

Sistem Otomatisasi Pelayanan Munisi Canon Pada Tank AMX-13 Menggunakan *Proportional Integral Derivatif* (PID)

¹Anindha Lazuardi, ²Dwi Arman Prasetya, ³Gatut Yulisusianto

^{1,2} (Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang)

³ (Teknik Elektronika Sistem Senjata, Politeknik Kodiklatad)

¹ anindhalazuardi@gmail.com, ² arman.prasetya@unmer.ac.id

Abstrak— Kendaraan tempur yang dimiliki satuan Kavaleri TNI AD terdiri dari berbagai macam jenis tank. Salah satu jenis dari tank tersebut yaitu tank AMX-13 yang masih manual dalam mengisi dan mendorong munisi untuk masuk ke dalam kamar tembakan. Perkembangan teknologi alutsista pada saat ini yang semakin maju dan berkembang maka diperlukannya suatu sistem kontrol yang dapat mendukung terlaksananya kegiatan tersebut. Tank AMX-13 dioperasikan 3 prajurit didalamnya, yakni sebagai pengemudi, komandan kendaraan dan penembak canon. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah dimana pada akan melaksanakan penembakan, pengisian munisi dan ketika mendorong munisi masuk pada kanon masih menggunakan tenaga manual sehingga waktu yang diperlukan relatif lama dan dapat membahayakan prajurit dalam pengoperasiannya. Sehingga pembuatan alat ini diharapkan mampu mengatasi masalah atau problem yang ada dan terjadi di lapangan. Dengan menggunakan pendorong munisi otomatis menggunakan sistem kontrol sehingga dapat meminimalisir waktu yang diperlukan dan mengurangi resiko kecelakaan yang terjadi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan pembuatan alat ini dapat meminimalisir waktu pengisian canon dibanding menggunakan cara konvensional.

Kata Kunci — Sistem otomatisasi, Tank AMX-13 dan PID.

Abstract- The combat vehicle owned by TNI Army Cavalry Unit consists of various types of tanks. One type of tank is the AMX-13 tank which is still manual in filling and pushing the munitions to get into the shot room. Due to the development of Alutsista technology at this time which is more advanced and developed, it needs a control system that can support the implementation of these activities. The AMX-13 tank is operated by three soldiers inside, one called as a driver, a vehicle commander and a canon shooter. Nowadays, the problem's being faced are where to carry out the shootings, filling the munitions and when the time for pushing the incoming munitions on the canon which still

using manual power so that the time required is relatively long and can harm the soldiers in the operation. In conclusion, the making of this tool is expected to overcome problems that exist and occur in the field. By using automatic munition booster with a control system, it's expected to minimize the time required and reduce the risk of accidents potentially occurred. The Test result has shown that with the manufacture of this tool can minimize the canon charging time compare to the conventional way.

Keyword— Automation System, AMX-13 Tank and PID

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi alutsista pada saat ini semakin maju dan berkembang. Ditinjau dari tugas dan fungsi operasional TNI AD maka diperlukannya suatu alutsista yang dapat mendukung terlaksananya kegiatan tersebut. Teknologi tersebut diantaranya terdapat suatu sistem kontrol yang terdapat pada alutsista sehingga memudahkan dan menunjang prajurit TNI AD dalam mengemban tugas yang diberikan. merancang sistem kontrol yang baik diperlukan analisis untuk mendapatkan gambaran tanggapan sistem terhadap aksi pengontrolan.

Kendaraan tempur yang dimiliki satuan Kavaleri TNI AD terdiri dari berbagai macam jenis tank. Salah satu jenis dari tank tersebut yaitu tank AMX-13 yang masih manual dalam mengisi dan mendorong munisi untuk masuk ke dalam kamar tembakan sehingga waktu yang diperlukan relatif lebih lama dan dapat membahayakan prajurit dalam pengoperasiannya.

Dari persoalan di atas maka dibutuhkan sebuah rancangan untuk membantu tugas dari prajurit dalam mengoperasikan tank pada saat penembakan yaitu dengan sistem otomatisasi pelayanan munisi pada tank AMX-13 menggunakan metode *proportional, integral derivatif* (PID). Dalam sistem otomatis posisi manusia digantikan dengan motor DC dengan input dari sensor proximity. Sedangkan untuk prinsip kerja pada sistem ini menggunakan sensor proximity yang dapat mendeteksi adanya benda sehingga mengirimkan masukan ke

mikrokontroler Arduino uno untuk memerintahkan motor DC mendorong munisi masuk ke dalam ruang penembakan.

Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu Bahasa C pada Arduino, dimana program ini berfungsi untuk merancang aplikasi dan menampilkan data.

II. Metode Penelitian

A. Tank AMX-13

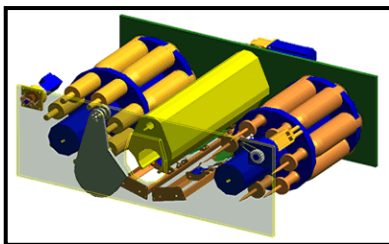
Tank yang dimiliki Angkatan Darat yakni AMX-13 buatan Perancis. Jenis tank AMX-13 termasuk dalam tank jenis tua yaitu kisaran 50 tahun tetapi masih digunakan satuan kavaleri TNI-AD sampai saat ini. AMX-13 banyak digunakan di Indonesia sehingga dikatakan jenis tank utama karena jumlahnya yang cukup banyak dengan versi kanon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tank AMX-13

Tank tersebut memiliki berat kosong 13,7 ton dengan panjang 6,35 x 2,51 meter serta tinggi 2,35 meter dikendarai 3 orang awak terdiri dari komandan, penembak dan pengemudi.

Penulisan ini ditujukan pada panjang jalur munisi sampai ke baji tutup didalam kubah Tank AMX-13 yang semula masih menggunakan sistem konvensional seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



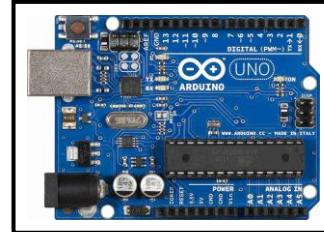
Gambar 2. Panjang jalur munisi
(Sumber : <https://www.indomiliter.com/amx-13>)

Tank AMX-13 masih menggunakan sistem konvensional yaitu dengan cara menjatuhkan munisi dari kamar menuju jalur kemudian didorong oleh seorang penembak sampai mendekati baji tutup.

B. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328. Arduino merupakan salah satu bahasa pemrograman berbasis C yang *open source*[1]. Mikrokontroler ini memiliki 14 kaki

digital input/output, dimana 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Sinyal PWM berfungsi untuk mengatur kecepatan perputaran motor. Arduino Uno memiliki 6 kaki analog input, kristal osilator dengan kecepatan jam 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah konektor listrik, sebuah kaki header dari ICSP dan sebuah tombol reset yang berfungsi untuk mengulang program seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arduino Uno

Perkembangan sistem *software* arduino disesuaikan dengan perkembangan *hardware*.

C. Motor Direct Current (DC)

Motor *Dirrect Current* (DC) adalah motor searah yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Dalam motor DC terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (ggl)[2]. Sistem ini menggunakan 2 jenis motor DC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a dan b.



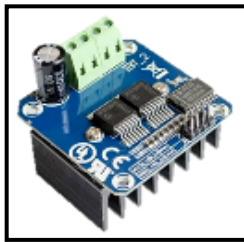
Gambar 4. (a) MY1025 dan (b) Motor Stepper Nema 23

Untuk dapat meningkatkan tenaga mekanik penelitian ini dilengkapi dengan sistem gearbox 1: 20 sehingga mengurangi besar kecepatan tanpa mengurangi besar torsi motor DC.

D. Driver Motor

Rangkaian *H-Bridge* adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor[3]. Driver ini mengatur perputaran dari motor DC, kecepatan motor dan melakukan *brake*. *Driver H-Bridge* ini juga memiliki sistem *brake*, yaitu menggabungkan kedua kutub motor untuk memberikan *event brake* untuk menghentikan perputaran motor secara paksa dan menguncinya untuk tidak berputar.

Jenis driver motor yang digunakan yaitu BTS7960, berikut merupakan bentuk fisik dari sebuah driver motor DC BTS7960 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Driver Motor BTS7960

Tegangan Operasi 24V dan arus lancar maksimal 43A, kemampuan PWM hingga 25 KHz dikombinasikan dengan *freewheeling* aktif.

