

Rancang Bangun Pergerakan Robot Pemadam Api Berkaki Menggunakan Metode *Proportioanal Integral Derivative* (Pid)

¹Cholid Kusyairi, ² Joko Subur, ³ Muh. Taufiqurrohman.

^{1 2 3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim No. 150, Sukolilo, Surabaya 60111, Jawa Timur

¹ Email: cholid.kusyairi08@gmail.com, ² Email: joko.subur@hangtuah.ac.id,

Abstract – Proportional Integral Derivative (PID) controls are control systems commonly used in industry. About 90% of industrial equipment uses PID controllers because it is easy to use and simplest. Fire extinguisher robot navigation is one of the most important things in a race such as the Indonesian Fire Extinguisher Robot Contest (IFERC) where the robot is required to be able to follow the contours of the arena walls. This robot was chosen because the race arena of the Indonesian Fire Extinguisher Robot Contest (IFERC) consisted of walls forming different aisles and rooms. This study designed and implemented a control algorithm on legged fire extinguishing robots using the PID method, where the PID control is processed in the microcontroller, The calculation of the PID results will produce an angle for each servo motor, so that the robot can navigate by making decisions to move quickly, slowly, turn right, turn left, stop, extinguish the fire, from the proximity sensor data and fire sensors on robot. So that the robot can carry out its duties optimally.

Keywords — Microcontroller, PID control, Proximity sensor, robot navigation system.

Abstrak—Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) adalah sistem pengendali yang umum digunakan di industri. Sekitar 90% dari peralatan industri menggunakan pengendali PID karena mudah digunakan dan paling sederhana. Navigasi robot pemadam api merupakan salah satu hal paling penting dalam perlombaan seperti Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) dimana robot ini diharuskan dapat mengikuti kontur dinding arena. Robot ini dipilih karena arena perlombaan dari Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) terdiri dari dinding-dinding yang membentuk lorong dan ruangan yang berbeda-beda. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan algoritma kendali pada robot pemadam api berkaki dengan menggunakan metode PID, dimana kontrol PID tersebut diproses dalam mikrokontroler, Pada perhitungan hasil PID akan dihasilkan sudut untuk masing-masing motor servo, agar robot dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan sehingga robot dapat bernavigasi dengan mengambil keputusan bergerak cepat, pelan, belok kanan, belok kiri, berhenti, memadamkan api, dari data sensor jarak dan sensor api yang ada pada robot. Sehingga robot dapat melaksanakan tugasnya dengan optimal.

Kata Kunci—Mikrokontroler, kontrol PID, Sensor jarak, sistem navigasi robot.

I. Pendahuluan

Di zaman yang semakin modern ini, kegiatan manusia akan kebutuhan hidup semakin padat, khususnya pada bidang teknologi. Dan untuk menunjang kebutuhan hidup yang semakin tinggi, tentunya manusia akan bekerja sangat keras. Untuk mengatasi masalah itu, manusia menciptakan sebuah robot untuk membantu dan menggantikan kinerja manusia.

Robot adalah merupakan perpaduan dari ilmu mekanik, elektronika dan komputer. Konstruksi robot pada umumnya mempunyai aktuator berupa roda atau kaki untuk menggerakkan keseluruhan badan robot, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain.[1]

Dalam upaya menjembatani perkembangan teknologi robot dan wadah kreativitas mahasiswa maka pada tahun terakhir ini banyak kegiatan yang di adakan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen DIKTI) untuk mengadakan kontes robot. Salah satunya adalah Kontes Robot Indonesia (KRI) dimana dalam kontes robot tersebut ada 4 katagori yaitu Kontes Robot Indonesia (KRI), Kontes *RoboSoccer Humanoid League*, Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) dan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) yang diselenggarakan setiap tahunnya.[2]

Pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) robot pemadam api berdivisi berkaki. Robot harus mampu melaksanakan tugasnya untuk memadamkan api sesuai dengan kondisi arena pertandingan dengan cara bergerak menyusuri arena perlombaan. Agar dapat menyusuri arena tersebut maka robot yang dirancang harus mampu mendeteksi keberadaan dinding, lorong yang menjadi lintasan robot dan mampu menghindari dari segala rintangan yang terdapat di area.

