

OPTIMASI PENENTUAN ELEVASI DAN AZIMUTH PELUNCUR ROKET MENGGUNAKAN PID

Humaidi^{1*}, Dwi Arman Prasetya¹, Jeki Saputra²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang
Jl. Terusan Raya Dieng No. 62-64, Malang 65146

²Jurusan Teknik Elektronika Sistem Senjata, Politeknik Angkatan Darat
Jl. Ksatrian Pusdik Arhanud, Kota Batu 65324

*Email: maidikiay@gmail.com

Abstrak

Optimasi penentuan Elevasi dan Azimuth Peluncur Roket Menggunakan PID akan membahas mengenai teori dasar yang melandasi permasalahan dan penyelesaian dalam rancang bangun Optimasi penentuan Elevasi dan Azimuth Peluncur Roket Menggunakan PID. Alat yang akan dibuat menggunakan sistem mikrokontroler Arduino mega 2560 untuk mengendalikan launcher roket. Dari sistem yang direncanakan, mikrokontroler Arduino mega 2560 berfungsi sebagai pengolah data, apabila mikrokontroler menerima masukan data dari keypad maka mikrokontroler akan bekerja mengolah data inputan dan akan mengirim data berbentuk PWM ke driver motor, sehingga motor memutar dan menggerakkan launcher roket. data keluaran dari sensor berguna untuk mendeteksi koordinat posisi sudut azimuth maupun koordinat posisi sudut elevasi sasaran pada setpoint awal. Driver motor bekerja untuk menggerakkan motor arah posisi sudut azimuth maupun posisi sudut elevasi sasaran yang diinginkan.

Kata Kunci : *Arduino Mega2560, Keypad, PID.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mengalami banyak kemajuan, khususnya teknologi dibidang militer dengan munculnya modernisasi pada sistem pengendali senjata yang bekerja secara otomatis guna untuk mendapatkan hasil yang cepat, tepat dan lebih efisien. Sistem pengendali senjata yang dapat dikendalikan secara otomatis telah diterapkan di beberapa negara maju. Indonesia dalam mengikuti kemajuan teknologi khususnya teknologi militer disesuaikan dengan strategi pertahanan dan keamanan negara. Sehingga diharapkan akan mampu memenuhi kemandirian alutsista militer di dalam negeri sendiri.

Pada satuan jajaran TNI Angkatan Darat memiliki banyak macam alutsista militer dan model sistem pengendali senjata, salah satu peralatan pertahanan TNI AD adalah roket. Roket adalah wahana luar angkasa, peluru kendali atau kendaraan terbang yang mendapatkan dorongan melalui reaksi pembakaran isian dorong roket terhadap keluarnya secara cepat bahan fluida dari keluaran mesin roket. *Launcher* (peluncur) adalah salah satu bagian besar dari konstruksi roket. Unjuk kerja *launcher* roket diantaranya ditentukan oleh sistem kontrol dan stabilitas gerak *launcher* tersebut masih manual. Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kendali mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal ini disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik plant harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan sistem, yaitu kontroler.

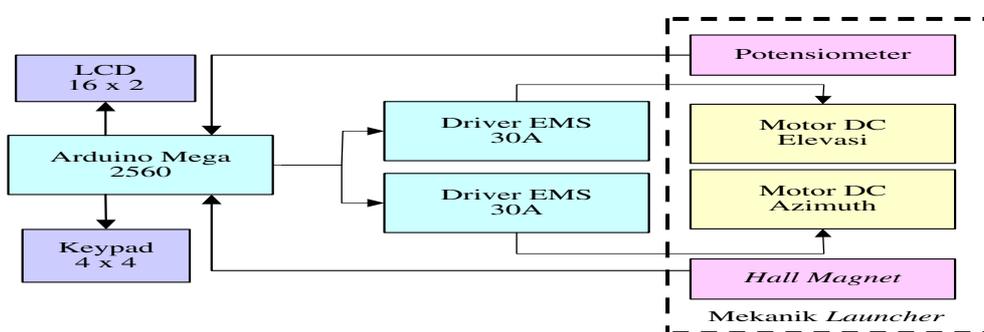
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, melalui tugas akhir ini dilakukan penelitian tentang perangkat / sistem yang dapat membantu tugas komponen kontroler saat mengarahkan kedudukan *launcher* pada sudut elevasi dan azimuth yang diinginkan. Tujuan sistem kontrol adalah mendapatkan sinyal aktual yang diinginkan sama dengan sinyal setting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktuator dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol. Proses pembuatan sistem pengendali *launcher* roket ini dapat dilakukan secara bertahap, bertingkat dan berlanjut. Salah satu tahapan atau bagian penting yang dapat dibuat diantaranya yaitu keunggulan alat. Keunggulan alat antara lain untuk mengurangi kerugian personel maupun material yang ada dan mampu memantau sasaran musuh dari jarak jauh, serta bagaimana menciptakan suatu aplikasi pengendali *launcher* pada posisi sudut azimuth

