



RANCANG BANGUN SENSOR ROTARY ENCODER SEBAGAI ALAT PENGENDALI GERAKAN AZIMUTH PROTOTYPE DUDUKAN MERIAM

Slamet Widodo

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

Muhammad Baidlowi

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

ABSTRAK

Meriam adalah merupakan salah satu alutsista sejenis artileri yang pada umumnya memiliki ukuran yang besar dan berbentuk tabung dan mempunyai peranan penting dalam peperangan untuk memberi bantuan tembakan. Meriam memiliki bermacam-macam ukuran caliber, jangkauan, sudut tembak, dan daya tembak serta biasa digunakan sebagai persenjataan Angkatan Darat, Laut dan Udara.

Sistem kendali dudukanmeriam saat ini sebagian besar masih menggunakan sistem kendali secara manual sehingga sulit untuk digerakan. Selain itu juga kurang efektif dan efisien untuk menentukan posisi sudut yang diinginkan.

Tujuan perancangan alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam menggunakan sensor rotary encoder ini adalah agar dalam pelaksanaannya dapat lebih mudah serta dapat mengenai sasaran dengan cepat dan tepat. Dengan demikian diharapkan untuk kedepannya dalam pengendalian dudukan meriam ini dapat lebih efektif dan efisien. Untuk membuat sistem pengendali dudukan meriam tersebut akan menggunakan sensor rotary encoder untuk menentukan posisi sudut sesuai dengan keinginan.

Kata Kunci : Sensor rotary encoder.

ABSTRACT

Cannon is one of the artillery equipment which generally has a large size and tube-shaped and has an important role in warfare to provide fire support. Cannons have various caliber sizes, ranges, firing angles, and firepower and are commonly used as weapons for the Army, Navy and Air Force.

The current cannon mount control system mostly still uses a manual control system making it difficult to move. It is also less effective and efficient to determine the desired angular position.

The purpose of designing a cannon mount azimuth movement controller using a rotary encoder sensor is so that its implementation can be easier and can hit the target quickly and precisely. Thus it is hoped that in the future the control of this cannon mount can be more effective and efficient. To make the cannon mount control system will use a rotary encoder sensor to determine the angular position as desired.

Keyword: Rotary encoder sensor.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat sekarang ini memberikan dampak positif di berbagai bidang, salah satunya adalah di bidang militer. Alutsista militer yang digunakan dari tahun ke tahun semakin canggih dan modern. Perbaikan dilakukan untuk membenahi alutsista yang di miliki agar menjadi lebih baik di karenakan persaingan dengan Negara lain semakin ketat. Tiap-tiap Negara saling menunjukkan kekuatan alutsista yang dimilikinya. Begitu pula di Negara kita ini yang sekarang banyak membeli alutsista baru dengan maksud agar Indonesia tidak dipandang sebelah mata oleh Negara-negara lain. Salah satu alutsista tersebut adalah meriam-meriam militer.

Namun dalam penggunaan meriam militer ini masih banyak mengalami kendala dalam pengendalian gerakan azimuth dudukan meriam. Oleh karena itu diperlukan suatu alat kendali untuk memudahkan dalam mengendalikan posisi sudut meriam agar sesuai dengan sasaran yang diinginkan. Karena seringkali dalam mengendalikan posisi sudut meriam tidak mengenai sasaran yang diinginkan.

Agar dalam pelaksanaan dapat lebih mudah serta dapat mengenai sasaran yang diinginkan secara tepat, cepat, efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah.

Berdasarkan masalah yang terkait hal di atas, maka disusunlah rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam menggunakan sensor rotary encoder.
- b. Bagaimana prinsip kerja alat pengendalian gerakan azimuth dudukan meriam dengan menggunakan sensor rotary encoder.

- c. Bagaimana cara kerja rotary encoder dalam menggerakkan dudukan meriam tersebut.