Penelitian sebelumnya robot KRPAI yang telah di buat oleh Hasri [3], kontrol navigasi pada robot menggunakan metode *fuzzy logic*, robot bernavigasi dengan baik akan tetapi jika sensor jarak depan robot lebih dari 3meter untuk mendeteksi dinding atau halangan dan sensor kanan robot

mendeteksi dinding, aksi dari robot hanya berputar-putar saja di dalam ruangan

Pada penelitian ini Salah satu cara yang bisa diterapkan adalah dengan cara menyisir dinding pada arena menggunakan sensor ultrasonik SRF-05 untuk mendeteksi jarak. Dengan masalah itu, dibutuhkan suatu sistem kontrol untuk mengatasi kelemahan-kelemahan dalam pergerakan.

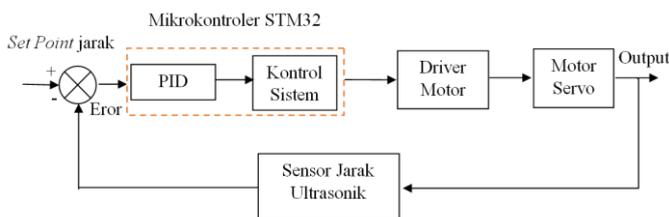
Maka dalam penelitian ini akan dirancang suatu Sistem Navigasi Robot KRPAI Divisi Berkaki menggunakan Kontroler PID. Perancangan kontroler PID ini menggunakan cara hand tuning untuk menentukan besar KP, Ki, dan Kd.[4]

Pengontrolan dilakukan dengan menentukan nilai *setpoint* berupa jarak yang diinginkan terhadap dinding. Selanjutnya data berupa jarak tersebut diolah menggunakan kontroler yang menghasilkan sinyal untuk mengontrol pergerakan robot, sehingga dapat menentukan keluaran posisi jarak robot terhadap dinding. Kemudian keluaran tersebut melalui proses umpan balik dimana kesalahan ditunjukkan dengan selisih antara *input* (masukan) dan respon keluaran. Setelah itu baru menentukan parameter kontroler PID agar sistem *close loop* memenuhi kriteria performansi yang diinginkan.[4]

II. Metode Penelitian

A. Perancangan Perangkat Keras

Setelah melakukan studi literatur, langkah selanjutnya adalah membuat atau merancang model dari pergerakan robot pemadam api berkaki menggunakan metode Proportional Integral Derivative (PID). Untuk memberikan penjelasan lebih lanjut tentang tugas akhir ini penulis akan menjelaskan sistem pergerakan robot pemadam api berkaki menggunakan metode (PID) yang akan dibuat pada tugas akhir ini, berikut adalah gambar diagram blok dari sistem alat ini:

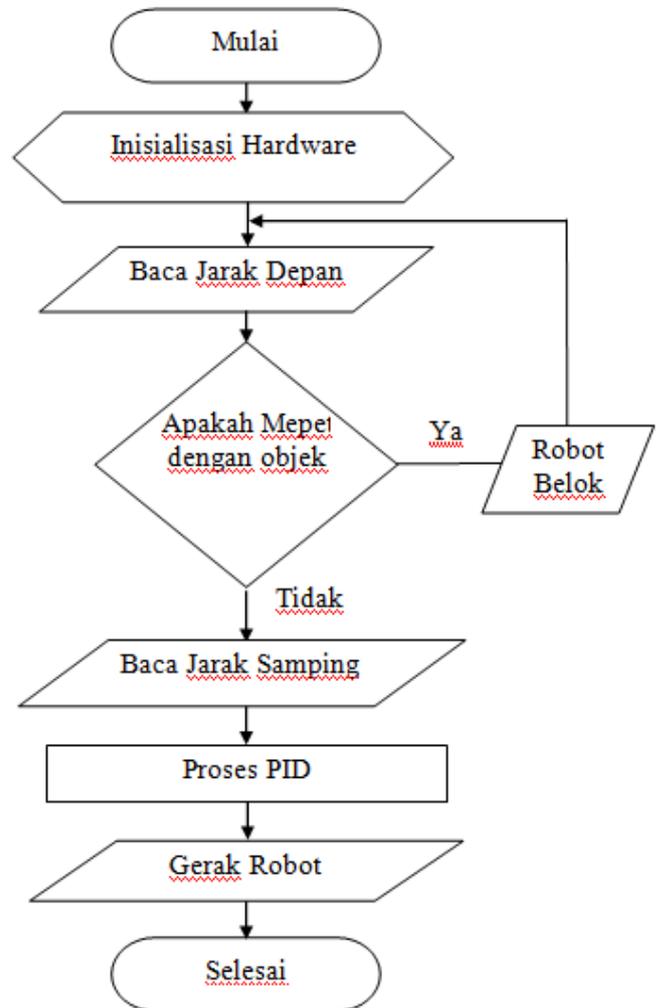


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Alat menggunakan PID

Sensor ultrasonic adalah sensor utama yang digunakan dalam penelitian ini. Sensor ini sebagai sensor jarak robot tetap menjaga jarak antara badan robot dengan dinding/halangan dan menjaga jarak agar tidak menabrak boneka. Hasil dari pembacaan sensor akan dikirim ke mikrokontroler yaitu STM32. STM32 akan mengolah hasil dari sensor jarak dan akan dikirimi ke LCD berupa output teks. Sedangkan servo adalah sebuah aktuator yang berfungsi untuk melakukan perpindahan pergerakan robot dari titik satu ke titik lainnya.

Kontroler PID bertujuan untuk mengatur derajat servo robot saat menyusuri dinding arena perlombaan. Penentuan hasil parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode hand tuning. Hasil parameter kontroler PID yang dicapai dari penelitian ini akan diperoleh nilai dari Kp, Ki, dan Kd.

Dari diagram blok sistem dan diagram blok sistem PID tersebut, maka akan di jadikan satu kesatuan berupa diagram alir/ Flowchart Sistem agar gampang untuk menganalisa cara kerja keseluruhan sistem pada alat ini. Berikut dibawah ini merupakan gambaran digram alir/ flowchart.



Gambar 2. Flowchart Sistem

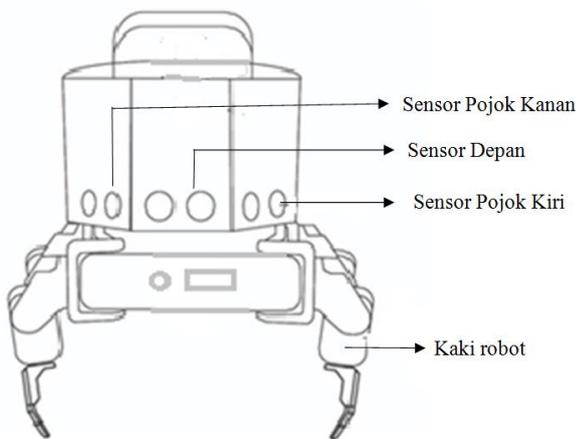
Penjelasan sistem pergerakan robot dengan menggunakan metode PID dimulai saat alat tersebut dalam keadaan on. Sensor ultrasonik adalah sensor untuk mengukur jarak badan robot terhadap dinding. Pada saat tombol start ditekan sensor mulai bekerja untuk membaca jarak terhadap objek. Input dari pembacaan sensor jarak akan dikirim ke mikrokontroler yaitu STM32. Setelah itu akan diperhitungkan berapa hasil PID

yang didapat dari pembacaan sensor jarak tersebut. Dari hasil perhitungan PID akan dikonversi menjadi nilai derajat yang akan di kirim ke servo.