dan sudut elevasi secara otomatis. Topik yang diambil oleh penulis adalah Optimasi penentuan Elevasi dan Azimuth Peluncur Roket Menggunakan PID. Teknik kendali yang digunakan adalah PID, beberapa macam aksi kontrol diantaranya yaitu kontrol proporsional mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan *risetime* yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error*, dan aksi kontrol derivatif mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam overshoot/undershoot. Kontrol PID bertujuan untuk mengurangi *overshoot* serta mempertahankan sistem jika terdapat perubahan. Dengan adanya pengendali suatu rancangan kontrol sistem diharapkan memiliki kemampuan mengidentifikasi sekaligus mengoreksi kesalahan output sistem dengan menggunakan kontrol PID (Proportional, Integral, Derivative). Proses implementasi *launcher* roket dirancang untuk dapat menggerakkan sudut elevasi dan azimuth.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

perancangan perangkat keras (*hardware*)



Gambar 2.1. Penyusunan Perancangan Perangkat Keras Peluncur Roket

Sesuai penyusunan perancangan perangkat keras peluncur roket Gambar 3.4, menjelaskan tentang cara kerja sistem optimasi peluncuran roket, pada proses sistem dimulai dengan *Keypad* berfungsi sebagai media inputan sudut *elevasi* dan *azimuth* motor, yang akan diproses didalam arduino sehingga hasil dari proses arduino tersebut akan ditampilkan LCD. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pengolah dan memberikan Sesuai penyusunan perancangan perangkat keras peluncur roket Gambar 3.4. Pada proses sistem dimulai dengan *Keypad* berfungsi sebagai media inputan *elevasi* dan *azimuth* motor, yang akan diproses didalam arduino sehingga hasil dari proses arduino tersebut akan ditampilkan pada LCD. *Liquid Crystal Display (LCD)* untuk mengetahui besaran sudut berupa tampilan karakter huruf dan angka yang telah diinputkan sebelumnya. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pengolah dan memberikan data pada driver motor DC. *Driver* Motor pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari Arduino Mega 2560. Motor DC digunakan untuk menggerakkan *launcher* roket. *Potensiometer linier* terpasang sejajar dengan motor DC akan memberikan keluaran berupa level tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan posisi motor DC saat itu. Sensor *hall effect* magnet berfungsi untuk untuk mengoreksi kesalahan posisi sudut peluncur saat bergerak. Proses berlangsung secara terus menerus sampai alat dimatikan.

sudut data pada driver motor DC. Motor DC digunakan untuk menggerakkan *launcher* roket. Sensor *Potensiometer linier* terpasang sejajar dengan motor DC akan memberikan keluaran berupa level tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan posisi motor DC saat itu. Sensor *hall effect* magnet berfungsi untuk untuk mengoreksi kesalahan posisi sudut peluncur saat bergerak. Proses berlangsung secara terus menerus sampai alat dimatikan.

2.2 Perancangan keypad

Keypad adalah susunan tombol untuk perangkat elektronik, perencanaan pembuatan *keypad* berfungsi sebagai alat input. *Keypad* yang digunakan adalah keypad 4x4 dimanfaatkan untuk memasukkan input sudut *elevasi* dan *azimuth*. Hasil *keypad* yang ditekan nantinya akan dikirim ke arduino untuk segera diproses. untuk mengatur masukan *setpoint* yang diinginkan.