Fungsi dari driver h-bridge mosfet adalah sebagai driver motor DC dengan arus yang cukup besar lebih dari 1 ampere dan tegangan kerja yang juga cukup besar. Sehingga dapat mengubah arah putaran dan juga kecepatan putar dengan metode PWM.

E. Sensor Proximity

Proximity Switch atau Sensor Proximity adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat, berkisar antara 1 mm sampai beberapa cm saja sesuai tipe sensor yang digunakan. Proximity Switch mempunyai tegangan kerja antara 10-30 VDC dan ada yang menggunakan tegangan 100-200 VAC. Sensor proximity memanfaatkan sifat cahaya yang dipantulkan[4]. Sumber cahaya yang digunakan yaitu *Light Emitting Diode* (LED) kemudian memancarkan cahaya merah dan photodiode sebagai penangkap cahaya LED seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sensor Proximity

Dalam pendeteksian objek sensor proximity memiliki 2 jenis bahan, *Proximity Inductive* berfungsi untuk mendeteksi objek besi dan *Proximity Capacitive* berfungsi mendeteksi semua objek baik metal maupun non – metal.

F. Kontrol PID

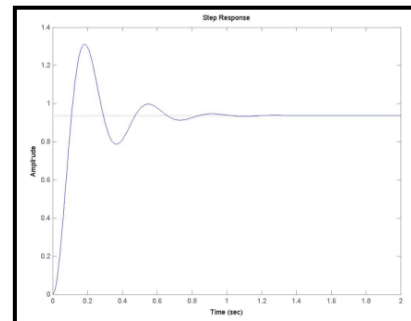
Syarat utama dalam sistem pengendalian ini adalah harus stabil. Suatu sistem dapat dikatakan stabil jika diberi gangguan dan sistem tersebut dapat kembali ke keadaan *steady state*[5]. Sistem tidak stabil jika outputnya berosilasi terus menerus ketika diberi suatu gangguan. Pengontrolan terdapat 2 macam antara lain dengan loop terbuka dan loop tertutup.

1) Kontroler Proporsional

Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah:

$$u(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots(1)$$

K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan. Kontrol proporsional memiliki output yang sebanding atau proporsional dengan besar sinyal kesalahan[6]. Respon kontroler proporsional seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



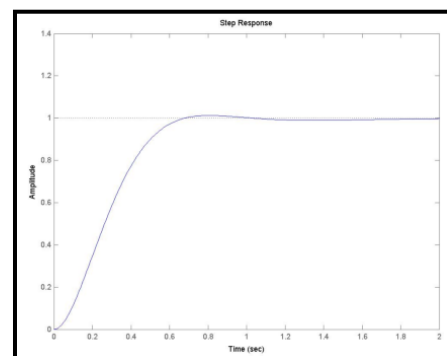
Gambar 7. Respon Kontroler Proporsional

2) Kontroler Integral

Pada kontroler dengan aksi integral, harga keluaran kontroler $m(t)$ diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$.

$$u(t) = K_I \int e(t)dt \dots\dots\dots(2)$$

Jika harga $e(t)$ diduakalikan, maka harga $m(t)$ berubah dengan laju perubahan menjadi dua kali semula. Jika kesalahan penggerak nol, maka harga $m(t)$ tetap stasioner[7] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Respon Kontroler Integral

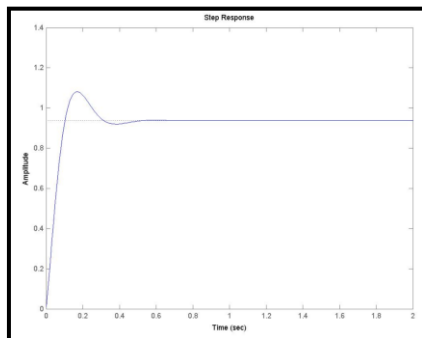
Aksi kontrol integral seringkali disebut kontrol reset diagram blok kontrol integral.

3) Kontrol Differensial

Digunakan untuk mempercepat respons transien sebuah kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *phase lag*. Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah :

$$u(t) = K_D \frac{d}{dt} e(t) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dalam persamaan diatas dapat digambarkan respon aksi kontrol *differential* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Blok Kontroler Differensial

Kontroler *differential* tidak bisa mengeluarkan output apabila tidak ada perubahan dan yang mengandung *noise*.