1.3 Batasan Masalah.

Pembuatan batasan masalah dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembuatan penelitian sekaligus perancangan ini. Untuk mengurangi kesalahan dan menghindari hal-hal yang tidak diperlukan maka di buat batasan-batasan dalam perancangan alat ini, antara lain:

- a. Alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam ini dibuat dengan menggunakan sensor rotary encoder.
- b. Alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam ini dibuat hanya sebatas prototype saja.

1.4 Tujuan.

Tujuan yang hendak dicapai dalam Penelitian ini adalah:

- a. Merancang alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam menggunakan sensor rotary encoder.
- b. Membahas cara kerja dalam pembuatan alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam dengan menggunakan sensor rotary encoder.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rotary Encoder.

Rotary encoder adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Rotary encoder umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor drive, dsb.

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi

piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu photo-transistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi rotary encoder tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi rotary encoder tersebut.

2.2 Mikrokontroler AVR

Atmega8. AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang didalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Perbedaannya pada mikro yang pada umumnya digunakan seperti MCS51 adalah pada AVR tidak perlu menggunakan *oscillator eksternal* karena di dalamnya sudah terdapat internal oscillator. Selain itu kelebihan dari AVR adalah memiliki *Power-On Reset*, yaitu tidak perlu ada tombol reset dari luar karena cukup hanya dengan mematikan *supply*, maka secara otomatis AVR akan melakukan *reset*. Untuk beberapa jenis AVR terdapat beberapa fungsi khusus seperti ADC, EEPROM sekitar 128 *byte* sampai dengan 512 *byte*. AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8K *byte in-System Programmable Flash*. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8 perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L,

mikrokontroler ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2,7 - 5,5 V sedangkan untuk ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 - 5,5 V.

2.3 Driver Motor DC (H-Bridge).

Pada modul ini dibuat suatu konsep Driver H-Bridge (dinamakan H-Bridge sebab bentuk driver ini apabila dicermati mirip huruf H dan bekerja seperti Bridge atau jembatan yang berfungsi melewatkan arus dari tegangan supply positif ke motor kemudian ke ground) sehingga diharapkan respon dari joystick ke pergerakan motor sangat cepat. Untuk itu digunakan transistor tipe 9013 yang mampu memadukan antara kecepatan dan transfer arus yang besar. Selain itu transistor jenis ini juga termasuk *low cost*.

Arah putaran motor DC dapat diubah dengan membalikkan tegangan yang diberikan pada kutub-kutubnya. Misalnya, pada terminal (+) motor dihubungkan dengan kutub (+) catu daya dan pada terminal (-) motor dihubungkan dengan kutub (-) catu daya, maka motor akan berputar searah jarum jam. Sedangkan bila terminal (+) motor dihubungkan dengan kutub (-) catu daya dan pada terminal (-) motor dihubungkan dengan kutub (+) catu daya, maka motor akan berputar berlawanan arah jarum jam.

2.4 Basic Compiler AVR.

Bascom avr merupakan sebuah aplikasi compiler untuk mikrokontroler dengan bahasa basic. Dari bascom ini nanti akan didapatkan file.hex yang mana file itu digunakan untuk di-download-kan ke mikrokontroler yang bersangkutan, agar mikrokontroler itu dapat dijalankan atau dioperasikan.

Cara menggunakan bascom avr ini, dengan membuka aplikasi bascom avr kemudian akan muncul jendela editor dari bascom avr.

1. Langkah pertama, buka aplikasi BASCOM.
2. Buat file firmware yang baru, beri nama sesuai dengan keinginan kita
3. Pada Menu Bar (Atas), click Option >> Compiler >> Chip

4. Pada dialog box Option, pada menu bar click Chip >> Chip: sesuai dengan mikrokontroler yang sedang dikerjakan, contoh disini adalah ATMEGA-8, maka pilih m8def.dat

5. Simpan file tersebut

Sebenarnya kenapa kita harus melakukan setting dasar ini? Karena seluruh command atau library yang terkait dengan mikrokontroler tersebut disimpan pada file m8def.dat (untuk ATMEGA-8). Isi file ini diantaranya adalah deklarasi variable-variable default dari mikrokontroler.