Rangkaian *Keypad* 4x4 terhubung kedalam pin mikrokontroler arduino mega 2560 pada pin digital, yaitu pada pin 26 s.d 33.

2.3 Perancangan Arduino Mega 2560

Mikrokontroler yang digunakan pada perencanaan ini menggunakan Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip Atmega 2560. Board ini memiliki pin I/O 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (*serial port hardware*). Dibawah akan dijelaskan port-port Mikrokontroler arduino mega 2560 yang akan digunakan :

1. *Port* 47 – 53. *Port* ini berfungsi jalur masukan ke LCD 16x2.
2. *Port* 26 – 33. *Port* ini berfungsi untuk input data dari *keypad* berupa sudut *Elevasi* dan *azimuth*.
3. *VCC*. *Port* ini digunakan sebagai masukan sumber tegangan sebesar +5 Volt.
4. *Ground*. *Port* ini digunakan sebagai *ground* catu daya.
5. *AVCC*. *Port* ini dihubungkan dengan *VCC*.
6. *Reset*. *Port* ini dihubungkan ke rangkaian *reset*

2.4 Perancangan Sensor *Potensio* Meter

Sensor yang digunakan untuk mengetahui nilai sudut putaran motor DC pada optimasi peluncuran roket yaitu *potensio* meter. *Potensio* meter digunakan untuk mengubah putaran kedalam bentuk tegangan listrik. Besar *potensio* meter yang digunakan adalah 10 K Ω dan tegangan suplai yang dipakai adalah 5v dihubungkan pada arduino mega 2560 adalah pin *VCC* 5v, *Gnd*, *A0* analog. Penjelasan perancangan rangkaian sensor *potensio* meter digunakan untuk mendeteksi posisi sudut elevasi yang kemudian akan dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler arduino mega 2560 digunakan untuk menerima data dari sensor, memproses data secara digital, dan melakukan komunikasi serial antara mikrokontroler dengan sensor. LCD digunakan untuk menampilkan data posisi titik koordinat dengan menggunakan program bahasa C.

2.5 Perancangan Rangkaian Sensor *Hall Magnetik*

Di dalam sensor ini sudah dibangun sebuah penguat yang memperkuat sinyal dari rangkaian sensor dan menghasilkan tegangan output ditengah-tengah tegangan suplai. Pada sensor ini jika mendapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub utara maka akan menghasilkan pengurangan pada tegangan output sebaliknya jika terdapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub selatan maka akan menghasilkan peningkatan tegangan pada outputnya. Sensor ini dapat merespon perubahan kekuatan medan magnet mulai kekuatan medan magnet yang statis maupun kekuatan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi sampai 20KHz.

2.6 Perancangan Driver Motor DC

Modul pengendali motor DC yang digunakan adalah modul EMS 30A *H-Bridge*. Secara garis besar, fungsi modul pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan motor DC sesuai instruksi kendali dari arduino mega2560. Modul EMS 30A *H-Bridge* bertujuan untuk mengetahui kondisi apakah rangkaian ini sesuai dengan batasan yang ada dalam perencanaan sehingga sesuai yang diharapkan. Pengujian *Driver* motor DC untuk menggerakkan motor DC.

2.7 Perancangan Rangkaian Motor DC

Rangkaian motor DC akan digunakan dalam perancangan alat dengan menggunakan Motor DC untuk menggerakkan sudut *elevasi* dan *azimuth*. Secara umum *Driver* motor mempunyai 3 fungsi:

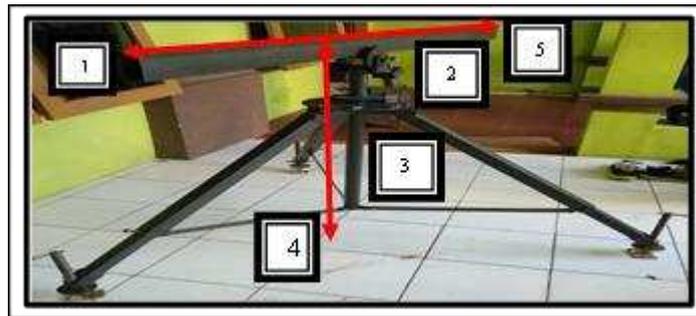
1. Sebagai pemutus tegangan pada saat mendapat masukan data yang terhubung pada *Driver*.
2. Sebagai pengatur arah gerakan motor DC bekerja searah jarum jam (*Clock Wise*) dan berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise*).