4) Kontroler *Proporsional Integral Differential* (PID)

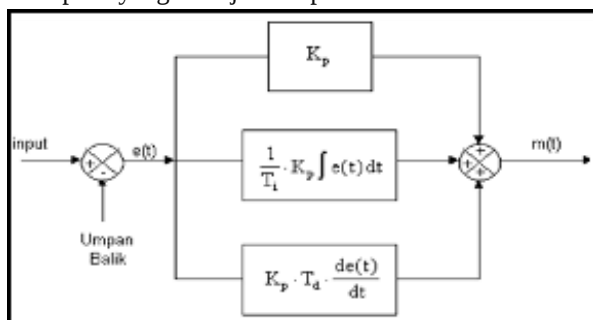
Penggabungan aksi kontrol *proporsional*, *integral*, dan *differential* memiliki keunggulan dibandingkan dengan tiga aksi kontrol lainnya. Persamaan kontroler PID dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$m(t) = K_p \bullet e(t) + \frac{K_p}{T_i} \bullet e(t)dt + K_p \bullet T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Dalam transformasi *laplace* dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \bullet s} + T_d \bullet s \right) \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dalam persamaan diatas dapat digambarkan diagram blok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Blok Kontroler PID

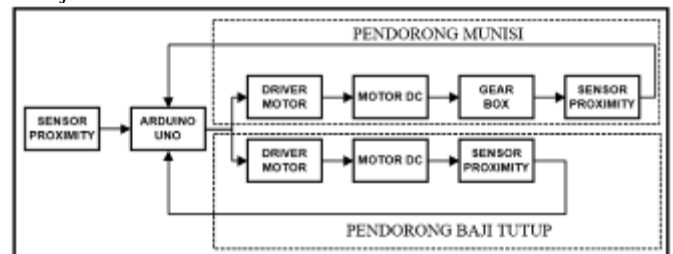
G. Penerapan PID pada Motor DC

Kontroler PID meliputi proses inisialisasi, *tuning parameter*, akumulasi *error* dan perhitungan PID sebagai proses berjalannya motor. Keluaran dari perhitungan program kontroler PID ini adalah nilai *Pulse Width Modulation* (PWM).

III. Hasil dan Pembahasan

A. Blok Diagram

Dalam perancangan sistem otomatisasi pelayanan munisi canon pada tank amx-13 menggunakan metode *proportional, integral dan derivative* (PID) dengan blok diagram alat ditunjukkan dalam Gambar 11.



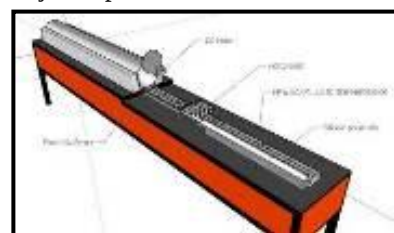
Gambar 11. Blok Diagram *Hardware*

B. Prinsip Kerja alat

Sistem otomatisasi pelayanan munisi canon pada tank AMX-13 bertujuan untuk meminimalisir waktu pada saat pengisian munisi ketika melaksanakan pengisian munisi. Prinsip kerja rangkaian alat sebagai berikut:

- 1) Munisi dijatuhkan menyentuh sensor *proximity* untuk menjalankan program yang telah dirancang kemudian diteruskan ke arduino. Dari data yang diterima oleh arduino.
- 2) Arduino akan memberikan perintah ke motor DC untuk mendorong munisi sampai batas yang telah ditentukan.
- 3) Setelah sampai pada jarak yang ditentukan maka motor DC kedua akan terbuka selanjutnya munisi dihentakkan masuk ke dalam ruang penembakan.

Adapun bentuk dari desain mekanik pada pembuatan sistem ini ditunjukan pada Gambar 12.

