



RANCANG BANGUN PEMODELAN OPTICAL DIRECTORY UNTUK MENGARAHKAN SELURUH MERIAM KE ARAH SASARAN MUSUH YANG DIARAHKAN OLEH KOMANDAN SELAKU PIMPINAN PENEMBAKAN

Maskatim

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
maskatim@nikelektronikahan.akmil.ac.id

Asep Kusman

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
asepkusman@nikelektronikahan.akmil.ac.id

Slamet Widodo

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
slametwido@nikelektronikahan.akmil.ac.id

Alim Bimo Pratowo

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
Alim.bimo.p@gmail.com

ABSTRAK

Pada saat ini meriam yang ada di Artileri Pertahanan Udara belum memiliki alat pengendali laras meriam secara otomatis, segala seuatunya digerakkan secara manual, sehingga membuat pembidikan sasaran yang bergerak dari arah kanan ke kiri maupun kiri ke kanan kemungkinan proyektil mengenai sasaran relative kecil. Sehingga dibuatlah system pengontrolan pada laras meriam. Sistem pengontrolan ini dapat membantu mengarahkan laras beberapa meriam secara bersamaan secara otomatis dengan dioperasikan oleh operator dengan menggunakan sebuah joystick.

Agar bergerak ke arah yang sesuai dengan apa yang diharapkan oleh operator maka diperlukan sesuatu perancangan sensor accelero dan sensor compass untuk mengetahui besar sudut yang ditentukan kemudian dikirimkan ke meriam – meriam melalui computer dengan menggunakan bahasa C++.

Sistem kendali ini menggunakan sensor accelero dan sensor compass sebagai pengukur sudut yang diinginkan kemudian dikirimkan ke mikrokontroler yang digunakan dalam hal ini arduino lalu arduino selanjutnya mengirimkan data ke meriam.

Keunggulan menggunakan system ini adalah laras beberapa meriam dapat bergerak ke arah yang telah ditentukan dengan akurat dan laras meriam dikendalikan dengan joystick.

Keywords : Mikrokonkroler Arduino, Sensor Accelerometer, Sensor compass

ABSTRACT

At this time the cannon in the Air Defense Artillery does not have a cannon barrel controller automatically, everything is moved manually, so that the target shot that moves from right to left and left to right is likely a projectile about the target is relatively small. So that a control system is made on the barrel of the cannon. This control system can help direct the barrel of several guns simultaneously by being operated by the operator using a joystick.

In order to move in the direction that is expected by the operator, it is necessary to design an accelero sensor and compass sensor to find out the specified angle then sent to the cannon - cannon through a computer using C ++ language.

This control system uses accelero sensors and compass sensors as a measure of the desired angle and then sent to the microcontroller used in this case the Arduino and Arduino then sends data to the cannon.

The advantage of using this system is the barrel of several cannons can move in the direction that has been determined accurately and the barrel of the cannon is controlled with a joystick.

Keywords: Arduino microconrollers, accelerometer sensors, compass sensors

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Peran teknologi sekarang ini telah berkembang dengan sangat pesat, ditambah lagi dengan adanya era persaingan bebas yang membawa manusia kepada peradaban yang jauh lebih baik. Banyak sekali manfaat dan kemudahan yang telah dihasilkan dengan adanya perkembangan teknologi, terlebih lagi dengan adanya computer maka kualitas dan efektifitas manusia dalam bekerja semakin meningkat. Otomatisasi adalah salah satu realisasi dari beberapa perkembangan teknologi, dan merupakan satu – satunya cara alternatif yang tidak dapat dielakkan lagi untuk memperoleh sistem kerja yang sederhana, praktis, dan efisien sehingga memperoleh hasil dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Dalam segi waktu juga harus dipertimbangkan, karena semakin pendek waktu yang diperlukan untuk sebuah proses penyampaian perintah, maka akan mengefisienkan waktu yang diperlukan tanpa membutuhkan banyak waktu. Selain menghemat waktu tenaga yang dikeluarkanpun juga tidak terlalu banyak, sehingga dapat mempersingkat

waktu yang diperlukan untuk menggerakkan seluruh meriam.

Selama ini meriam – meriam yang digunakan di satuan – satuan jajaran TNI-AD digerakan secara manual yang sekarang usia dari meriam itu sudah terlalu tua untuk dapat digunakan. Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan – pertimbangan diatas, untuk memperbaharui meriam – meriam tersebut perlu dipasang sebuah alat yang dapat mengatur proses otomatisasi agar seluruh meriam dapat bergerak secara bersama-sama ke arah yang telah ditentukan oleh seorang komandan peleton, maka dapat dibutuhkan sebuah system control. Optical Director merupakan salah satu kontroler yang biasa digunakan. Pada dasarnya optical director terdapat beberapa fungsi yang dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan meriam secara bersama-sama dengan bantuan program yang kita rancang sesuai dengan kehendak kita.

Optical director dapat digunakan untuk mengatur kendali dari benda yang dipasang atau ditanamkan optical director yang dikendalikan dari perangkat lain dihubungkan dengan meriam. Dari fungsi dan kegunaannya, Optical director

memenuhi kriteria – kriteria diatas untuk digunakan sebagai komponen utama dalam pembuatan alat, oleh karena itu dari beberapa permasalahan diatas maka terpikirkan oleh penulis untuk mengangkat judul penelitian **“RANCANG BANGUN PEMODELAN OPTICAL DIRECTORY UNTUK MENGARAHKAN SELURUH MERIAM KE ARAH SASARAN MUSUH YANG DIARAHKAN OLEH KOMANDAN SELAKU PIMPINAN PENEMBAKAN”**

1.2 Rumusan Masalah.

Pada penulisan penelitian, akan membicarakan masalah mengenai implementasi pemodelan optical director sebagai sarana dalam mengoperasikan beberapa meriam secara bersama - sama. Adapun rumusan yang akan dibahas dalam penulisan penelitian adalah :

- a. Bagaimana perancangan alat pengendali meriam menggunakan pemodelan optical director?
- b. Bagaimana cara kerja alat pengendali meriam menggunakan pemodelan optical director?
- c. Bagaimana system kerja penyampaian perintah dari komandan selaku pimpinan penembakan ke meriam – meriam yang siap menembak?
- d. Bagaimana system komunikasi antara beberapa meriam kepada danton sebagai pmpinan penembakan?