Jika sensor jarak depan kurang dari nilai set point maka robot akan berbelok jika nilai sensor jarak melebihi nilai set point maka robot akan berjalan ke depan dan Jika pembacaan sensor jarak samping melebihi nilai set point telah di tentukan maka robot akan menjauh dari objek dan sebaliknya juga jika pembacaan sensor jarak samping kurang dari nilai set point telah di tentukan maka robot akan mendekat ke objek untuk menjaga jarak agar robot tetap dalam jarak set point yang telah di tentukan.

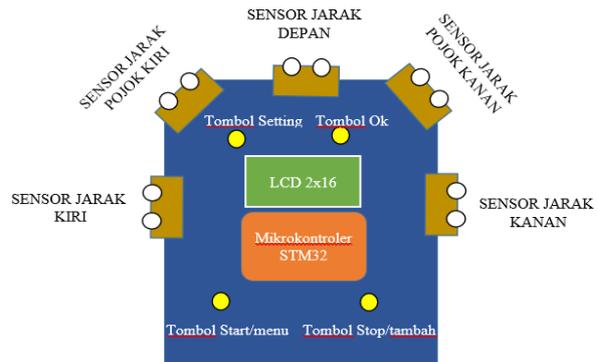
B. Perancangan Badan Alat

Dalam perancangan badan robot ini akan dijelaskan tentang penempatan-penempatan sensor dan pempatan komponen lainnya. berikut adalah Penempatan sensor jarak dan kaki robot tampak depan.



Gambar 3. Badan robot tampak dari depan

Dari gambar diatas terlihat sensor jarak SRF-05 yang menjadi sensor utama untuk navigasi robot pemadam api berkaki ini karna alat ini berjalan menelusuri tembok dengan menjaga jarak antara robot dengan dinding. Sedangkan robot ini bisa disebut juga dengan nama robot quadruped. Robot quadruped merupakan robot yang memiliki 4 kaki [6] yaitu 2 kaki depan dan 2 kaki belakang. Berikut gambar robot tampak atas:



Gambar 4. Badan robot tampak dari atas

Pada gambar diatas terlihat alat ini menggunakan lima buah sensor jarak ultrasonik SRF-05. Sensor ini digunakan untuk menjaga jarak robot dengan dinding. LCD untuk menampilkan informasi-informasi hasil pembacaan dari sensor-sensor tersebut dan ada beberapa tombol untuk mengsetting nilai-nilai PID yang di inginkan. Dan semua itu dikontrol jadi satu menggunakan mikrokontroler rSTM32.

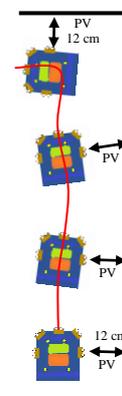
C. Perancangan Metode PID

Perancangan metode PID yang digunakan adalah nilai jarak sensor ultrasonik dan nilai *setpoint* dalam proses tuning kontrol PID.

1. Pemrograman Kontroler PID pada Robot

Pembuatan program kontroler PID ini dilakukan berdasarkan persamaan kontroler PID digital. Kontroler PID digital merupakan bentuk lain dari kontroler PID yang diprogram dan dijalankan menggunakan komputer atau mikrokontroler. Error dan last_error yang akan digunakan pada perhitungan aksi kontroler PID. [5] Setiap satu kali looping program, error akan diperbaharui dengan data yang diambil dari sensor, dan sebelumnya akan disimpan di last_error. Keluaran dari perhitungan program kontroler PID ini adalah nilai sudut untuk menggerakkan setiap motor servo.