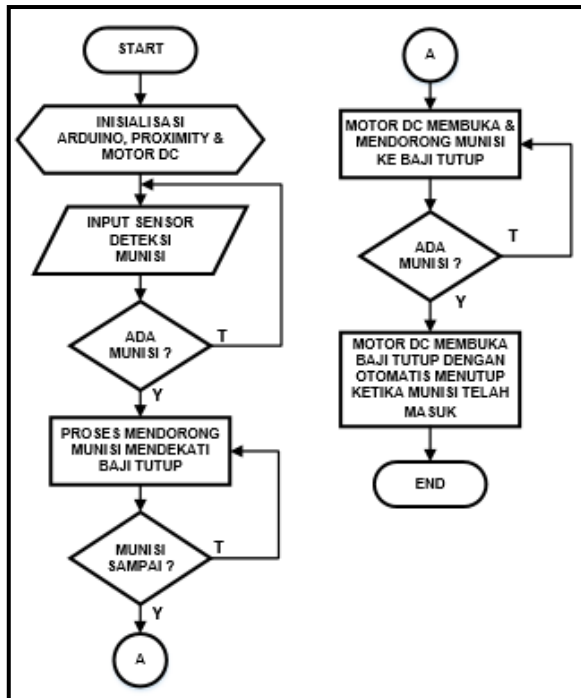


Gambar 12. Rancangan Alat

C. Desain *Software*

Untuk menjalankan alat maka digunakan berupa piranti lunak (*Software*). Sebelum pembuatan program untuk menjalankan alat, terlebih dahulu penulis merancang alur program (*flowchart*) sehingga mempermudah perencanaan program. Bahasa program yang dipakai adalah Bahasa C sebagai bahasa yang telah banyak digunakan dalam pengendalian dan pengolahan Arduino uno.

Flowchart dari program yang akan direncanakan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Flowchart program

Penjelasan tentang flowchart :

Pada saat program dimulai Arduino uno, sensor proximity dan motor DC akan terinisialisasi. Kemudian sensor akan mendeteksi adanya munisi pada jalur munisi. Ketika terdeteksi adanya munisi data dikirim ke mikrokontroler untuk memerintahkan motor DC mendorong munisi mendekati baji tutup.

Setelah munisi berada pada jarak yang ditentukan sensor akan mendeteksi lagi untuk membuka motor DC kedua membuka baji tutup. Dengan secara otomatis baji tutup akan tertutup ketika munisi telah melewati ruang baji tutup.

Ketika sensor belum mendeteksi adanya munisi maka program akan mengulang kembali sampai sensor membaca keberadaan munisi. Selanjutnya apabila munisi telah masuk ke dalam baji tutup maka program selesai.

Pengujian Rangkaian Keseluruhan.

1) Tujuan. Pengujian bertujuan untuk mengetahui proses kerja alat apakah sudah berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau belum.

2) Peralatan yang digunakan. Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian sistem otomatisasi sebagai berikut :

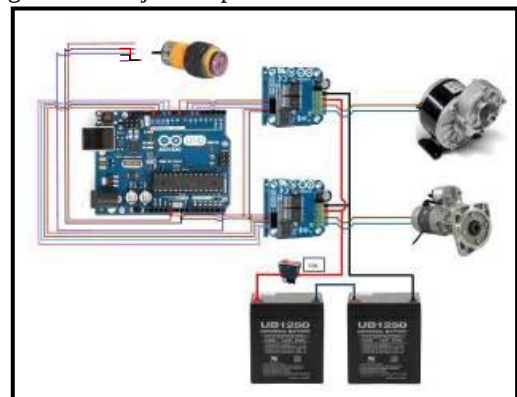
- Modul sensor proximity
- Arduino uno
- Motor DC

- Kabel penghubung
- Power Supply
- AVO meter
- Tacho meter
- LCD 16x2

3) Langkah-langkah pengujian.

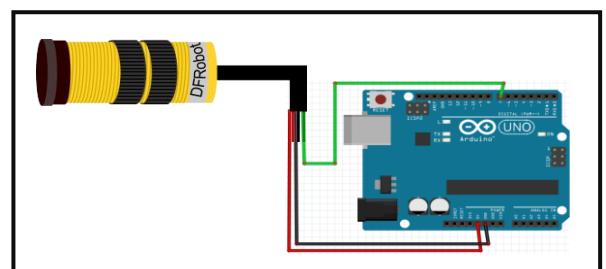
Pengujian ini untuk mengetahui kinerja dari alat short range radar dengan langkah sebagai berikut :

a. Merangkai alat selanjutnya diaplikasikan pada alat sesungguhnya sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Alat Keseluruhan
(Sumber : Perancangan)

- Menghubungkan VCC alat pada power supply.
- Menghubungkan ground alat pada *ground power supply*.
- Mengamati sensitifitas sensor *proximity* dan mengamati jarak yang tertera pada LCD dengan jarak sebenarnya ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengujian sensor *proximity*
(Sumber : Perancangan)

e. Pengujian PWM pada motor DC

4) Hasil Pengujian.