1.3 Batasan Masalah.

Pembatasan masalah dimaksudkan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian maupun penulisan penelitian, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam menerjemahkan hal-hal yang terkait dengan sistem. Oleh karena itu, dibuat pembatasan masalah sebagai berikut :

- a. Alat dibuat menggunakan ARDUINO.

- b. Bahasa pemrograman yang digunakan bahasa C++

1.4 Tujuan Penelitian.

Dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh hasil yaitu untuk membuat alat penggerak yang dapat digunakan untuk menggerakkan beberapa meriam sekaligus atas satu perintah yang diberikan dengan menggunakan Optical Director yang berfungsi untuk menggerakkan beberapa benda secara serentak dengan hanya berdasarkan satu perintah yang diberikan oleh seorang komandan peleton. Sehingga perintah dapat dilaksanakan secara efisien tanpa adanya kendala yang disebabkan karena masalah komunikasi antara komandan peleton dengan satuan penembak.

1.5 Manfaat Penelitian.

Hasil dari proyek akhir ini diharapkan akan bermanfaat dengan adanya proses perubahan teknologi atau *modernisasi* serta penguasaan ilmu pengetahuan yang semakin maju terutama untuk kepentingan militer pada saat ini sehingga menjadi lebih maju sesuai dengan perkembangan zaman dan pengalaman dari penelitian ini akan berguna untuk kepentingan Negara Kesatuan Republik Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan.

Dalam pembahasan pada proposal ini agar lebih terperinci dan terarah maka penulisan proposal ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

- a. BAB I : PENDAHULUAN. Pendahuluan berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan dari penelitian.
- b. BAB II : LANDASAN TEORI. Menjelaskan tentang teori pendukung dari judul yang diangkat dan deskripsi mengenai

komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian.

c. BAB III : PERANCANGAN SISTEM. Membahas tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan rangkaian, termasuk alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan rangkaian serta mengenai blok diagram dan penyusunan database yang diperlukan.

d. BAB IV : ANALISA DAN PENGUJIAN. Berisi analisa termasuk pengujian alat, sistem kerja dari alat yang dibuat dan juga pembahasan tentang semua hasil dari penelitian ini.

e. BAB V : PENUTUP. Merupakan bagian akhir dari keseluruhan pembahasan yang berisi tentang kesimpulan dan saran untuk penelitian yang lebih lanjut.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Meriam S-60 57 mm.

Berbicara tentang alutsista tua TNI, rasanya tak pas bila meninggalkan sosok meriam yang satu ini. Sosoknya mungkin sudah kerap dilihat banyak orang, pasalnya sedari era orde baru, meriam S-60 kaliber 57mm ini kerap tampil sebagai latar dari barisan prajurit pada perhelatan HUT ABRI/TNI, umumnya meriam ini disandingkan sejajar dengan sista tank AMX-13 MK61. Pemilihan S-60 memang tepat sebagai pemanis untuk latar acara HUT ABRI, tak lain karena panjang laras meriam anti serangan udara ini mencapai 4,39 meter, cukup gagah dan sangar bila laras ditarik keatas menjulang hingga sudut 87 derajat.

Resminya meriam S-60 57mm adalah buatan Uni Soviet (Rusia), mulai diproduksi sejak tahun 1950, dan mulai memperkuat arsenal sista TNI sejak era operasi Trikora di awal tahun 60-an. Dirunut dari klasifikasinya, S-60 masuk dalam meriam PSU (penangkis serangan udara) laras tunggal dengan jarak tembak target rendah dan menengah. Dengan panduan sistem penembakkan terintegrasi, jangkauan meriam ini bisa melesat hingga 6.000 meter.

Di lingkungan TNI, sedari awal S-60 langsung memperkuat etalase alutsista di korps baret cokelat, yakni pada batalyon Artileri Pertahanan Udara Sedang (Arhanudse). Menurut informasi dari Wikipedia, Indonesia termasuk pengguna S-60 yang cukup banyak, dimana populasi meriam ini mencapai 256 pucuk. Lumayan banyaknya populasi S-60, ditambah dengan program upgrade yang masih bisa dilakukan, disinyalir menjadi alasan bagi TNI untuk masih terus menggunakan senjata berusia lanjut ini.

Awalnya, meriam S-60 hadir dengan kelengkapan bidik dan siste kendali senjata yang konservatif, alias tanpa AKT (alat kendali tembak). Namun, seiring tuntutan dan perkembangan, mulai tahun 90-an, S-60 TNI AD sudah mulai ditingkatkan kehandalannya dengan dilakukan program retrofit.

2.2. Meriam s-60 57 mm retrofit.

Bila pada S-60 tanpa AKT, semula segala sesuatunya digerakkan secara manual oleh awak meriam. Pada versi retrofit dilakukan modifikasi sehingga dapat digerakkan secara elektrik yaitu dengan cara Local Control yang menggunakan tenaga listrik dari dua buah baterai yang tersedia dan dengan cara Remote Control yang dikendalikan dari FCS (Firing Control Sistem).

Bila sebelumnya tanpa FCS, pembidikan sasaran menggunakan alat bidik yang ada pada Meriam, dimana

posisi alat bidik adalah permanen (tidak bisa dirubah posisi azimuth atau elevasinya), sehingga untuk pembedikan sasaran yang bergerak dari arah kanan ke kiri maupun dari kiri ke kanan, kemungkinan proyektil mengenai sasaran relatif kecil, karena tidak adanya sudut tangguh yang dibentuk antara garis lintasan proyektil dengan garis pembedikan. Sedangkan yang diharapkan untuk pembedikan sasaran udara atau pesawat, diperlukan adanya sudut tangguh dan jarak tangguh, dimana pada saat kita membidik sasaran, maka laras akan mengarah di depan lintasan sasaran atau pesawat.

