

IMPLEMENTASI KONTROL PID PADA AUTOMATIC MORTAR SYSTEM SESUAI DENGAN HASIL PERHITUNGAN KOREKSI TEMBAKAN

Dimas Silvani Faisal Habibi, Abd. Rabi', Jeki Saputra

Abstrak: Automatic Mortar System yaitu senjata yang telah didesain otomatis dalam pergerakannya, hanya saja terdapat kekurangan dalam pengkoreksian tembakan Mortir, dan pergerakannya masih belum terdapat system kontrol untuk mengatur pergerakan laras. Dalam pengoperasian Mortir dibutuhkan kecepatan pembidikan agar tembakan mengenai sasaran secara tepat dan cepat. Oleh karena itu perancangan alat ini bertujuan untuk mempercepat pergerakan yang sesuai dengan pembidikan terhadap sasaran yang akan dituju. Perencanaan dan pembuatan alat dibangun dengan menggunakan alat perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu motor DC, mikrokontroler Arduino Uno, driver L298, sensor Compass GY271, sensor Accelerometer, keypad, LCD. Perangkat lunak yang digunakan yaitu IDE sebagai bahasa pemrograman dalam Mikrokontroler dan metode yang digunakan menggunakan metode PID. Dalam pembuatan alat yang dimaksud supaya dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dan cara kerja komponen-komponen yang digunakan. Hal ini perlu dikuasai sebaik-baiknya untuk menghindari kesalan penggunaan komponen yang mengakibatkan kegagalan dalam pembuatan alat. Pada perencanaan hardware akan meliputi seluruh perihwal yang digunakan pada sistem. Pada perencanaan software merupakan piranti lunak meliputi flowchart dan software secara umum. Perangkat tersebut saling terintegrasi sehingga dalam kerjanya akan maksimum sesuai apa yang diharapkan.

Kata kunci: Automatic Mortar System, Kontrol PID, Arduino Uno.

Teknologi Persenjataan Dunia mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Perkembangan teknologi mendorong terjadinya transformasi kekuatan militer dan memunculkan konsep-konsep operasional baru. Perkembangan teknologi persenjataan tersebut sangat diharapkan oleh negara-negara industri maju untuk memperkuat pengaruh dan kedudukan di dunia internasional. Melihat perkembangan teknologi jaman sekarang dimana semua peralatan sudah menggunakan sistem elektronika yang sangat canggih terutama pada sistem persenjataan. Perkembangan ilmu dan teknologi di beberapa negara maju telah merancang semua peralatan dengan sedemikian rupa sehingga kemampuannya bertambah baik, termasuk produk militer seperti senjata dan munisi untuk mendukung tugas satuan tempurnya guna menunjang prajurit yang profesional. Modernisasi kekuatan militer juga dipengaruhi oleh kemajuan teknologi pertahanan. Beberapa negara telah memanfaatkan teknologi tersebut untuk memodernisasi sistem persenjataan konvensional strategis maupun sistem penginderaan modern terintegrasi seperti Komando, kendali, komunikasi, komputer. Teknologi persenjataan yang mengalami kemajuan begitu cepat, sehingga negara-negara berkembang selalu memodifikasi peralatan perang mereka dengan dasar memperkuat, mempercepat, dan mempermudah dalam menggunakan alutsista yang canggih termasuk teknik pengisian munisi. Negara berkembang seperti negara Indonesia ini selalu memodifikasi peralatan persenjataannya. Tujuannya memodernisasi Alutsista adalah untuk mencapai suatu kekuatan pokok. Sebagai contoh pada persenjataan Panzer Anoa yang pada dasarnya berfungsi hanya mengangkut personil infantri dalam mencapai tugasnya. Negara Indonesia mengembangkan fungsi dari Panzer Anoa itu sendiri dengan menambahkan senjata Mortir. Mortir ini diletakkan di dalam badan Panzer dengan atap terbuka untuk melaksanakan penembakan.

Mortir yang digunakan berfungsi untuk membantu pasukan Infantri jika terdapat penghadangan yang tidak dapat dilawan dengan senjata ringan atau senjata SS1. Jika terdapat penghadangan, maka salah satu personil infantri menjabat sebagai peninjau untuk melakukan permintaan tembakan bantuan dengan menggunakan mortir. Salah satu contoh penghadangan yang tidak bisa diatasi yaitu penghadangan tank musuh atau kedudukan meriam musuh yang harus dihancurkan agar pasukan Infantri bisa maju menyerang.