Pada saat alat dihidupkan, arduino akan menginisialisasi semua port yang digunakan. Modul sensor *proximity* bekerja dan menampilkan hasil ke LCD.

a. Hasil pengujian dan pengamatan didapatkan data ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data uji coba alat.

No.	Kecepatan PWM	V _{DC} Output Tanpa Beban	V _{DC} Output Ada Beban
1	0	0	0
2	25	1,1	1
3	50	2,3	2,2
4	75	3,1	3
5	100	4,2	4,1
6	125	6,1	6
7	150	7,9	7,7
8	175	10,4	10,2
9	200	12,8	12,7
10	255	22,7	22,5

Tabel 1 merupakan hasil dari pengukuran tegangan motor DC pada saat kecepatan PWM 0-255 saat tanpa beban dan dengan beban.

b. Pengujian kontrol dilakukan menggunakan dua cara yaitu waktu yang dibutuhkan sebelum menggunakan kontrol dan setelah menggunakan kontrol yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Kontrol.

Jarak	Sebelum menggunakan Kontrol	Setelah menggunakan Kontrol
10 cm	5,12 s	5,9 s
20 cm	9,6 s	9,4 s
30 cm	14,8 s	14,5 s
40 cm	18,2 s	17,5 s
50 cm	22,7 s	21,7 s
60 cm	26,2 s	25,4 s
70 cm	29,3 s	28,8 s

Pada Tabel 2 dapat dilihat perbedaan hasil waktu yang dibutuhkan antara sistem sebelum diberi kontrol dan setelah diberi kontrol.

c. Pengujian keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian alat keseluruhan.

Percobaan Ke -	PWM	Waktu	Kondisi Munisi
1	50	28,8 s	Aman
2	100	26,7 s	Aman
3	150	24,3 s	Aman
4	200	22,7 s	Terjatuh

5	255	20,5 s	Terjatuh
---	-----	--------	----------

Tabel 3 merupakan hasil akhir dari sistem kerja alat secara keseluruhan dari data V_{DC}, kecepatan PWM dan waktu yang diperlukan.

Dari hasil yang telah didapat maka foto alat secara keseluruhan ditunjukkan seperti Gambar 16.



Gambar 16. Foto alat keseluruhan

iv. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian dijelaskan pada bagian ini

1. Sistem otomatisasi dapat bekerja lebih optimal setelah diberi kontrol.
2. Besar PWM berpengaruh terhadap tegangan dan waktu yang digunakan dalam menjalankan program.
3. Kecepatan motor DC dapat diperkecil menggunakan gearbox tanpa mengurangi besar torsi pada motor.

Daftar Pustaka

- [1] E. D. Arisandi and P. Lapan, "Kemudahan Pemrograman Mikrokontroler Arduino Pada Aplikasi Wahana Terbang," *Setrum*, vol. 3, no. 2, pp. 46–49, 2014.
- [2] R. Antoni, *Perancangan Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Dc Menggunakan Zig Bee Pro Berbasis Arduino Uno Atmega 328P*. 2015.
- [3] A. Pirmansyah, "Pengaturan kecepatan motor DC 6.PDF," 2017.
- [4] E. Susilawati and Z. Kamus, "Pembuatan alat ukur kecepatan putar gear menggunakan sensor proximity induktif dan mikrokontroler arduino uno," vol. 10, pp. 9–13, 2017.
- [5] I. Qosim and M. Mujiudin, *Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)*, vol. 2, no. 2502. 2017.
- [6] D. Wisnu, W. Arif, and H. Nurhadi, "Perancangan Sistem Kontrol PID untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-gun Kaliber 20mm," *J. Tek. Its*, vol. 5, no. 2, pp. 512–516, 2016.
- [7] G. E. Setyawan, E. Setiawan, W. Kurniawan, F. Ilmu, K. Universitas, and B. Malang, "Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan ketinggian UAV dengan PID," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 125–131, 2015.