3. Sebagai pengatur kecepatan motor DC pada saat melakukan pergerakan, dimana kecepatan tersebut tergantung besar kecilnya *supply* arus yang dikendalikan oleh modul EMS 30A *H-Bridge*.

2.8 Perancangan Mekanik Peluncur Roket

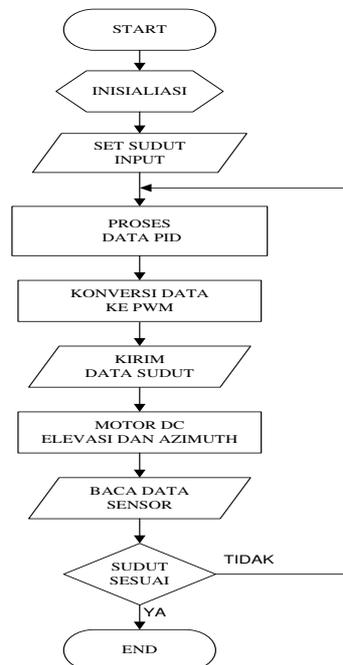
Keterangan Gambar alat yang dibuat sebagai berikut :

1. Launcher roket adalah alat bantu atau media peluncur roket yang dapat digunakan untuk mengarahkan roket dengan konstruksi bentuk yang tepat dan diatur sudut penembakannya berdasarkan sudut elevasi dan azimuth.
2. Sensor posisi menggunakan sensor *Potensio* meter dan sensor rotary encoder
3. Sistem kendali sudut *elevasi* dan *azimuth* menggunakan motor DC (*thosiba*).
4. Tinggi tripot 200 cm.
5. Lebar alat kendali roket 150 cm.



Gambar 2.2. Spesifikasi Perancangan Mekanik Peluncuran Roket

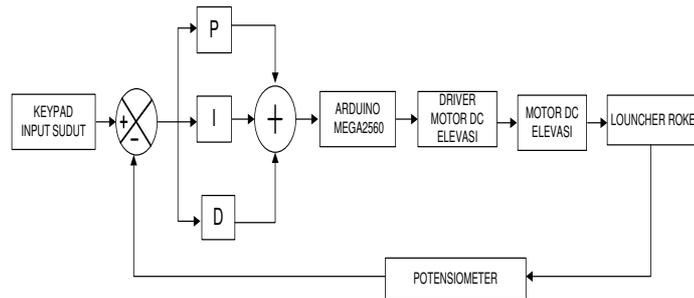
2.9. Flowhart



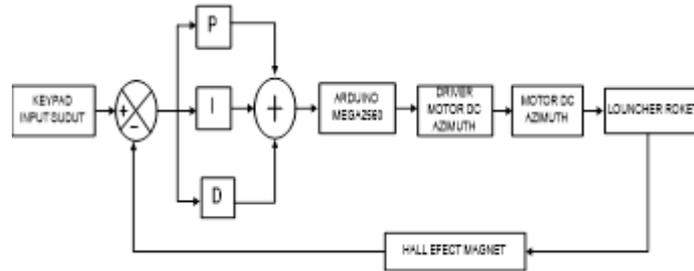
Gambar 2.3. Diagram Alir Perangkat Lunak

2.10. Sistem Kerja Alat

Pada sistem kerja alat, keseluruhan rangkaian yang sudah dirangkai menjadi satu rangkaian sistem yang saling mendukung sehingga peralatan yang dirancang dapat bekerja/aktif sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan. Sistem kerja alat yang dibuat dijelaskan melalui diagram blok sistem kontrol *launcher* roket dengan sudut *elevasi* dan *azimuth* dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Diagram Blok Optimasi Peluncuran Roket Pada Sudut Elevasi



Gambar 2.5. Diagram Blok Optimasi Peluncuran Roket Pada Sudut Azimuth

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perancangan, pembuatan serta pengujian alat yang telah dilaksanakan, maka langkah selanjutnya adalah melihat hasil dan menganalisis alat yang telah dibuat.