Dari permasalahan yang terjadi perlu adanya alat bantu pembedikan Meriam 57 mm S-60 Retrofit untuk arah datangnya sasaran dari kanan ke kiri atau dari kiri ke kanan, sehingga alat bidik Meriam tersebut bisa diarahkan sesuai dengan arah datangnya sasaran

Sebagai informasi, FCS (Firing Control System) adalah suatu alat untuk mengendalikan penembakan pada waktu meriam kendali remote. Sedangkan Lokal kontrol adalah meriam dioperasikan oleh operator dengan menggunakan joystick. Dengan pola FCS, beberapa meriam dapat diarahkan selkaligus secara remote untuk secara terpusat menghajar target udara yang ditentukan. Dengan teknologi FCR (Fire Control Radar), satu baterai S-60, terdiri dari 6 pucuk dapat dioperasikan secara serentak dari satu pengendali.

a. Simulator Meriam S-60

Dengan latar belakang anggaran yang terbatas, harus ada solusi untuk tetap melatih kesigapan awak meriam, agar suatu waktu siap diberdayakan. Menyiasati hal tersebut, Pusat Kesenjataan Arteleri Pertahanan Udara (PUSSENARHANUD) Kodiklat TNI AD menggiatkan inovasi dan kreativitas untuk melengkapi dan memodernisir persenjataannya. Pussenarhanud

Kodiklat mampu menciptakan Simulator Meriam 57 MM/S-60.



Gambar 2.1 Meriam 57 mm Arhanud

Sumber :

<https://indomiliter.files.wordpress.com/2012/06/canon2.jpg>



Gambar 2.2 meriam 57 mm retrofit arhanud

sumber :

<https://indomiliter.files.wordpress.com/2012/06/canon.jpg>

Simulator Meriam 57MM/S-60 merupakan wahana efektif dan efisien untuk melatih awak 3 (azimuth dan penembakan) dan awak 4 (elevasi) dalam mengoperasikan Meriam 57MM/S-60. Parameter pengoperasian yang dilakukan awak lainnya dimodelkan dengan perangkat lunak berbasis komputer.

Simulator ini dalam aplikasinya menggunakan meriam S-60 manual (tanpa AKT). Medan latihan, yang digunakan sesuai (mendekati) kondisi di lapangan. Variasi serangan (serangan udara datar, tukik, lempar jarak jauh, lempar vertikal, lempar lewat sasaran, heli tempur, dan lain-lain). Memodelkan

perilaku tembakan berbasis sudut tangguh, berbantuan perangkat lunak berbasis komputer. Pentahapan dan penjenjangan tingkat kesulitan profil serangan dapat disesuaikan. Kemampuan teknis bisa dikembangkan (upgradable).

Simulator ini memiliki fitur wahana pelatihan efisien, efektif dan meminimumkan resiko. Produk hasil proses Lakgiat Litbang yang terkoordinasi. Perpaduan komponen/perangkat Comercial Off The Self (COTS) dan komponen produksi dalam negeri (local content) yang optimal. Memanfaatkan basis teknologi yang dapat diperbaharui dan dikembangkan (upgradable)

b. Tua Tapi Battle Proven

Dengan rentang pengabdian yang panjang, meriam ini tentunya banyak digunakan oleh negara-negara lain, terutama yang punya hubungan manis dengan Rusia. Setidaknya ada 46 negara, termasuk Indonesia dan Rusia yang mengoperasikan meriam ini. Tanda jasa yang tersemat sudah cukup banyak, yakni dalam perang Enam Hari dan perang Yom Kippur di Timur Tengah, perang Vietnam, perang Afghanistan, perang Iran-Irak, dan perang Teluk. Untuk di Indonesia, belum ada laporan bahwa meriam ini pernah digunakan dalam operasi tempur yang sesungguhnya.

Meski sudah buyut, tapi meriam ini nyatanya masih aktif digunakan oleh beberapa negara yang anggaran militernya berkecek ngepas, terutama negara-negara di Afrika dan Asia Selatan. Terbilang sebagai senjata blok Timur yang cukup laris, membuat beberapa negara sekutu Soviet tertarik untuk membuatnya secara lisensi, setidaknya ada tipe 59 yang dibuat oleh Cina, dan SZ-60 yang dibuat oleh Hungaria.

Bagaimana dengan profil daya gempur meriam towed ini? Menggunakan jenis meriam auto kanon kaliber 57mm,

sudut elevasi laras adalah -4 hingga 87 derajat yang dapat berputar 360 derajat, dengan demikian meriam ini sejatinya juga pas untuk senjata pertahanan pantai. Sistem reload amunisinya menganut konsep manual dengan klip (magasin)/cartridge amunisi, dimana 1 klip berisi 4 peluru/amunisi. Waktu yang dibutuhkan untuk reload adalah 4 sampai 8 detik.

Untuk navigasi dan pembidikan target, bila dengan optical mechanical computing sight AZP-57, target dengan cara bidik lewat teleskop bisa dicapai hingga jarak 5.500 meter. Sedangkan dengan bantuan radar rangefinder D-49, kemampuan deteksi untuk menghajar target bisa lebih ditingkatkan. Dalam gelar tempurnya, sista ini pengoperasiannya bisa mendapat bantuan penuh dari elemen radar, seperti radar Giraffe.