Cara pengisian Mortir adalah dengan cara memasukan munisi kedalam mulut laras kemudian dilepaskan dengan petunjuk aba-aba dari komandan regu mortir. Jika munisi sudah terlepas dari tangan personil maka munisi akan meledak dan meluncur ke sasaran yang dituju. Setelah munisi lepas dari mulut laras maka akan ada koreksi dari peninjau depan untuk menepatkan jatuhnya munisi ke sasaran. Perhitungan koreksi tembakan cukup rumit karena harus mengetahui letak koordinat sasaran, peninjau dan letak pucuk mortir. Pengukuran letak jatuh munisi menggunakan *ploting board*.

Ploting board adalah alat untuk mengukur sudut dan jarak pada peta yang bertujuan untuk mengetahui posisi letak jatuhnya munisi. Jatuhnya munisi harus ditepatkan ke daerah sasaran dengan memberi aba-aba ke pucuk dari peninjau depan. Contoh aba-aba seperti kanan 50 maju 100 yang berarti munisi jatuh dibagian kiri bawah dari sasaran yaitu sejauh 50 meter ke kiri dan 100 meter kebawah. Maka laras mortir harus diarahkan ke kanan dan ke atas dengan rumus perhitungan yang sudah menjadi perhitungan tetap di jajaran TNI AD. Setelah mengetahui hasil hitung dari koreksi peninjau depan maka laras digerakkan secara manual dengan memutar tuas untuk menggerakkan ke samping dan keatas yang bisa juga disebut dengan elevasi dan azimuth.

Pada saat tembak tinjau atau tembakan pertama pasti akan ditemukan koreksi tembakan, maka perhitungan dilakukan oleh prajurit dengan menghitung jarak sasaran dari pucuk untuk menghasilkan sudut elevasi dan sudut dari jatuhnya munisi ke sasaran awal menghasilkan sudut azimuth. Hasil perhitungan dari personil ini di aplikasikan kedalam gerakan laras. Secara manual laras akan diputar sesuai dengan sudut hasil perhitungan untuk mendapatkan hasil tembakan yang tepat pada sasaran. Kelemahan dari pergerakan laras yang manual ini mengakibatkan kurangnya ketelitian pada sudut yang ditentukan selain itu perlu banyak waktu untuk memutar laras dan menepatkan pada sudut yang akan diinginkan dengan cara menengahkan gelembung perata. Semua sistem yang ada pada Mortir Panser Anoa ini perlu adanya otomatisasi untuk mempercepat jalannya sistem penembakan yang tepat, cepat dan akurat. Pada penelitian ini sistem kontrol PID digunakan untuk mengendalikan putaran motor agar pergerakan laras dapat mencapai sudut atau *setpoint* secara cepat dan tepat. Metode PID pada sistem pengendali laras ini dipilih karena bisa mengendalikan sistem dengan memanipulasi sinyal error, sehingga respon sistem (*output*) sama dengan yang diinginkan (*input*). Seperti contoh sudut yang diinginkan harus sama dengan sudut pada pergerakan laras. Perencanaan pembuatan alat ini bertujuan untuk mempercepat dalam menggerakkan laras secara otomatis menggunakan metode PID sesuai dengan hasil perhitungan.

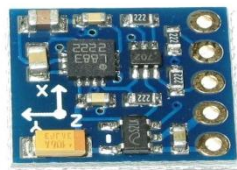
Mortar adalah senjata artileri yang diisi dari depan, dan menembakkan peluru dengan kecepatan yang rendah, jarak yang jangkauan dekat, dan dengan perjalanan peluru yang tinggi lengkungan parabolnya. Sifat-sifat ini bertolak belakang dengan artileri besar, seperti meriam dan howitzer, yang pelurunya bergerak dengan kecepatan tinggi, jarak jangkau yang jauh, dan lengkungan yang lebih rendah. *Automatic Mortar*

System ini sudah di perbarui dengan pergerakan secara otomatis tetapi tidak memiliki sistem kontrol untuk mengontrol gerakan laras agar mencapai sudut yang ditentukan. *Automatic Mortar System* dapat ditunjukkan pada gambar berikut. Karakteristik *Automatic Mortar System* yaitu mempunyai rentang sudut elevasi $45-85^\circ$ dan sudut azimuth $0-360^\circ$ tergantung posisi musuh berada di sudut mana.



Gambar 1. *Automatic Mortar System*

Kompas Elektronik *Compass GY271* buatan *Devantech Ltd* ini menggunakan sensor medan magnet Philips KMZ51 yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet bumi. Modul ini bekerja dengan mendeteksi magnetik bumi. Data yang dihasilkan dari *Compass GY271* elektronik ini berupa data biner. Koneksi dari modul ke mikrokontroler dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan data PWM (*Pulse Width Modulation*), atau dengan I2C (*Inter Integrated Circuit*). Cara yang kedua menggunakan I2C, metode ini dapat digunakan langsung sehingga data yang dibaca tepat $0^\circ - 360^\circ$ sama dengan 0 – 255.