3.1. Hasil Perancangan Tugas Akhir

Hasil rancangan terdiri dua komponen utama, yaitu:

1. Pengujian *launcher* roket yang dilakukan meliputi ketelitian posisi kedudukan *launcher* pada sudut *elevasi azimuth*.
2. Kecepatan respon terhadap perintah.

3.1.1 Pengujian Ketelitian Posisi Sudut

Setelah perancangan alat selesai, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah alat yang telah dirancang dan dibuat berjalan seperti yang telah direncanakan. Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil perancangan teoritis dengan hasil percobaan atau pengujian. Dari hasil pengujian dapat diketahui apakah alat telah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Tabel 3.1 Data pengujian Sensor Potensio Meter

No	Sudut (°)	Resistansi KΩ	Tegangan (V)
1	0	1	2,026
2	5	1,66	1,957
3	15	2,98	1,820
4	30	4,96	1,614
5	35	5,62	1,545
6	45	6,94	1,407

Dari hasil pengujian tabel 3.1. Data pengujian Potensiometer yang dilakukan dilihat bahwa potensio meter yang digunakan mempunyai kelinieran yang baik karena hasil pengukuran perubahan tegangan terhadap perubahan resistansi. Sehingga ideal untuk digunakan sebagai pendeteksi posisi sudut putaran motor DC dalam menggerakkan *launcher* roket sampai pada sudut putar yang sesuai dengan set point.

Tabel 3.2. Data pengujian Hall Magnet.

No	Sudut ($^{\circ}$)	Banyak Putaran	Waktu (s)	Tegangan (V)
1	0°	0	0	5 volt
2	5°	5	5 detik	3.4 volt
3	10°	10	10 detik	3.3 volt
4	30°	30	30 detik	2.5 volt
5	35°	35	35 detik	2.4 volt
6	40°	40	40 detik	2.1 volt
7	60°	60	60 detik	2 volt

Dari hasil pengujian tabel 3.2. Data pengujian sensor *hall effect* magnet yang digunakan mempunyai kelinieran yang baik karena hasil pengukuran perubahan tegangan terhadap perubahan Sudut. Sehingga ideal untuk digunakan sebagai pendeteksi posisi sudut putaran motor DC sampai dengan set point.

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Kontrol PID pada sudut elevasi

No	Sudut	Kp	Ki	Kd	Respon (s)
1	0°	11000	6000	4000	0
2	$0^{\circ} - 20^{\circ}$	11000	6000	4000	18,6
3	$0^{\circ} - 35^{\circ}$	11000	6000	4000	34,2
4	$0^{\circ} - 40^{\circ}$	11000	6000	4000	38,5
5	$0^{\circ} - 45^{\circ}$	11000	6000	4000	42,7
6	$0^{\circ} - 60^{\circ}$	11000	6000	4000	54,5

Tabel 3.4. Hasil Pengujian Kontrol PID pada sudut Azimuth

No	Sudut	Kp	Ki	Kd	Respon (S)
1	$0^{\circ} - 0^{\circ}$	11000	6000	4000	0
2	$0^{\circ} - 10^{\circ}$	11000	6000	4000	12,1
3	$0^{\circ} - 50^{\circ}$	11000	6000	4000	60,4
4	$0^{\circ} - 95^{\circ}$	11000	6000	4000	114,4
5	$0^{\circ} - 115^{\circ}$	11000	6000	4000	136,1
6	$0^{\circ} - 125^{\circ}$	11000	6000	4000	146,5

3.1.2 Pengujian kecepatan respon terhadap perintah

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah diintegrasikan dalam sebuah sistem terpadu.