Jarak tembak efektif dengan dukungan pemandu radar mencapai 6.000 meter, dan 4.000 meter dengan pembidik optik. Kecepatan luncur dari proyektilnya mencapai 1.000 meter per detik. Secara teori, laras S-60 dapat memuntahkan proyektil antara 105 – 120 per menitnya, tapi dalam praktek awak hanya bisa mencapai kecepatan tembak 70 proyektil dalam satu menit. Untuk pilihan jenis amunisi, bisa memuat proyektil dengan peledak HE (high explosive)-T, AP-T, FRAG-T, dan APC-T. Untuk dua tipe proyektil terakhir, punya kemampuan self destruction (meledak sendiri) di udara pada ketinggian tertentu.

Secara umum, satu pucuk meriam diawaki oleh 7 personel, meriam towed (tarik) ini dirancang menggunakan 4 buah roda untuk menunjang mobilitasnya, secara teori meriam ini dapat ditarik truk hingga kecepatan 60Km per jam. Di Indonesia, truk penarik S-60 umumnya adalah truk Reo atau Unimog, pasalnya berat total sista ini

juga tidak ringan, yakni 4,5 ton. Hingga kini, setidaknya ada 7 batalyon Arhanudse TNI AD yang masih mengandalkan S-60, 7 batalyon tersebut berada di bawah Komando Daerah Militer (Kodam), termasuk Kodam Jaya lewat Yon Arhanudse-6. Namun, seperti alustista arhanud lainnya, untuk gelar operasinya S-60 langsung berada di bawah Kohanudnas. (Haryo Adjie Nogo Seno)

c. Spesifikasi S-60 57mm

- 1) Negara asal : Uni Soviet/Rusia
- 2) Kaliber : 57x348mm
- 3) Berat : 4,5 – 4,6 ton
- 4) Panjang : 8,5 meter
- 5) Panjang laras : 4,39 meter
- 6) Lebar : 2,045 meter
- 7) Tinggi : 2,37 meter
- 8) Awak : 7
- 9) Kecepatan luncur proyektil : 1.000 meter per detik
- 10) Jangkauan max : 6.000 meter

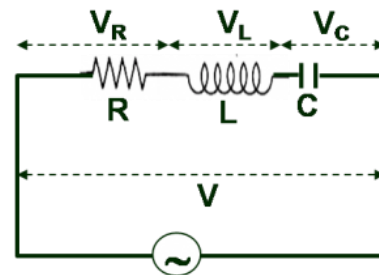
2.3 Rangkaian RLC.

Merupakan rangkaian baik yang dihubungkan dengan paralel ataupun secara seri, namun rangkaian tersebut harus terdiri dari kapasitor; induktor; dan resistor. Penamaan RLC sendiri juga memiliki alasan tersendiri, yaitu disebabkan nama yang menjadi symbol listrik biasanya pada kapasitansi; induktansi dan ketahanannya masing-masing. Rangkaian ini akan beresonansi dengan suatu cara yang sama yaitu sebagai Rangkaian LC, bersamaan dengan terbentuknya osilator harmonik.

Pada tiap-tiap osilasi akan menyebabkan sirkuit menjadi mati dari waktu-kewaktu apabila tidak seterusnya dijalani dgn sumber, hal inilah yang menjadi perbedaan dan terlihat pada resistor. Reaksi ini yang disebut sebagai redaman. Reaksi lainnya berupa resistensi pada sejumlah resistor tidak bisa kita hindari disirkuit yg nyata, hal sama tetap akan terjadi walaupun tidak

dengan kekhususan tertentu kita memasukkannya sbg komponen. Jadi, kenyataannya bahwa sirkuit LC murni itu merupakan sesuatu yang hanya ideal apabila diterapkan secara teoritis.

Pada penggunaan arus AC untuk sebuah rangkaian RLC yang seri, akan menyebabkan arus listrik dapat hambatan dr R; L & C. Impedansi (Z) adalah nama dari hambatan yang terjadi tersebut. Bila ditelaah lebih lanjut, penggabungan dengan cara vektor antara R, XL dan XC itu yang disebut dengan impedansi dan besarnya diketahui dengan satuan Z tersebut.



Gambar 2.3 Rangkaian RLC

Sumber :

<http://elektronikadasar.info/wp-content/uploads/2012/09/Rangkaian-RLC-300x225.png>

Untuk sirkuit ini terdapat berbagai macam jenis dari RLC. Hal ini menyebabkan rangkaian RLC adalah jenis yang paling banyak dipakai diantara banyaknya jenis rangkaian osilator. Pada televisi ataupun radio, terdapat alat penerima yang disebut tuning. Rangkaian tuning ini sangat penting, karena penggunaannya yang untuk memilih rentang dari frekuensi sempit pada gelombang radio embien.

Sirkuti yang disetel adalah nama lain yang sering disebut sebagai rangkaian RLC. Penggunaan rangkaian ini bisa dipakai untuk band stop filter ataupun pada band pass filter. Contoh dari band pass filter adalah tuning aplikasi. Penggambaran dari filter RLC sendiri adalah sbg sirkuti kedua order, artinya bahwa tiap-tiap arus maupun

tegangan di rangkaian bisa digambarkan dgn persamaan diferensial orde ke-2 dlm analisis rangkaian.

Dalam Rangkaian RLC terdapat 3 elemen penting yang bisa dikombinasi dlm beberapa topologi yg beda-beda. Kombinasi ketiga elemen tersebut bisa dengan cara paralel ataupun seri, karenanya disebut sebagai rangkaian yang sederhana dlm konsepnya serta mudah sekali untuk melakukan analisa terhadapnya. Namun bisa diatur sedemikian rupa untuk keperluan yang praktis dalam sirkuit yg nyata

2.4 Mikrokontroler.

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. (<http://www.kelas-mikrokontrol/>).

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU

(Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Mikrokontroler MCS51 ialah mikrokomputer CMOS 8 bit dengan 4 KB Flash PEROM (Programmable and Erasable Only Memory) yang dapat dihapus dan ditulisi sebanyak 1000 kali. Mikrokontroler ini diproduksi dengan menggunakan teknologi high density non-volatile memory. Flash PEROM on-chip tersebut memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem (in-system programming) atau dengan menggunakan programmer non-volatile memory konvensional. Kombinasi CPU 8 bit serba guna dan Flash PEROM, menjadikan mikrokontroler MCS51 menjadi microcomputer handal yang fleksibel.

