi parameter yang telah ditentukan.

3.4 Pengujian Keakuratan Sistem Mobilisasi

Pengujian keakuratan sistem mobilisasi dilakukan untuk mengamati pergerakan mobilisasi berdasarkan perintah *gesture* tangan yang diberikan. Diketahui bahwa range delay yang dibutuhkan modul NRF24L01 dalam melakukan pengiriman dan penerimaan data adalah sebesar sebesar 0,64 detik[6] sehingga

dapat diketahui nilai *error* yang dihasilkan pada masing jarak yang telah diuji menggunakan Persamaan 2.8 yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Pengujian Keakuratan Sistem Mobilisasi

Massa	Pergerakan	Waktu Respon (detik)	Waktu Sensor (detik)	Error (%)
2 Kg	Maju	0,46	0,64	27,50
	Mundur	0,47	0,64	26,09
	Belok Kiri	0,49	0,64	22,65
	Belok Kanan	0,52	0,64	18,75
Rata-rata		0,48	0,64	23,74
4.3 Kg	Maju	0,71	0,64	11,37
	Mundur	0,73	0,64	14,37
	Belok Kiri	0,76	0,64	20,14
	Belok Kanan	0,80	0,64	25,82
Rata-rata		0,75	0,64	17,92

Pada Tabel 8 terdapat variasi nilai *error* dan akurasi untuk masing-masing jarak. Secara keseluruhan sistem mobilisasi telah berjalan dengan baik, tetapi memiliki nilai *error* diatas 5% sehingga tidak memenuhi indikator keberhasilan yang telah dirancang sebelumnya. Pada Tabel 8 juga terlihat bahwa waktu respon kurang dari waktu sensor yang telah ditentukan untuk massa 2 Kg, sedangkan saat massa 4,30 Kg memiliki waktu respon yang lebih dari waktu sensor yang ditentukan. Pengujian yang dilakukan menggunakan stopwatch memiliki rata-rata waktu yang dibutuhkan mobilisasi untuk melakukan pergerakan maju, mundur, berbelok ke kanan atau ke kiri saat massa 2 Kg cenderung lebih cepat dan kurang dari 0,64 detik, tetapi saat massa menjadi 4,30 Kg pergerakan respon sistem menjadi lebih lambat dan lebih dari 0,64 detik. Respon tercepat terjadi saat melakukan pergerakan maju yaitu sebesar 0,46 detik untuk massa 2 Kg dan 0,71 detik untuk massa 4,30 Kg, sedangkan untuk respon terlambat terjadi saat melakukan pergerakan belok kanan yaitu sebesar 0,52 detik untuk massa 2 Kg dan 0,80 detik untuk massa 4.30 Kg. Perbedaan respon waktu untuk 2 massa yang berbeda terjadi dikarenakan semakin berat massa dioperasikan pada sistem maka akan menyebabkan torsi dan arus yang digunakan meningkat sehingga akselerasi motor menjadi lambat[13]. *Error* tersebut dapat terjadi karena modul NRFL2401 membutuhkan arus sebesar 250 mA sedangkan arduino nano memiliki keluaran arus sebesar 40 mA[11].

Selain itu, faktor human *error* dalam penggunaan stopwatch saat pengambilan data dapat menjadi penyebab waktu aktual yang diukur kurang dari waktu sensor yang telah ditetapkan. Produk ARO-GUN merupakan sebuah senjata *mobile* jarak jauh yang memiliki massa total sebesar 4,30 Kg, hal tersebut lebih ringan bila dibanding dengan massa dari senjata *mobile* yang telah diproduksi sebesar 117 Kg[14].

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari sistem kendali pergerakan mobilisasi pada produk ARO-GUN yaitu:

1. Produk ARO-GUN dapat dioperasikan sebagai senjata *mobile* dengan memanfaatkan gesture tangan sebagai penentu arah pergerakan dengan nilai *error* sebesar 0,562% untuk sumbu X dan 1,893% untuk sumbu Y, serta dapat dikendalikan secara jarak jauh hingga 18 meter dengan nilai *error* pengiriman data sebesar 18,98% sehingga dapat meminimalisir bahaya terhadap pengguna.
2. Produk ARO-GUN memiliki massa sebesar 4,3 Kg yang lebih ringan bila dibandingkan dengan massa senjata *mobile* yang telah diproduksi dengan nilai *error* respon pergerakan sebesar 17,92%, serta memiliki kecepatan rotasi sebesar 300 rpm dengan nilai *error* sebesar 10,75% sehingga dapat mempercepat pergerakan senjata *mobile*.

Daftar Pustaka

- [1] A. Rustandi, A. Suprianto, and N. Pramana, "Tank Sedang Indonesia Untuk Memenuhi Performance Evaluation of Medium Tank Indonesia To Comply With Military ' S Technical Specification," pp. 193–202, 2014.
- [2] K. S. Nugraha, J. T. Elektro, F. Sains, D. A. N. Teknologi, and U. S. Dharma, "ACCELEROMETER DENGAN BASIS FINAL PROJECT ANGLE MEASUREMENT USING ACCELEROMETER BASED ON," 2017.
- [3] P. F. A. Azis, "L298N Melalui Mpu-6050 Sebagai Kendali Gestur L298N Melalui Mpu-6050 Sebagai Kendali Gestur,"

- Tugas Akhir, Univ. Sumatera Utara*, pp. 1–72, 2020.
- [4] T. Rokhman, “Torsi dan Daya Mesin pada Motor bakar,” 2012.
- [5] Jati, Agung Samudra, Nanndo Yannuansa, and Ahmad Fauzi, “Sistem Transmisi Kontrol Mobil Robot dengan Menggunakan Gestur Tangan,” *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 171–180, 2021, doi: 10.51903/elkom.v14i1.214.
- [6] U. J. Shobrina, R. Primananda, and R. Maulana, “Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24I01 , Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 1510–1517, 2018.
- [7] W. Mechanism, “ADXL335 Accelerometer Module,” *Electronicwings*, pp. 1–7, 2017, [Online]. Available: <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/adxl335-accelerometer-module>.
- [8] A. Yogyakarta, “Stanley Wolf , Guide to Electronic Measurement dan,” pp. 1–16, 2019.
- [9] A. Septiano and T. Ghozali, “Nrf 24L01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Netwok,” *J. TEKNO (Civil Engineering, Elektr. Engineering Ind. Engineering)*, vol. 17, no. April, pp. 26–34, 2020.
- [10] Y. S. Bima Arifanto, Sukma Sanjaya, *EL300 CAPSTONE DESIGN TEKNIK ELEKTRO : ARO-GUN*. Lampung Selatan: Prodi Teknik Elektro - ITERA, 2022.
- [11] A. Suhada, “SISTEM KEAMANAN GEDUNG BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN MODUL NRF24 BUILDING SECURITY SYSTEM BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK USING NRF24 MODULE,” vol. 3, no. 2, pp. 1360–1367, 2016.
- [12] R. P. M. Single, S. Straight, and B. O. Motor, “300 RPM Single Shaft Straight BO Motor - ERO20 Rs 65 Description : Specification : Features :”
- [13] S. D. S. Simanullang, “Pengaruh berat beban terhadap efisiensi motor pada rancang bangun sepeda motor listrik menggunakan motor BLDC 3 KW,” *Skripsi. Dep. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Sumatera Utara*, p. 63, 2019.
- [14] J. Pike, “SGR-A1,” *Glob. Secur.*, p. 7, 2011.