Prosedur ini sebenarnya perlu kita lakukan untuk memaksa kompilator untuk melakukan aktivitasnya bagi mikrokontroler tertentu, Prosedur serupa, namun metodenya lain bisa kita lakukan dengan melakukannya di dalam firmware. Biasanya kita tuliskan/ lakukan pada baris teratas firmware kita, dengan contoh syntax:

```
$regfile = "m8def.dat" □ untuk memaksa environment compiler ATMEGA-8
$crystal = 8000000 □ memberitahu compiler bahwa Xtal yang dipakai adalah 8MHz.
```

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum. Perancangan sistem kendali gerakan azimuth dudukan meriam dengan sensor rotary encoder membahas tentang langkah-langkah perancangan alat dan bahan. Perancangan hardware yang terdiri dari rangkaian motor DC sebagai penggerak dudukan meriam dengan rotary encoder dan system control serta perancangan software menggunakan basic complier. Penulis hanya membahas khusus tentang perancangan kendali gerakan azimuth meriam dengan menggunakan sensor rotary encoder.

3.2 Langkah-Langkah Penelitian.

a. Penemuan Ide/Gagasan.

Penemuan ide untuk membuat alat pengendali gerakan azimuth dudukan meriam ini diperoleh dengan

cara mencari literatur sistem dan permasalahan yang ada di TNI AD sehingga menghasilkan sesuatu yang baru. Selain itu juga dalam penelitian ini tidak terlepas dari buku-buku bacaan terbaru maupun artikel-artikel di internet mengenai kemajuan teknologi yang terus berkembang serta berdasarkan pengalaman-pengalaman yang pernah dialami sehingga secara tidak sengaja menemukan ide/gagasan untuk membahas penelitian ini.

b. Mencari Referensi Yang Menunjang. Referensi dalam pengerjaan penelitian ini dapat berupa bacaan dari buku-buku dan juga website di internet mengenai isi dari penelitian ini sehingga dapat menunjang dibuatnya penelitian ini.

c. Membuat Rancangan Hardware. Perancangan hardware ini dilakukan dengan menentukan komponen-komponen atau perangkat yang akan digunakan pada rangkaian elektronika yang dibuat. Dalam hal ini penulis akan membuat rangkaian kendali gerakan azimuth dudukan meriam dengan sensor rotary encoder sebagai pemberi data posisi azimuth dudukan meriam dan driver sebagai pengendali gerakan motor sehingga dudukan dapat berputar ke segala arah. Mikrokontroler ATmega8 sebagai pengendali driver motor dengan cara mengolah data dan memberikan output berupa pulsa kepada driver motor. Adaptor 12v sebagai bagian dari power supply regulator dengan arus searah yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor DC.

d. Membuat Rancangan Software. Perancangan software ini dilakukan dengan menentukan bahasa pemrograman. Dalam pembuatan alat ini penulis menggunakan bahasa pemrograman basic yang mana seringkali digunakan untuk mikrokontroler jenis AVR dan di dukung dengan compiler pemrograman berupa BASCOM AVR.

e. Membuat Rancangan Mekanik Alat. Rancangan mekanik alat ini dibuat dengan menggunakan sensor

rotary encoder sebagai pengendali gerakan azimuth dudukan meriam.

f. Melakukan Pengujian.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan sudah dapat bekerja seperti yang diinginkan. Pengujian dilakukan pada masing-masing bagian alat maupun pada alat tersebut secara keseluruhan.

g. Membuat Kesimpulan Dan Saran.

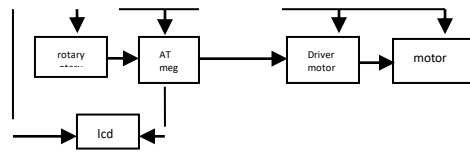
Kesimpulan penelitian ini dibuat untuk mengetahui hasil penelitian secara keseluruhan dan menjawab dari rumusan masalah. Dengan adanya kesimpulan ini akan diketahui apakah penelitian ini sudah sesuai dengan apa yang diinginkan atau belum. Setelah disimpulkan, maka akan diketahui kekurangan-kekurangan dalam penelitian tersebut sehingga perlu diadakan saran untuk memperbaiki kekurangan itu.