<http://elektronika-dasar.web.id/pengertian-dan-kelebihan-mikrokontroler/>

Arsitektur perangkat keras mikrokontroler MCS51 mempunyai 40 kaki, 32 kaki digunakan untuk keperluan 4 buah port paralel. 1 port terdiri dari 8 kaki yang dapat di hubungkan untuk interfacing ke paralel device, seperti ADC, sensor dan sebagainya, atau dapat juga digunakan secara sendiri setiap bitnya untuk interfacing single bit seperti switch, LED, dll. Karakteristik lainnya dari mikrokontroler MCS51 sebagai berikut : Low-power 32 jalur masukan/keluaran yang dapat diprogram* Dua timer counter 16 bit RAM 128 byte Lima interrupt Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menanganiberbagai macam program aplikasi (misalnya pengolah kata, pengolah angka dan lain sebagainya), mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja (hanya

satu program saja yang bisa disimpan). Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM dan ROM. Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROM-nya besar, artinya program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relatif besar, sedangkan rutin-rutin antarmuka perangkat keras disimpan dalam ruang ROM yang kecil. Sedangkan pada Mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM-nya yang besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM (bisa Masked ROM atau Flash PEROM) yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan.

Kelebihan Sistem Dengan Mikrokontroler Penggerak pada mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman assembly dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian sistem menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan logika sistem (bahasa assembly ini mudah dimengerti karena menggunakan bahasa assembly aplikasi dimana parameter input dan output langsung bisa diakses tanpa menggunakan banyak perintah). Desain bahasa assembly ini tidak menggunakan begitu banyak syarat penulisan bahasa pemrograman seperti huruf besar dan huruf kecil untuk bahasa assembly tetap diwajibkan. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem. Sistem running bersifat berdiri sendiri tanpa tergantung dengan komputer sedangkan parameter komputer hanya digunakan untuk download perintah instruksi atau program. Langkah-langkah untuk download komputer dengan

mikrokontroler sangat mudah digunakan karena tidak menggunakan banyak perintah. Pada mikrokontroler tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Harga untuk memperoleh alat ini lebih murah dan mudah didapat.

<http://elektronika-dasar.web.id/pengertian-dan-kelebihan-mikrokontroler/>

2.5 Arduino Uno.

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu *support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. (FeriDjuandi, 2011)

a. Kelebihan arduino.

Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS232 bisa menggunakannya.

Memiliki modul siap pakai (Shield) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya shield GPS, Ethernet,dll.

b. Soket USB.

Soket USB adalah soket kabel USB yang disambungkan kekomputer atau laptop. Yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai port komunikasi serial.

c. Input/Output Digital dan Input Analog

Input/output digital atau digital pin adalah pin pin untuk menghubungkan arduino dengan

komponen atau rangkaian digital. contohnya , jika ingin membuat LED berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu pin input atau output digital dan ground. komponen lain yang menghasilkan output digital atau menerima input digital bisa disambungkan ke pin pin ini.

Input analog atau analog pin adalah pin pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian analog. contohnya, potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dll.

d. Catu daya

Pin pin catu daya adalah pin yang memberikan tegangan untuk komponen atau rangkaian yang dihubungkan dengan arduino. Pada bagian catu daya ini pin Vin dan Reset. Vin digunakan untuk memberikan tegangan langsung kepada arduino tanpa melalui tegangan pada USB atau adaptor, sedangkan Reset adalah pin untuk memberikan sinyal reset melalui tombol atau rangkaian eksternal.

e. Baterai / adaptor

Soket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai arduino dengan tegangan dari baterai/adaptor 9V pada saat arduino sedang tidak disambungkan kekomputer. Jika arduino sedang disambungkan kekomputer dengan USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, Jika tidak perlu memasang baterai/adaptor pada saat memprogram arduino.



Gaambar 2.4 Arduino

Sumber :

<https://www.elangsakti.com/2017/11/be-lajar-arduino.html>

2.6. Joystick.

Yaitu alat input komputer yang berwujud tuas atau tongkat serta bisa bergerak ke semua arah, sedang games paddle umumnya berupa kotak atau persegi terbuat dari plastik yang diperlengkapi dengan tombol-tombol, serta bisa atau dapat mengatur gerak satu objek dalam komputer.



Gambar 2.5 Joystick

Sumber : http://www.process-controls.com/Hirotronix/elobau_joysticks.html

2.7 Accelerometer.

Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengaman. Accelerometer juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi.

Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut percepatan (acceleration). Namun jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (deceleration). Percepatan

juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula. Untuk memperoleh data jarak dari sensor accelerometer, diperlukan proses integral ganda terhadap keluaran sensor. Proses penghitungan ini dipengaruhi oleh waktu cuplik data, sehingga jeda waktu cuplik data (dt) harus selalu konstan dan dibuat sekecil mungkin. Secara sederhana, integral merupakan luas daerah di bawah suatu sinyal selama rentang waktu tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.

$$s = \int \left(\int (\vec{a}) dt \right) dt$$

a. Proses Integral Terhadap Suatu Sinyal

Persamaan pengintegralan pada persamaan (2) masih memiliki error yang cukup besar. Untuk lebih mengoptimalkan hasil pengintegralan maka dapat digunakan metode Runge-Kutta dengan pendekatan trapezoidal seperti pada persamaan berikut.