Tabel 3.5. Hasil Pengujian Kontrol PID pada sudut Elevasi terhadap Waktu

No	Sudut	Respon (s)	Output Sudut
1	0°	0	0
2	$0^{\circ} - 10^{\circ}$	11,3	10
3	$0^{\circ} - 35^{\circ}$	32,3	35
4	$0^{\circ} - 50^{\circ}$	46,8	50

5	$0^0 - 60^0$	54,5	60
---	--------------	------	----

Tabel 3.6. Hasil Pengujian Kontrol PID pada sudut Azimuth terhadap Waktu

No	Sudut	Respon (s)	Output Sudut
1	0^0	0	0
2	$0^0 - 10^0$	14,1	10
3	$0^0 - 50^0$	60,4	50
4	$0^0 - 95^0$	114,4	95
5	$0^0 - 125^0$	146,5	125

4. KESIMPULAN

Setelah melalui tahap perencanaan, pembuatan dan pengujian alat terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu:

1. Dari hasil pengujian alat pengendali launcher roket kecepatan pergerakan sudut *Azimuth* 0^0 sampai 360^0 dan sudut *Elevasi* 0^0 sampai 60^0 , akurasi ketelitian posisi launcher sudah sesuai dengan yang diharapkan, $<5\%$ atau $=0\%$.
2. Sistem transmisi kendali launcher roket dari manual ke otomatis menggunakan kontrol PID telah dapat mengolah data masukan yang diberikan melalui *keypad*, dimana keluarannya dapat mennggerakkan *launcher* ke posisi *elevasi* maupun *azimuth*.
3. Dari hasil pengujian alat perbandingan kecepatan respon terhadap perintah, Nilai output sudut elevasi dan azimuth yang dihasilkan sama dengan 2% .

DAFTAR PUSTAKA

- Jeki Saputra, M. Aziz Muslim, dan Rini Nur Hasanah "Kontrol *Tracking* Laras Meriam 57mm dengan Menggunakan *Hybrid* Kontrol Logika *Fuzzy*-PID", Jurnal EECCIS Volume 8, No.2 Desember 2014.
- H. I. Okumus, E. Sahin and O. Akyazi, "Antenna azimuth position control with classical PID and fuzzy logic controllers," *2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, Trabzon, 2012, pp. 1-5.
- Rudi Hartono, "Buku Petunjuk Penggunaan Alat Peluncur (*Launcher*) Pada Roket Rx B-17/Sadis", Teknik Balistik, Desember 2015.
- Helmi Guntoro, Yoyo Sumantri, Erik Haritman, "Rancang Bangun Magnetik Door Lock Menggunakan Keypad dan Selenoid Berbasis Arduino Uno", Teknik Elektro FPTK Universitas Pendidikan Indonesia, Jurnal.Upi.Edu/Electrans, Vol.12, No.1 Maret 2013.
- A. Bhambhani and P. Shah, "PID parameter optimization using Cohort intelligence technique for D.C motor control system," *2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*, Pune, India, 2016, pp. 465-468.
- Muhammad Syahwil, "Buku Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino", Yogyakarta, 2013.
- Abdul Adhim, Ali Musyafa, "Optimization of PID Controller Based on PSO for Photovoltaic Dual Axis Solar Tracking in Gresik Location-East Java", *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS* Vol.16 No.01 February 2016.
- Endra Pitowarno, "Buku Robotika Disain, Kontrol, dan kecerdasan Buatan", Penerbit Andi Yogyakarta, 2006.
- H. Kanişli, B. Özkan and M. U. Salamci, "Design of a cascaded control system for an electromechanically-actuated launcher to reduce the thrust effect," *2016 17th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, Tatranska Lomnica, 2016, pp. 308-313.
- Ermanu Azizul Hakim, "Buku Sistem Kontrol", UMM Press, September Malang, 2016.

- I Wayan Widhiada, Waya Reza Yuda Ade Putra, Cok G, Indra Partha, "Auto Tuning PID Controller untuk mengendalikan Kecepatan DC Servo Motor Robot Gripper 5 Jari", Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Jurnal Energi & Manufacture Vol.7 No.2 Oktober 2014.
- Vikram Balaji, "*Optimization of PID Control for high Speed Line Tracking Robots*", Procedia of Science vol. 76, Departement of ECE, Government College of Engineering Salem, 2015 of India.
- John J. D'Azzo, Constantine H.Houpis, "Feedback Control System Analysis and Synthesis", Second Edition International Student Edition by McGraw-Hill 16th Printing 1984.