3.3 Perancangan Hardware.

a. Peralatan dan Bahan. Dalam penelitian ini, peralatan dan bahan yang diperlukan yaitu sebagai berikut:

- 1) Peralatan.
 - a) Solder.
 - b) Solder atractor.
 - c) Obeng.
 - d) Tang potong.
 - e) Gunting.
 - f) Pengupas kabel.
 - g) Bor.
 - h) Gergaji besi.
- 2) Bahan.
 - a) Baterai 12 volt.
 - b) Regulator 5 volt.
 - c) Regulator 3,3 volt.
 - d) Rotary encoder.
 - e) Mikrokontroler ATmega8.
 - f) Transistor MOSFET IRF9540.
 - g) Transistor MOSFET IRF540.
 - h) NPN Transistor C9013.
 - i) Motor DC.
 - j) Rangka Meriam
 - k) Kabel Power.

b. Blok Diagram Alat. Gambar dibawah ini merupakan blok diagram kendali gerakan azimuth dudukan meriam dengan sensor rotary encoder.



Gambar 3.1 Blok Diagram (Sumber: Perancangan)

Penjelasan blok diagram tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Power supply akan memberikan daya sebagai sumber tenaga pada sensor rotary encoder, mikrikontroler ATmega8 dan Driver Motor agar dapat bekerja.
- 2) Power supply ini akan memberikan daya sebesar 12 volt dan dikarenakan itu terlalu besar sehingga dapat distabilkan tegangannya oleh IC Regulator menjadi 5 volt sesuai dengan kebutuhan yang akan menjadi supply daya bagi mikrokontroler ATmega8.
- 3) Pada ATmega8 terdapat kaki atau port yang menghubungkan ATmega8 dengan driver H-Bridge sebagai pengendali arah gerakan dan kecepatan motor DC.
- 4) Pergerakan motor DC dikendalikan oleh ATmega8 yaitu berupa perintah yang akan diberikan kepada tombol berupa posisi.
- 5) Pergerakan motor DC tersebut mempengaruhi gerak prototype dudukan meriam dan rotary encoder yang berfungsi sebagai sensor posisi yang menyatakan posisi dudukan meriam saat itu yang kemudian kedudukan tersebut akan dimasukkan kedalam ATmega8 berupa posisi motor DC sekarang.

3.4. Perancangan Software. Proses pembuatan program pemrograman bahasa dan mikrokontroller menggunakan program Basic Compiler AVR (BASCOS AVR). Bahasa atau perintah pengendalian yang dibuat akan disimpan dengan extension *.Bas. Kemudian file yang telah di-compile akan menghasilkan file baru dengan extension *.hex. Pada akhirnya untuk memasukkan file ber-extension *.hex



tersebut ke dalam flash mikrokontroler menggunakan Downloader.

3.5 Perancangan Pengujian. Untuk mengetahui apakah alat tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Adapun pengujian yang akan di lakukan yaitu:

- a. Pengujian power supply
- b. Pengujian system minimal ATMewga 8.
- c. Pengujian rangkaian LCD.
- d. Pengujian Push Button.
- e. Pengujian nilai rotary encoder.
- f. Pengujian driver motor H-bridge.
- g. Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum. Pada bagian ini akan di bahas bagaimana cara kerja percobaan sistem yang telah dirancang dan kemudian dilanjutkan dengan menganalisa hasil percobaan untuk mengetahui bagaimana alat yang telah di buat tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang di harapkan oleh pengguna. Adapun pengujian yang akan di lakukan meliputi pengujian, pengujian power supply, pengujian sismin Mikrokontroler Atmega 8, pengujian tampilan pada LCD, pengujian driver H-Bridge, pengujian sensorrotary encoder, pengujian motor DC dan pengujian secara keseluruhan.

4.2 Pengujian dan Analisa.

- a. Pengujian Power Supply.

Power supply adalah merupakan sumber tegangan yang digunakan untuk memberikan supply kepada seluruh komponen yang di gunakan dalam penelitian tersebut.