2.8 Sensor compass.

Sensor kompas adalah sensor yang dapat mengetahui posisi sudut. Sensor ini didesain untuk tujuan sebagai navigator yang digunakan untuk pergerakan pada benda atau perangkat yang digunakan. Pada modul sensor kompas telah dipasang rangkaian pengkondisi sinyal dan mikrokontroler, sehingga dengan mudah data dapat diakses.

a. contoh penggunaan sensor compass:

1. Pada robot sebagai navigator yang digunakan untuk pergerakan pada robot.

2. Pada roket berperan penting untuk mengetahui nilai arah dari payload roket.

b. Contoh spesifikasi Sensor Kompas

- 1) Catu daya : +5 VDC,
- 2) Konsumsi arus : 15 mA,
- 3) Antarmuka : I2C atau PWM,
- 4) Akurasi : 3-4 derajat,
- 5) Resolusi : 0,1 derajat,
- 6) Waktu konversi : 40ms atau 33,3ms dapat dipilih,
- 7) Telah dikalibrasi pada daerah dengan sudut inklinasi 67 derajat



Gambar 2.6 Sensor Kompas
 Sumber : http://1.bp.blogspot.com/-W_K53jfTRIQ/ULSONg4BQ1I/AAAAAAAAAAU/fhPKWb_hqu4/s320/Sensor-Kompas-HMC6352.jpg

3. METODO PENELITIAN

3.1 Umum. Perancangan alat Optical Directory terdiri dari beberapa tahap mulai dari penemuan ide, mencari sumber yang dapat menunjang, membuat rancangan hardware serta software, dimana ada beberapa hardware yang harus dibuat dan dirancang agar dapat melakukan fungsi yang diinginkan secara maksimal, seperti skema rangkaian Arduino pada aplikasi *optical directory* untuk kendali meriam.

3.2 Langkah langkah penelitian

a. Penemuan Ide / Gagasan.

Penemuan ide dapat dilakukan dengan cara membaca buku maupun artikel di internet serta pengalaman-pengalaman yang pernah dialami sehingga dengan sengaja menemukan ide-ide tertentu.

b. Melakukan Observasi Lapangan.

Observasi lapangan dilakukan di Akademi Militer dengan cara melihat secara langsung cara kerja alat *optical directory* masuk pada Arduino dan diteruskan melalui *software* yang terhubung dengan Arduino, sehingga dapat menggerakkan sudut elevasi dan azimuth meriam secara bersama – sama.

c. Mencari Sumber-sumber Bacaan Yang Menunjang. Mencari sumber bacaan baik berupa buku-buku yang menunjang maupun artikel-artikel dari internet yang dapat dijadikan sebagai landasan teori.

d. Membuat Rancangan Hardware.

Menentukan komponen-komponen yang akan digunakan pada rangkaian elektronika yang akan dibuat. Dalam hal ini penulis akan membuat rangkaian alat rancang bangun pemrosesan *Optical Directory* dengan menggunakan mikrokontroler arduino.

e. Membuat Rancangan Software.

Rancangan dibuat dengan menggunakan flowchart, dimana flowchart mendeskripsikan *software* yang dibuat atau *software* yang akan ditanamkan pada alat.

f. Membuat Rancangan Mekanik Alat. Rancangan elektronika dibuat dengan

menggunakan Pcb. Pcb tersebut dirangkai dengan mikrokontroler dengan minimum sistem dan terhubung dengan alat *finger print* yang diaplikasikan dipintu gudang senjata.

3.3 Alat dan bahan

Untuk membuat komponen optical directory untuk meriam 57 mm yang dapat membantu proses pembuatan alat diperlukan bahan-bahan dan peralatan. Dalam penelitian alat optical directoy peralatan dan bahan yang diperlukan seluruhnya berkaitan dengan rangkaian alat *optical directory*, yaitu sebagai berikut :

- 1) Peralatan.
 - a) Solder
 - b) Pengupas kabel
 - c) Tang Potong
 - d) Gunting
 - e) Obeng Set
- 2) Bahan.
 - a) Sensor compass
 - b) arduino
 - c) Sensor Accelero
 - d) *Liquid Crystal Display* (LCD)
 - e) Joystick
 - f) GSM module (A6)
 - g) Kabel
 - h) Timah Solder

3.4 Perancangan Hardware

a. Diagram Blok perancangan.

Untuk memudahkan pemahaman mengenai penelitian akan ada ditampilkan sebuah diagram blok. Dibawah ini adalah diagram blok dari rangkaian optical directory.

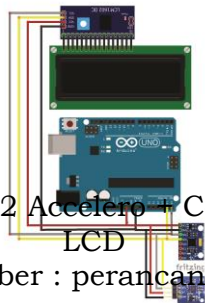
Berdasarkan blok diagram pada Gambar 3.1, arduino yang merupakan inti dari alat optical directory diletakan pada sebuah joystick untuk mengukur

sudut elevasi dan azimuth. Proses penentuan sudut elevasi dan azimuth pada alat optical directory menggunakan beberapa sensor yaitu sensor accelero dan sensor compass yang dihubungkan ke arduino. kemudian untuk mengetahui berapa besar sudut yang ditunjukkan oleh joystick ditambahkan juga sebuah layar *liquid crystal display (LCD)* yang dihubungkan juga pada arduino dan kemudian dipasang pada joystick tersebut. Tidak lupa juga hubungkan arduino ke PC agar nantinya hasil dari sudut yang dibentuk oleh joystick dapat langsung dikirimkan ke PC. Sebelum dikirimkan ke PC hasil tersebut ditampilkan pada sebuah layar lcd yang ada pada joystick sebelum akhirnya data dikirim ke PC.

Pada Arduino terdapat kaki-kaki atau port yang menghubungkan Arduino dengan *liquid crystal display (LCD)*, *Sensor accelero*, *Sensor compass* dan hardware (PC).