Gambar 2. Sensor Compass GY271

Sensor Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur percepatan akibat gravitasi (iklinasi). Sensor yang akan digunakan pada sistem ini bertujuan untuk mendeteksi sudut kemiringan dari laras atau elevasi dalam rentang sudut $40^\circ-85^\circ$. Ketika sensor dalam keadaan diam, keluaran sensor pada sumbu x akan menghasilkan tegangan *Offset* yang besarnya setengah dari tegangan masukan sensor. Tegangan *Offset* dipengaruhi oleh orientasi sensor dan percepatan statis tiap sumbu akibat gaya gravitasi bumi. Untuk percepatan positif maka sinyal keluaran akan meningkat diatas tegang *offset*, sedangkan untuk percepatan negatif sinyal keluaran akan semakin menurun dibawah tegangan *offset*.



Gambar 3. Sensor accelerometer

Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel

USB atau mensuplai dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan untuk mengupload kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan program hardware internal.

Dengan penggunaan yang cukup sederhana, tinggal menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC. Fungsi mikrokontroller Arduino Uno pada penelitian ini adalah sebagai penghitung koreksi jatuhnya munisi dengan menggunakan rumus trigonometri. Selain sebagai alat penghitung, mikrokontroller Arduino Uno juga digunakan sebagai *interface* tampilan pada LCD yang nantinya akan menghasilkan data hasil pengukuran elevasi dan azimuth penembakan. Output dari hasil perhitungan sebagai *setpoint* dari pergerakan motor yang dideteksi menggunakan sensor *Compass GY271* dan sensor *accelerometer* yang akan di *feedback* jika belum memenuhi sudut yang dicapai.

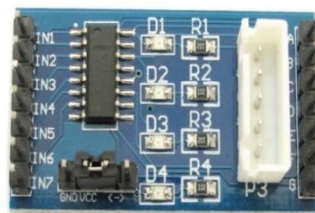
Keypad adalah rangkaian tombol yang berfungsi untuk memberi sinyal pada suatu rangkaian dengan menghubungkan jalur-jalur tertentu. *Keypad* berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*). Matrix *keypad* 4×4 pada artikel ini merupakan salah satu contoh *keypad* yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. Matrix *keypad* 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi *keypad* dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah *key* (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler.



Gambar 4. Arduino Uno

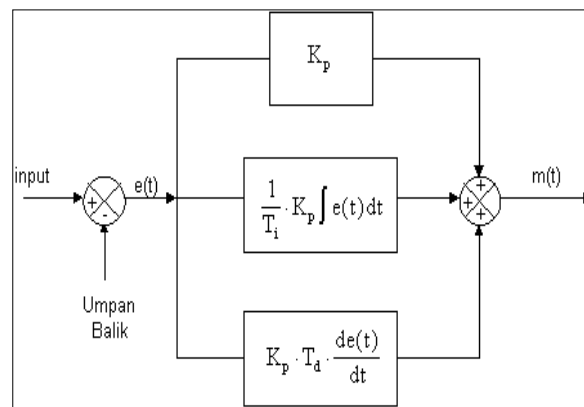
LCD berfungsi sebagai penampil karakter yang diinput melalui *keypad*. Untuk mendukung pengoperasian sistem dalam menampilkan menu dan data berupa huruf dan angka maka digunakan LCD. Tipe LCD yang digunakan adalah 16 x 2, memiliki dua baris tampilan dan masing-masing terdiri dari enam belas karakter tiap barisnya. Dengan setiap karakternya dibentuk oleh delapan baris pixel dan 5 kolom pixel. Input yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang termultipleks dengan bus alamat dan 3 bit sinyal kontrol.

Driver Motor ini setiap pin kolektor dari IC ini memiliki kapasitas arus 500 mA dimana pin-pin ini bisa diparalelkan untuk mendapatkan arus yang lebih besar. Chip ini beroperasi dengan catu daya TTL (5V) untuk rangkaian logikanya, dimana pada pin masukan kendali (*input control pins*) sudah dipasangkan resistor basis 2,7 kΩ pada masing-masing pin, yang berarti untuk kendali hanya dibutuhkan arus sebesar 1,85 mA.



Gambar 5. Driver Motor L298

Kontrol PID merupakan sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Disamping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan. Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons *input* dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*over shoot*). Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* di mana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika *outputnya* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transient berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*. Diagram blok kontrol PID ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok kontrol PID