Ilustrasi pergerakan menggunakan kontrol PID ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi pergerakan robot kontrol PID

Persamaan (1) sampai dengan persamaan (4) dapat ditunjukkan dari nilai-nilai variabel dibawah ini:

$$\text{Error} = \text{SP} - \text{PV} \dots\dots\dots(1)$$

$$u(t) = K_p e(k) + K_i T \sum_0^k e(k) + \frac{1}{T} K_d (e_k - e_{k-1}) \dots\dots(2)$$

Servo depan dan belakang kanan = derajat tengah + PID....(3)

Servo depan dan belakang kiri = derajat tengah - PID.....(4)

Setpoint (SP) adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang diinginkan. Present Value (PV) adalah nilai pembacaan sensor yang terukur yang kemudian disimpan ke suatu variabel, atau variabel terukur yang diumpam balik oleh sensor (sinyal feedback dari sensor) [7].

2. Tuning Parameter

Tuning parameter berfungsi untuk melakukan pengesetan terhadap parameter-parameter PID (Kp, Ki dan Kd) dan juga parameter-parameter lainnya seperti time sampling, penentuan set point, dll [5].

Langkah metode tersebut ialah sebagai berikut:

- 1) Buat suatu sistem loop tertutup dengan kontroler P dan plant di dalamnya [5],
- 2) Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, dengan $K_i=0$, $K_d=0$ harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan [5].
- 3) Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan [5].
- 4) Menghitung nilai K_p , T_i dan T_d sesuai dengan aturan dari Ziegler-Nichols yaitu $K_p = 0.6 \times K_{cr}$, $T_i = 0.5 \times P_{cr}$ dan $T_d = 0.125 \times pcr$ [5].
- 5) Nilai K_i dan K_d di dapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut, $K_i = K_p : T_i$ dan $K_d = K_p \times T_d$ [5].

III. Hasil dan Pembahasan

Adapun pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- a) Pengujian sensor jarak SRF-05
- b) Pengujian robot mengikuti dinding kanan

A. Pengujian sensor jarak SRF-05

Untuk mengetahui jarak robot dengan dinding, dengan menggunakan sensor jarak SRF-05. Pengamatan menggunakan sensor jarak SRF-05 dilakukan di pin mikrokontroler STM32. Berikut merupakan hasil pengamatan dari sensor jarak SRF-05:

Tabel 1. Data rata-rata dari keseluruhan uji sensor jarak SRF-05

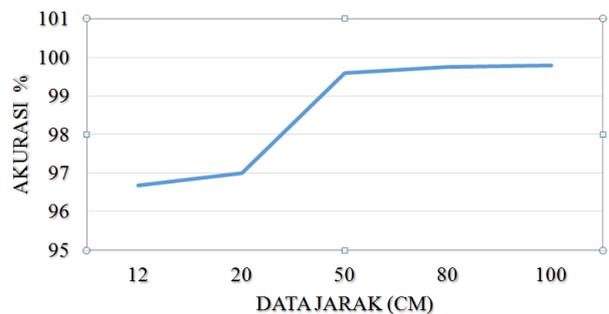
No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Baca Sensor (cm)	Error (%)	Akurasi (%)
1	12	12,4	3,33	96,67
2	20	20,6	3	97
3	50	50,2	0,4	99,6
4	80	80,2	0,25	99,75
5	100	99,8	0,2	99,8
Rata-rata			1,436	98,56

Dari hasil presentase *Error* pada pengamatan sensor jarak ultrasonik SRF-05 ini digunakan Persamaan (5).

$$\text{Error} = \frac{\text{PS} - \text{PT}}{\text{PT}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan PS = Pembacaan nilai sensor
 PT = Pembacaan pada Penggaris

Dan dari hasil presentase *Error* yang didapat dari pengamatan tersebut dapat digrafikkan sebagai berikut:

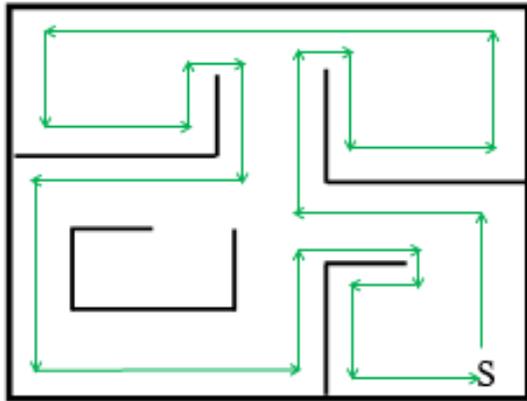


Gambar 6. Presentase akurasi pengamatan sensor jarak ultrasonik SRF-05

Pada gambar 6. Adalah gambar grafik tingkat keakurasian sensor jarak ultrasonik. agar mudah dipahami, dilihat dari hasil pengamatan bahwasanya sensor jarak ultrasonik ini mempunyai karakteristik semakin jauh jarak yang dideteksi maka tingkat ke akurasi tersebut semakin baik namun data jarak sensor ultrasonik ini hanya terjangkau 3 meter sesuai yang tertera di datasheet pada sensor tersebut.

B. Pengujian robot mengikuti dinding kanan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa sistem kontroler PID pada robot dari parameter-parameter K_p , K_i dan K_d yang sudah didapatkan pada pengamatan gerak robot pada Lorong-lorong area. Dalam pengujian ini robot akan mengikuti sisi dinding lintasan sebelah kanan.



Gambar 7. Ilustrasi Pergerakan Robot mengikuti sisi kanan pada Arena

Pada Arena, Robot diletakan pada posisi awal (S) Arah panah menunjukkan ilustrasi rute yang dilewati robot selama proses pengujian. Hasil pengujian dengan nilai PID yang sudah ditentukan yaitu $P=5$, $I=3$, $D=2$ dan setpoint 12cm ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian Robot mengikuti dinding kanan

Uji No	Jumlah Benturan	Lama Waktu (detik)	Hasil Pengujian
1	2	40	Berhasil mengikuti dinding
2	1	50	Berhasil mengikuti dinding
3	0	60	Berhasil mengikuti dinding
4	0	70	Berhasil mengikuti dinding
5	1	80	Berhasil mengikuti dinding

IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini, maka dapat diperoleh beberapa simpulan diantaranya:

1. Sensor ultrasonik SRF-05 memiliki tingkat keakuratan tinggi dalam pembacaan jarak terhadap objek berupa dinding dengan kesalahan rata-rata sebesar 1,436 cm.

2. Penerapan kontroler PID pada robot pemadam api telah mampu membuat pergerakan robot menjadi sangat stabil dan mampu membuat robot berjalan dengan baik.
3. Robot berhasil bergerak mengikuti dinding sebelah kanan dengan sempurna meskipun robot terkadang terjadi benturan.
4. Untuk pemberian nilai pada PID masih belum menemukan nilai yang sempurna saat nilai setpoint di rubah.

V. Daftar Pustaka

- [1] Darwison, Rian W. 2015. Kontrol Kecepatan Robot Hexapod Pemadam Api menggunakan Metoda Logika Fuzzy. Jurnal Nasional Teknik Elektro. Vol. 4: 227-234.
- [2] DIKTI. 2013. Panduan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia 2013. Jakarta: DIKTI
- [3] Hasri A. 2015. Algoritma Fuzzy Logic Dan Wallfollower Pada Sistem Navigasi Robot Hexapod Berbasis Mikrokontroler Avr. Jurnal KomTekInfo Fakultas Ilmu Komputer. Vol.2: 1-5.
- [4] Prasetya E. "Implementasi Inverse Kinematic Pada Pergerakan Mobile Robot Krpai Divisi Berkaki," in 2014 Skripsi: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [5] Akbar, A. E, "Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) Divisi Senior Beroda," Skripsi: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [6] Hidayat, M.Yusuf. Kurniawan, W. dan Maulana, R., "Implementasi Algoritma Wall Following pada Manuver Robot KRPAI *Quadruped Omni Direction* Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer., Vol. 2, No. 11, November 2018, hlm. 4957-4965.
- [7] Wicaksono, G. "Kontrol PID pada Robot Bareleng 3.1," in 2012 Skripsi: Teknik Elektro Fakultas Teknik Politeknik Negeri Batam.