Hasil data sidik jari dikirim dan ditampilkan pada *display software*. *Display Software* akan menampilkan data pribadi dari orang yang mengakses dan jika data sesuai dengan data yang terdaftar maka data akan dikirim ke ATmega16 untuk perintah pintu terbuka. Jika data tidak sesuai *display software* akan menampilkan tampilan '*invalid data*'

e. Accelero + Compass + LCD



Gambar 3.2 Accelero + Compass + LCD
Sumber : perancangan

Pada gambar 3.2 diatas menunjukkan rancangan hardware dari alat optical directory . Dari perancangan hardware diatas dapat diketahui komponen utama yang diperlukan dari system optical directory yaitu Arduino, Layar LCD, Sensor accelerometer dan Sensor compass. Seluruh komponen – komponen tersebut kemudian dirangkai dan dihubungkan satu dengan yang lain agar mendapatkan fungsi yang diinginkan.

3.5 Perancangan Software

- 1) Pada flow chart di atas dapat dijelaskan cara kerja alat optical directory untuk dapat menentukan sudut elevasi dan azimuth yang ditampilkan pada layar LCD 16x2
- 2) Untuk mengetahui besar sudut yang diinginkan menggunakan sensor accelero dan compass, pertama yang dilakukan yaitu nyalakan alat dan kemudian sambungkan ke PC
- 3) Setelah alat dinyalakan, maka alat akan bekerja dengan menginisialisasi dan menentukan pin pemasangan untuk layar LCD 16x2, sensor ADXL accelerometer dan sensor compass
- 4) Maka kemudian arduino akan membaca besaran X,Y, dan Z dan secara bersamaan arduino juga membaca data dari sensor compass
- 5) Setelah data x,y, dan z dari accelerometer serta data dari sensor compass terbaca oleh arduino, kemudian data-data tersebut akan dilakukan perhitungan untuk dapat mengetahui besarnya sudut compass dan elevasi
- 6) Hasil data x,y, dan z yang telah dihitung tadi kemudian dikirim, data compass dan elevasi

- dikirim dalam format AelevasiBazimuthC. misal A60B30C
- 7) Kemudian data yang dikirim tersebut akan ditampilkan pada LCD yang berukuran 16x2
 - 8) Semua proses diatas diulang secara terus – menerus hingga percobaan mendapatkan hasil yang diinginkan
 - 9) selesai

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum. Dalam bab IV akan dibahas tentang percobaan system yang telah dirancang dan dibuat pada bab sebelumnya, dilanjutkan dengan analisa hasil percobaan untuk mengetahui sejauh mana alat yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan operator. Pengujian dapat dilakukan dengan cara pengujian sensor Accelerometer dan Sensor compass. Dari hasil pengujian akan didapatkan data – data yang keberhasilannya dapat digunakan.

4.2 Pengujian dan Analisa. Pada umumnya untuk merancang alat agar mampu bekerja dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan oleh operator, maka perlu diadakan penelitian dan pengujian cara kerja dan fungsi pada setiap bagian – bagian pada rangkaian agar mengetahui setiap kesalahan dan kekurangannya. Pengujian yang dilakukan harus terperinci dan teliti sehingga diketahui seluruh fungsi alat yang telah dibuat secara bagian per bagian.

4.3 Pengujian Sensor Accelero

- a. Tujuan. Pengujian sensor accelero bertujuan untuk memastikan apakah sensor yang digunakan dalam hal ini sensor accelerometer dapat bekerja dengan baik. Kemudian data tersebut ditampilkan pada layar LCD.

- b. Alat dan Bahan.
 - 1) Arduino
 - 2) Liquid Crystal Display (LCD)
 - 3) Sensor accelerometer
- c. Rangkaian. Rangkaian yang digunakan pada uji coba sensor accelerometer ini menggunakan rangkaian yang sudah ditentukan sebelumnya.
- d. Upload. Dalam proses pengujian sensor accelerometer untuk dapat menampilkan hasil sudut yang ditentukan pada layar LCD maka pada arduino terjadi pemrosesan data yang menggunakan serial kode. Serial kode yang digunakan yaitu sebagai berikut:

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <ADXL345.h>
ADXL345 accelerometer;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);

void setup() {
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(9600);
  if (!accelerometer.begin())
  {
```

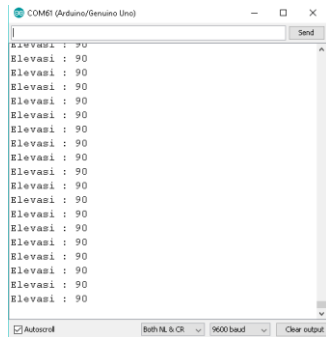
```
    Serial.println("Could not find a
    valid ADXL345 sensor, check
    wiring!");
    delay(500);
  }
  accelerometer.setRange(ADXL345_R
  ANGE_16G);
}

void loop() {
  Vector      normA      =
  accelerometer.readNormalize();
  Vector      filtered   =
  accelerometer.lowPassFilter(normA,
  0.5);
  int froll   = (atan2(filtered.YAxis,
  filtered.ZAxis) * 180.0) / M_PI;
```

```

froll = froll * -1;
Serial.print("Elevasi : ");
Serial.println(konvert(froll));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Elevasi :");
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(konvert(froll));
delay(100);
}
String konvert(int nilai) {
  return String(nilai) + " ";
}
    