METODE

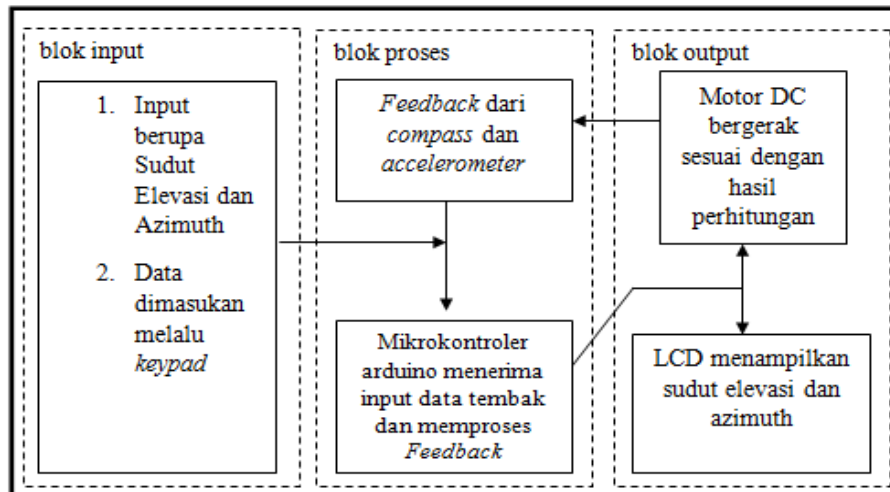
Metode penulisan yang di pakai adalah sebagai berikut :

Metode Studi Pustaka, yaitu dengan mengambil materi-materi terkait dari buku-buku, internet dan sumber lainnya sebagai referensi.

Penelitian dan Eksperimen, yaitu dengan melakukan proses penelitian, perancangan dan pengujian aplikasi yang dibuat.

PERANCANGAN

Perancangan dan pembuatan alat yang digabungkan menjadi satu sistem kerja terdiri dari 4 bagian besar yaitu bagian *input* atau masukan, bagian *process* atau pemroses dan bagian *output* atau keluaran serta umpan balik atau *feed back*. Blok *input* (sensor) merupakan bagian dari sistem alat yang bertugas memberi sinyal dan memberikan *input* atau masukan berupa data *digital* kepada mikrokontroler. Skema perancangan alat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Blok digram sistem

Blok *process* adalah bagian dari sistem alat (mikrokontroler) yang bertugas memproses dan mengeksekusi perintah program yang sesuai *input* yang diterima. Blok *output* merupakan bagian dari sistem yang bertugas menjalankan sistem sesuai fungsi peralatan tersebut dirancang, berdasarkan kondisi yang diberikan oleh blok proses. Skema Pemodelan seperti pada gambar 3.1 dapat dijelaskan sistem kerja alat sebagai berikut:

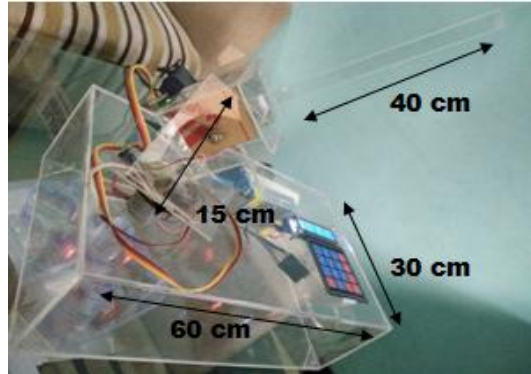
1. Memasukan input koreksi dari peninjau dengan menekan tombol *keypad*.
2. Mikrokontroler memproses input dengan menghitung jarak sasaran ke pucuk menggunakan metode algoritma trigonometri dan hasilnya dikonversikan kedalam tabel tembak.
3. Hasil perhitungan elevasi dan azimuth ditampilkan pada LCD

Program perhitungan input azimuth dan elevasi dijelaskan alur program sebagai berikut :

1. Mengaktifkan program dengan cara menghidupkan power, kemudian terjadi proses inisialisasi port –port yang akan digunakan dalam sistem.
2. Data sasaran dan peninjau dimasukan menggunakan *Keypad*.
3. Mikrokontroller mendapat data diambil dari data *Keypad* kemudian mendapatkan hasil elevasi dan azimuth.
4. Mikrokontroler membaca kemudian menggerakkan motor elevasi dan azimuth yang telah dikonversikan dalam bentuk gerakan motor menggunakan sensor Accelerometer untuk menentukan sudut elevasi dan Compass untuk menentukan sudut azimuth.
5. Laras bergerak sesuai dengan sudut yang telah ditentukan dan dideteksi oleh sensor kemudian mikrokontroler memberikan sinyal tanda bahwa motor harus berhenti tepat pada sudut yang telah ditentukan.
6. Jika masih belum dapat sesuai dengan sudut yang ditentukan maka akan terjadi looping sampai menemukan sudut yang telah ditentukan menggunakan metode PID.
7. Setelah mencapai sudut yang telah ditentukan maka proses sistem kerja alat telah berhenti.