Dari pengujian seperti gambar di atas maka diperoleh hasil tegangan pada masing-masing komponen yang supaya lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1
Pengujian Power Supply

NO	NAMA KOMPONEN	BESAR TEGANGAN (Volt)
1	Input Regulator	12,16 Volt
2	Output Regulator	4,91 Volt
3	Mikrokontroler ATMega 8	4,90 Volt
4	LCD	4,90 Volt
5	Rotary Encoder	4,90 Volt
6	IC Driver	4,83 Volt
7	Driver H-Bridge	12,13 Volt

Bedasarkan tabel di atas maka dapat dilihat bahwa setiap komponen mendapatkan tegangan sesuai dengan yang diharapkan. Pada setiap komponen yang membutuhkan tegangan sebesar 5 volt mendapatkan tegangan antara 4,83 dan 4,91Volt. Sedangkan untuk setiap komponen yang membutuhkan tegangan sebesar 12 Volt mendapatkan tegangan sebesar 12,13 Volt dan 12,16 Volt. Dengan demikian maka dapat di buktikan bahwa regulator dan Mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik.

b. Pengujian Sistem Minimal Atmega 8. Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor yang di dalamnya terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, clock, dan perangkat lainnya yang telah terintegrasi dan di rangkai dalam satu chip yang siap di pakai. Agar dapat digunakan, Atmega 8 mebutuhkan rangkaian minimal catu daya 5V, kristal oscillator dan rangkaian RESET.Hasil Pengujian:



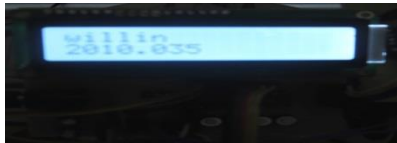
Gambar 4.14 Pengujian mikrokontroler ATMega8

(Sumber: Pengujian)

c. PengujianTampilan pada LCD. LCD merupakan suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal

cair sebagai penampil utama. Pada pengujian ini, LCD digunakan sebagai penampil inputan yang di berikan pada pemrograman yang dilakukan oleh program BASCOM AVR.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan bahwa setelah menerima perintah yang telah di programkan tersebut maka LCD akan menampilkan tampilan seperti yang di tunjukkan pada gambar tampilan LCD di bawah ini:



Gambar 4.15 Tampilan LCD
(Sumber: Pengujian)

d. Pengujian Push Button. Push Button adalah merupakan suatu perintah input berupa tombol yang dapat berfungsi untuk menentukan dan juga mengatur nilai input pada motor.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil sesuai dengan gambar di bawah ini:



Gambar 4.16 Pengujian Push Button
(Sumber: Pengujian)

e. Pengujian Nilai Rotary Encoder.

Rotary encoder adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Dalam pengujian ini rotary encoder berfungsi sebagai sensor posisi.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil nilai rotary encoder pada keadaan sembarang yakni

bernilai 7820 seperti yang di tunjukkan pada gambar tampilan LCD di bawah :



Gambar 4.17 Nilai Rotary Encoder
(Sumber: Pengujian)

f. Pengujian driver motor H-bridge.

Dalam pengujian ini motor DC digunakan untuk menggerakkan kedudukan meriam, arah putaran motor DC dapat mempengaruhi azimuth kedudukan meriam.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil arah putaran motor DC sesuai dengan perintah yang di berikan. Untuk hasil arah putaran motor DC dapat dilihat dari gambar di bawah:



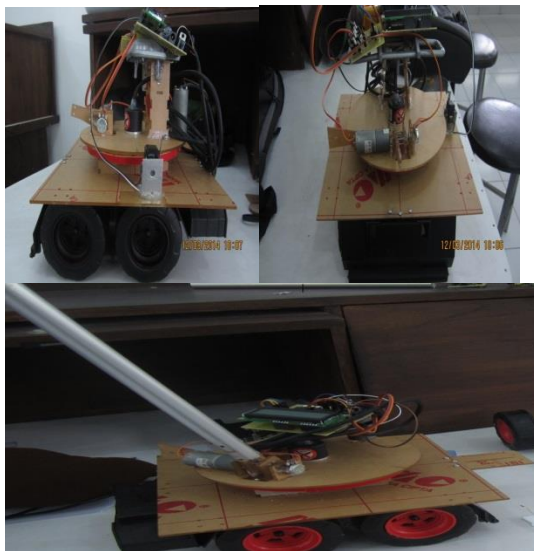
Gambar 4.18 Arah Putar Motor ke Kanan
(Sumber: Pengujian)