```

e. Hasil



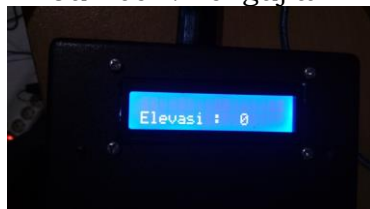
Gambar 4.1. dokumentasi hasil naik

Sumber : Pengujian



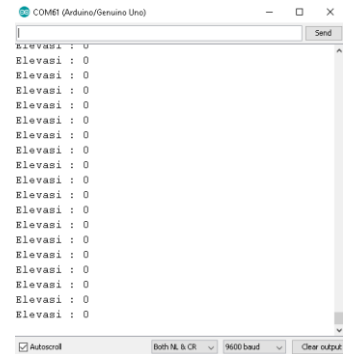
Gambar 4.2. tampilan LCD hasil naik

Sumber : Pengujian



Gambar 4.3. tampilan LCD hasil turun

Sumber : Pengujian



Gambar 4.4. dokumentasi hasil turun

Sumber : Pengujian

4.4 Pengujian Sensor Compass

- a. Tujuan. Pengujian sensor compass bertujuan untuk memastikan apakah sensor yang digunakan dalam hal ini sensor compass dapat bekerja dengan baik. Kemudian data tersebut ditampilkan pada layar LCD.
- b. Alat dan Bahan.
 - 1) Arduino
 - 2) Liquid Crystal Display (LCD)
 - 3) Sensor compass
- c. Rangkaian. Rangkaian yang digunakan pada uji coba sensor compass ini menggunakan rangkaian yang sudah ditentukan sebelumnya.
- d. Upload. Dalam proses pengujian sensor compass untuk dapat menampilkan hasil sudut yang ditentukan pada layar LCD maka pada arduino terjadi pemrosesan data yang menggunakan serial kode. Serial kode yang digunakan yaitu sebagai berikut:

```

#include <Wire.h>
#include <HMC5883L.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
    
```

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
HMC5883L compass;
void setup() {
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(9600);
  while (!compass.begin())
  {
    Serial.println("Could not find a valid
HMC5883L sensor, check wiring!");
    delay(500);
  }

  compass.setRange(HMC5883L_RANGE_
1_3GA);

  compass.setMeasurementMode(HMC58
83L_CONTINUOUS);

  compass.setDataRate(HMC5883L_DATA
RATE_30HZ);

  compass.setSamples(HMC5883L_SAMP
LES_8);
  compass.setOffset(0, 0);
}

void loop() {
  Vector          norm          =
compass.readNormalize();
  float heading = atan2(norm.YAxis,
norm.XAxis);
  float declinationAngle = (0.0 + (50.0 /
60.0)) / (180 / M_PI);
  heading += declinationAngle;

  if (heading < 0)
  {
    heading += 2 * PI;
  }

  if (heading > 2 * PI)
  {
    heading -= 2 * PI;
  }

  String data = "";

```

```

float headingDegrees = heading * 180
/ M_PI;
int HD = headingDegrees;
HD = HD + 68;

if (HD > 360)
{
  HD = HD - 360;
}
if (HD > 350 or HD < 10)
{
  data = "U";
}
else if (HD > 260 and HD < 280)
{
  data = "B";
}
else if (HD > 170 and HD < 190)
{
  data = "S";
}
else if (HD > 80 and HD < 100)
{
  data = "T";
}
else
{
  data = " ";
}
Serial.print("Azimut = ");
Serial.print(HD);
Serial.print("  Arah = ");
Serial.println(data);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Azimut  :");
lcd.setCursor(11, 0);
lcd.print(konvert(HD));
lcd.setCursor(15, 0);
lcd.print(data);
delay(100);
}

String konvert(int nilai) {
  return String(nilai) + " ";
}

```

5. PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat disertai dengan dilaksanakannya pengujian dan pembahasan pada alat kendali sistem kendali optical directory, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil pengujian secara satu persatu alat elektroniknya dan pengujian secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa alat optical directory dapat bekerja dengan baik.
- b. rancang bangun sistem optical directory terdiri atas mikrokontroler Arduino untuk mengolah data dan meneruskan masukan,potensiometer yang digunakan sebagai penggerak motor yang menyebabkan laras meriam dapat bergerak sesuai dengan sudut elevasi dan azimuth yang diinginkan operator.
- c. rancang bangun sitem optical directory akan menunjukkan besarnya sudut elevasi dan azimuth pada suatu titik yang telah ditentukan.

Setelah melakukan penelitian ini diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan saran dan masukan untuk dapat melakukan pengembangan lebih nyata prototipe yang dibuat lebih ke arah aplikasi senjata sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

----- . ----- , *Power Supply*,<https://akhmadkurtubi258.wordpress.com/Power Supply>, diakses pada tanggal 8 januari 2023.

----- . ----- , Resistor,<https://www.electroniclab.com/id/Resistor/> , diakses pada tanggal 13 Desember 2022.

----- . ----- , Potensiometer dan Trimpot, [https://www.electroniclab.com/id/Potensiometer dan Trimpot /](https://www.electroniclab.com/id/Potensiometer dan Trimpot/) , diakses pada tanggal 13 Desember 2022.

----- . ----- , NTC Thermistor, [https://www.electroniclab.com/id/NTC Thermistor /](https://www.electroniclab.com/id/NTC Thermistor/), diakses pada tanggal 13 Desember 2022.

----- . ----- , *Power Supply*, [https://akhmadkurtubi258.wordpress.com/id/Power Supply /](https://akhmadkurtubi258.wordpress.com/id/Power Supply/), diakses pada tanggal 13 Januari 2023.

----- . ----- , *clipper*, [https://www.coursehero.com/id/Rangkaian pemotong \(clipper\) /](https://www.coursehero.com/id/Rangkaian pemotong (clipper) /) diakses pada tanggal 23 Mei 2023.

----- . ----- , Rangkaian clamping, [https://www.coursehero.com/id/Rangkaian pemotong \(clipper\) /](https://www.coursehero.com/id/Rangkaian pemotong (clipper) /) diakses pada tanggal 23 Mei 2023.

----- . ----- , Band-pass filter, [https://www.widi.lecturer.pens.ac.id/id/Kurva-respon-frekuensi-band-pass-filter /](https://www.widi.lecturer.pens.ac.id/id/Kurva-respon-frekuensi-band-pass-filter/) diakses pada tanggal 23 Mei 2023

----- . ----- , low pass , [https://www.elektro.um.ac.id/id/Sebuah-rangkaian-filter-yang-memberikan /](https://www.elektro.um.ac.id/id/Sebuah-rangkaian-filter-yang-memberikan/) diakses pada tanggal 23 Mei 2023