Pada perancangan mekanik ini disesuaikan dengan bentuk sebenarnya menggunakan skala perbandingan tetapi bentuk ini disesuaikan dengan pengotomatisasian dari sistem yang akan dibuat. sistem terdiri dari satu buah miniatur laras Mortir, dua buah motor

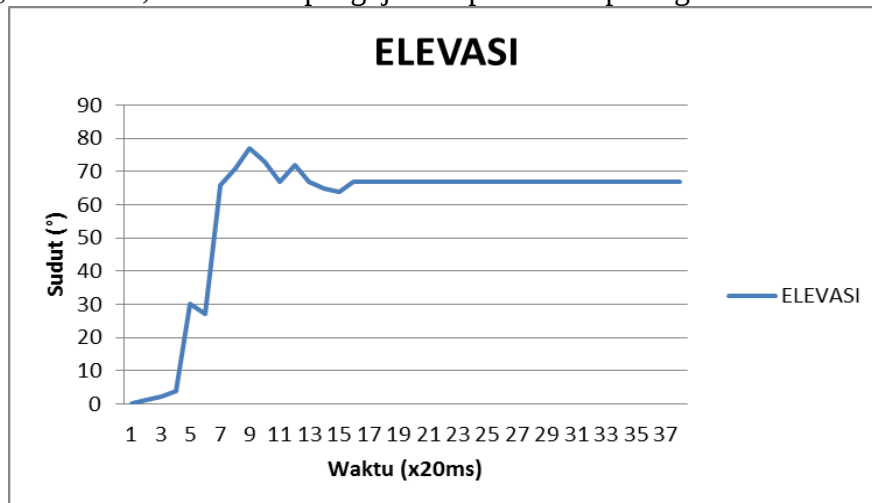
DC, satu buah sensor Accelerometer, satu buah sensor Compass GY271, satu buah Keypad, dan satu buah LCD. Bentuk mekanik sistem ditunjukkan dalam Gambar 9.



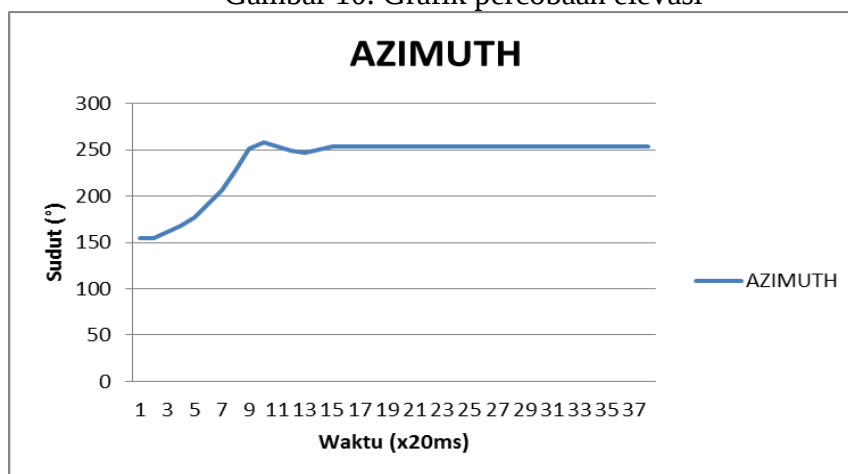
Gambar 9. Perancangan Mekanik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian K_p , K_i , dan K_d dilakukan untuk menentukan pergerakan laras agar sesuai cepat dan tepat sesuai dengan *Setpoint* yang diinginkan. Pengujian ini menggunakan cara *Trial and Error* yaitu dengan mengubah K_p , K_i , dan K_d agar pergerakan cepat dan tepat. Hasil pengujian yang pertama dengan menggunakan $K_p=5$, $K_i=1$, dan $K_d=0$, maka hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 10. Grafik percobaan elevasi



Gambar 11. Grafik percobaan azimuth

Proses pengujian ini menggunakan metode *Trial and Error* dengan mengubah K_p , K_i , dan K_d . Pada saat percobaan pertama menggunakan $K_p=5$, $K_i=1$, dan $K_d=0$ dan menghasilkan sudut Elevasi yang tidak stabil dibanding gerakan dari Azimuth dilihat dari grafik perubahan sudut terhadap waktu. Dari hasil pengujian diatas pada grafik Elevasi dengan *setpoint* 70° , *time sampling* 20ms, *rise time* 0,14s, menetap pada sampling ke 17 dan menetap pada waktu 0,34s. Sedangkan pada grafik Azimuth dengan *setpoint* 250° , *time sampling* 20ms, *rise time* 0,18s, menetap pada sampling ke 16 dan menetap pada waktu 0,32s. Pada gerakan Elevasi laras sudah cepat menuju steady state tetapi terdapat *overshoot* yang sangat besar begitu juga dengan gerakan Azimuth laras. Tetapi pada gerakan Elevasi laras masih belum stabil terhadap perubahan sudut dibandingkan dengan gerakan Azimuth, dikarenakan faktor beban dari laras. Percobaan kedua dengan mengubah sedikit K_p , K_i , dan K_d dari kontrol Elevasi. Percobaan ini menggunakan $K_p=5.5$, $K_i=2$, $K_d=0$, dan menghasilkan perubahan sudut Elevasi yang sangat stabil dan tidak mempunyai *overshoot*. Dari hasil pengujian kedua pada grafik Elevasi dengan *setpoint* 70° , *time sampling* 20ms, *rise time* 0,14s, menetap pada sampling ke 7 dan menetap pada waktu 0,14s. Sedangkan pada grafik Azimuth dengan *setpoint* 250° , *time sampling* 20ms, *rise time* 0,18s, menetap pada sampling ke 16 dan menetap pada waktu 0,32s.