Gambar 4.19 Arah Putar Motor ke Kiri
(Sumber: Pengujian)

Dari hasil gambar di atas dapat dinyatakan bahwa motor DC dapat berputar sesuai dengan yang di harapkan atau di perintahkan operator. Dalam pengujian ini motor dapat berputar ke arah kanan maupun kiri berarti motor dapat berfungsi dengan baik.

g. Pengujian sistem secara keseluruhan. Pada bagian ini dibahas tentang pengujian rangkaian secara keseluruhan. Rangkaian ini dapat bekerja ketika operator memberikan nilai sudut melalui push button. Kemudian setiap perubahan yang terjadi pada push button diolah oleh Atmega 8 untuk di tampilkan pada LCD. Setelah selesai memberikan nilai maka Atmega 8 akan meneruskan perintah ke driver motor yang digunakan untuk memutar motor DC sesuai dengan keinginan operator. Hasil Pengujian:



Gambar 4.19 Pengujian secara keseluruhan
(Sumber: Pengujian)

5. PENUTUP

Dari hasil perancangan dan pengujian serta pembahasan sistem maka penulis dapat menarik kesimpulan, antara lain :

- Sensor rotary encoder merupakan komponen utama sistem kendali gerakan azimuth dudukan meriam.
- Driver motor H-bridge merupakan komponen untuk mengatur arah pergerakan motor ke kanan maupun ke kiri.
- Sistem tersebut bekerja untuk menggerakkan posisi dudukan meriam sesuai dengan apa yang kita inginkan,

namun dalam perputarannya tersebut terbatas karena adanya limit switch.

d. Program tersebut ditulis menggunakan Basic Compiler dan Visual basic.

e. Sistem minimal dibuat dengan menggunakan aplikasi EAGLE 6.2.0, sehingga komponen dapat dirangkai dan berfungsi sebagaimana mestinya.

f. Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan, maka dapat penulis dapat menyimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik.

Setelah melakukan penelitian ini diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut, yaitu :

- Karena alat yang dibuat ini banyak menggunakan alat-alat elektronis maka diperlukan perawatan dan pengecekan komponen sistem secara berkala agar kerja alat dapat tetap optimal.
- Untuk pengembangan lebih lanjut perlu menggunakan sensor rotary yang absolute bukan rotary incremental karena dapat berputar tidak terbatas.
- Pembuatan *Prototype* hendaknya dibuat dengan bahan yang lebih baik atau menyerupai bentuk aslinya, sehingga pada saat pengaplikasian secara nyata tidak akan mengalami banyak kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- Sekilas “Rotary Encoder”, pada situs <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/>
- Andrianto, Heri, 2008, Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega 16, Bandung, Informatika.
- Dimiyati, Mujiono, 2006, elektronika. Jakarta, PT. Rineka Cipta.
- Imron Ali, 1996, Rancang Bangun Alat Listrik, Jakarta, PT. Dunia Pustaka Jaya.
- Murni, Sayang. 1990. Pembuatan Tugas Akhir Dengan Metode: eksperimen. Jakarta.

Sadiman Arief S. R. Raharjo, Anung Haryono, Rahardjito. 2007. Media perancangan alat: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya, Jakarta, PT. Raja Grafindo Persada.

Sugiyono, 2008, Metode rancangan alat dengan system mikrokontroler, Bandung, CV. Alfabeta.

Zuhri, 2012, "Mikrokontroler", pada situs <http://www.electrical-sensor.blogspot.com/2012/09/mikrokontroler.html>. diakses tanggal 15 Oktober 2021