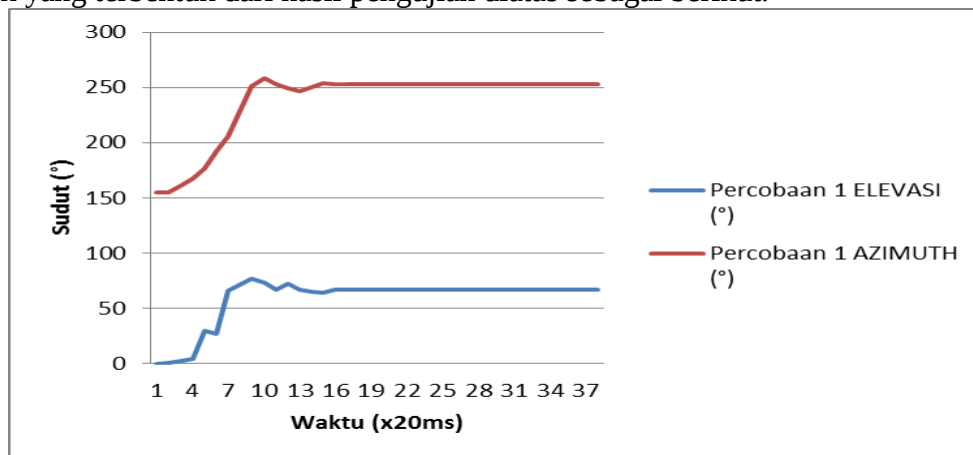
Proses pengujian waktu kecepatan pergerakan laras dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang ditempuh laras untuk mencapai sudut yang diinginkan. Proses ini dimulai dengan pengumpulan nilai-nilai waktu pergerakan laras dengan metode yang digunakan yaitu dengan metode PID. Proses ini sama dengan mencari K_p , K_i , dan K_d hanya saja dengan melihat respon kecepatan dari Kontrol Proporsional yang dihasilkan.

Tabel 1 Perbandingan Pengujian dengan merubah K_p , K_i , dan K_d

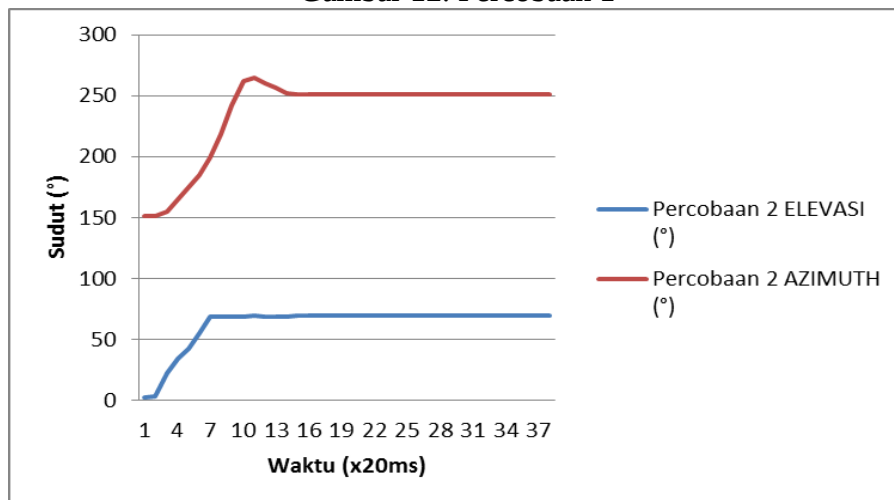
Waktu	Percobaan 1		Percobaan 2	
	ELEVASI	AZIMUTH	ELEVASI	AZIMUTH
	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)
1	0	155	2	151
2	1	155	3	151
3	2	161	22	155
4	4	168	34	165
5	30	177	42	175
6	27	192	55	185
7	66	206	69	199
8	71	228	69	218
9	77	251	69	242
10	73	258	69	262
11	67	253	70	265
12	72	249	69	260
13	67	247	69	257
14	65	250	69	252
15	64	254	70	251
16	67	253	70	251
17	67	253	70	251
18	67	253	70	251
19	67	253	70	251
20	67	253	70	251

Waktu	Percobaan 1		Percobaan 2	
	ELEVASI	AZIMUTH	ELEVASI	AZIMUTH
	(°)	(°)	(°)	(°)
21	67	253	70	251
22	67	253	70	251
23	67	253	70	251
24	67	253	70	251
25	67	253	70	251
26	67	253	70	251
27	67	253	70	251

Grafik yang terbentuk dari hasil pengujian diatas sebagai berikut.



Gambar 12. Percobaan 1

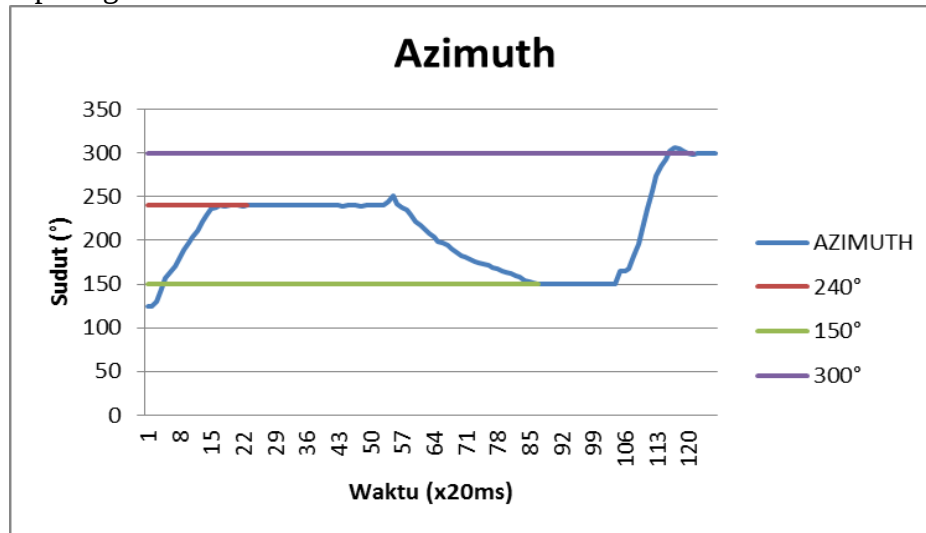


Gambar 13. Percobaan 2

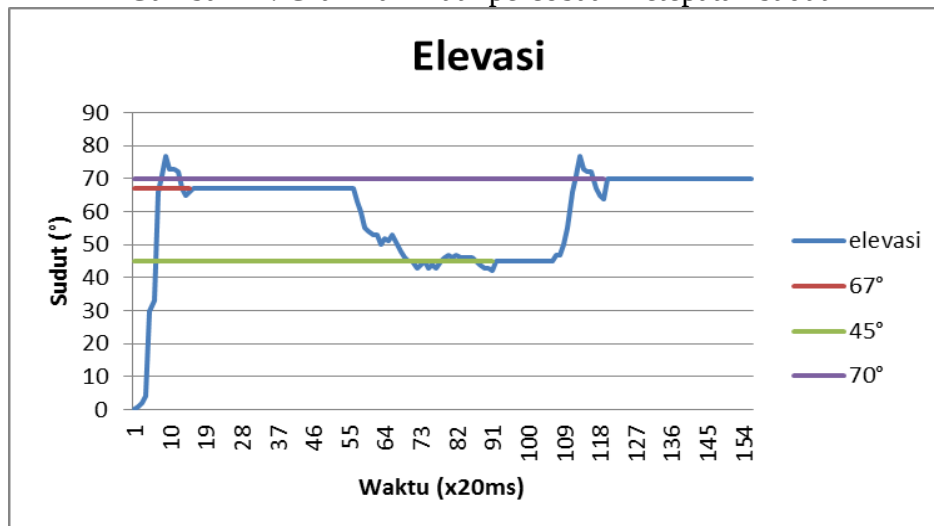
Grafik respon pada percobaan ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan waktu stabil baik pada sudut Elevasi maupun Azimuth. Pada percobaan pertama grafik respon keluaran dari sudut Elevasi dan Azimuth menunjukkan grafik akan menetap pada sampling waktu ke 16 untuk Elevasi dan sampling waktu ke 16 untuk sudut Azimuth. Pada percobaan kedua dengan merubah nilai K_p maka grafik akan menetap pada sampling waktu ke 7 untuk sudut Elevasi dan sampling waktu ke 15 untuk Azimuth. Dari hasil percobaan pertama, pada grafik Elevasi dengan *setpoint* 70° , *time sampling* 20ms, *rise time* 0,16s. Dan Azimuth dengan *setpoint* 250° , *time sampling* 0,18s.

Sedangkan pada percobaan kedua dengan *setpoint* yang sama pada grafik Elevasi memiliki *rise time* 0,14s dan pada grafik Azimuth memiliki *rise time* 0,16s. Dari hasil percobaan diatas *rise time* pada percobaan kedua lebih cepat dari pada percobaan pertama. Hal ini membuktikan bahwa pergerakan laras semakin cepat ketika dirubah nilai K_p (Kontrol Proporsional). Perubahan ini menunjukkan bahwa semakin cepat gerakan dari percobaan pertama dibandingkan dengan percobaan kedua dengan merubah nilai K_p .

Pengujian ketepatan sudut pada data hasil pengujian maka dibuat grafik hasil pengujian dengan memberi input sudut yang berbeda-beda. Grafik pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 14. Grafik azimuth percobaan ketepatan sudut



Gambar 15. Grafik azimuth percobaan ketepatan sudut

Berdasarkan Gambar 4.8. dan Gambar 4.9. dapat disimpulkan terdapat selisih dari *setpoint* yang ditentukan, dikarenakan kerenggangan pada motor DC yang digunakan. Untuk mengatasi kerenggangan tersebut harus menggunakan roda gigi agar ketepatan sudut sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan.

KESIMPULAN

Sistem kendali Laras Mortir 81mm dengan menggunakan metode PID telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan, dimana gerak laras pada posisi elevasi maupun

azimuth telah sesuai dengan data yang dimasukkan dari *Keypad*, dimana error steady state yang diperoleh sebesar 2% dan rise time rata-rata 0.14s. Metode PID yang digunakan dapat mengolah data masukan yang diberikan, dimana outputnya dapat menggerakkan laras ke posisi elevasi dan azimuth yang diinginkan. Dan dari segi kecepatan dan ketepatan sudut telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya diteliti dengan menggunakan skala yang asli dengan bentuk senjata mortir. Dikarenakan penembakan mempunyai hentakan yang cukup keras dan harus di perhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, Setiyo. "Sistem Logger Suhu dengan Menggunakan Komunikasi Gelombang Radio," Jurnal Teknologi Elektro, Universits Mercu Buana. ISSN: 2086-9479.
- Buku Petunjuk Teknik TNI AD Nomor 31-02-52 Skep Kasad Nomor Skep/1290/XII/1986 tanggal 31 Desember 1986 tentang Mortir 81 mm Tampella (Finlandia).
- Hidayati, Qory. "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535". Politeknik Negeri Balikpapan.
- Ichwan, Muhammad. "Pembangunan prototype sistem pengendalian peralatan listrik pada platform Android". Jurnal Informatika. Institut Teknoogi Bandung.
- Ilmawan Putra, Adityawan. 2013. "Sistem Pengaturan Posisi Sudut Putar Motor DC Pada Model *Rotary Parking* Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Mega 2560", Jurnal Penelitian.
- Kemenhan RI. 2008. Buku Putih Pertahanan Indonesia. Jakarta:Kementrian Pertahanan Republik Indonesia.
- Naskah Sekolah Sementara Skep Danpusdikif Nomor Skep 1/I/1977 tanggal 6 Januari 1977 Nomor NSS III-05 1/1977 tentang Pimpinan Penembakan Mortir 81 mm.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. "Teknik Kontrol Automatik Jilid I dan II" Edisi 2. Jakarta: Erlangga.
- Pusdik Armed. 2005. Naskah Departemen tentang Peninjauan Tembakan. Cimahi: Pussen Armed.
- Riyadi, Muhammad. 2010. "Pendeteksi Posisi Menggunakan Sensor Accelerometer MMA 7260Q berbasis Mikrokontroler Atmega 32". Jurnal Teknologi Elektro. Universitas Diponegoro Semarang. ISSN 1411-0814.
- Roza, Rizky. "*Dual use Technology Japan* dan kepentingan Keamanan Nasional Amerika Serikat", Jurnal Ilmu Hubungan Internasional, Universitas Indonesia.
- Santoso, Puguh. "Strategi Modernisasi Alutsista TNI dalam Mewujudkan Pertahanan Negara yang Tangguh", Jurnal Yudhagama.
- Saputra, Jeki. "Kontrol *Tracking* Laras Meriam 57mm dengan menggunakan *Hybrid* Kontrol logika *Fuzzy Logic* – PID", Jurnal EECIS, Vol 8, No.2, Desember 2014.
- Saputri, Zaratul Nisa. "Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino Uno". Jurnal Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Seifert, K. dan Camacho, O. *Implementing Positions Algorithm using Accelerometers, Freescale Semiconductor*, 2007.
- Sulistyowati, Riny. 2012. "Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya listrik Berbasis Mikrokontroler," Jurnal IPTEK. Vol 16, No 1
- ULN 2003 Datasheet – Darlington Array [STMicroelectronics]