

## *Rotating Control on Robots Indonesian Abu Robot Contest with PID and IMUBNO055 Controls*

### **Kendali Berputar pada Robot Kontes Robot Abu Indonesia dengan kendali PID dan IMUBNO055**

Anggit Febriawan<sup>1</sup>, Wahyu Sapto Aji<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

<sup>2</sup> Univesiti Malaysia Pahang

---

#### **INFORMASI ARTIKEL**

##### **Riwayat Artikel:**

Dikirimkan 10 September 2019,  
Direvisi 13 Oktober 2019,  
Diterima 02 April 2020.

---

##### **Kata Kunci:**

KRAI,  
BNO055,  
Arduino,  
PID,  
PWM.

---

##### **Penulis Korespondensi:**

Wahyu Sapto Aji,  
Teknik Elektro, Universitas  
Ahmad Dahlan  
Kampus IV, Jl. Ring Road  
Selatan, Tamanan,  
Banguntapan, Bantul  
Yogyakarta 55166  
Surel: wahyusaji@ee.uad.ac.id

---

#### **ABSTRACT / ABSTRAK**

*One of the problems solved in robot control is that the required robot movement system can be moved efficiently. Controls used to increase the efficiency of robot motion are the PID (Proportional-Integral-Derivative) Control and the IMU BNO055 sensor. The concept used by the robot to be able to rotate to a certain angle entered the desired angle, then read the sensor angle BNO055 then the results of the sensor readings are sent to Arduino to then provide a signal to drive the motor. The results of research that has been done, the robot can display an angle of 0o and 180o in accordance with the sensor readings. The robot can rotate with a short effective time from 10 times of testing and with an average time of 2 seconds. From the research results, the robot can rotate to the desired angle effectively and the robot can choose the desired angle with the help of instructions with an average error of 0.88%. The best control parameter values are  $K_p = 1$ ;  $K_i = 0,00095$ ; and  $K_d = 4$ .*

Salah satu masalah yang dihadapi dalam kendali robot yaitu sistem gerakan robot yang mengharuskan dapat bergerak secara efisien. Kendali yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi gerakan robot adalah dengan Kendali PID (Proporsional-Integral-Derivatif) dan sensor IMU BNO055. Konsep yang digunakan robot agar dapat berotasi ke sudut tertentu yaitu memasukkan sudut yang diinginkan, kemudian membaca sudut sensor BNO055 kemudian hasil dari bacaan sensor dikirim ke Arduino untuk selanjutnya memberikan sinyal untuk menggerakkan motor. Hasil penelitian yang sudah dilakukan, robot dapat menampilkan sudut 0° dan sudut 180° sesuai dengan pembacaan sensor. Robot dapat berotasi dengan efektif dengan waktu yang singkat dari 10 kali pengujian dan dengan rata – rata waktu yaitu 2 detik. Dari hasil penelitian robot dapat berotasi ke sudut yang diinginkan dengan efektif dan robot dapat menunjukkan sudut yang diinginkan dengan bantuan petunjuk dengan cukup baik dengan rata – rata error 0,88%. Nilai parameter pengendali terbaik adalah  $K_p=1$ ;  $K_i=0,00095$ ; dan  $K_d=4$ .

*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)*



---

#### **Sitasi Dokumen ini:**

A. Febriawan and W. S. Aji, "Rotating Control on Robots Indonesian Abu Robot Contest with PID and IMUBNO055 Controls," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 14-23, 2020. DOI:[10.12928/biste.v2i1.987](https://doi.org/10.12928/biste.v2i1.987)

## 1. PENDAHULUAN

Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi mengkoordinasikan Kontes Robot Indonesia (KRI) sebagai ajang kompetisi rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika khususnya tingkat mahasiswa. Diadakannya Kontes Robot Indonesia (KRI) untuk menyeleksi serta mencari yang terbaik untuk mewakili bangsa Indonesia pada ajang ABU Robocon 2018 di Ninh Binh Vietnam.

Pada tahun 2018 tim robot Universitas Ahmad Dahlan divisi KRAI merupakan divisi yang setiap tahun berganti tema mengikuti peraturan dari *Abu Robocon*, sehingga masih sangat perlu dilakukan penelitian atau riset yang lebih detail dalam pembuatan robot. Masalah yang dihadapi dalam pembuatan robot yaitu terletak di bagian sistem gerakan robot, salah satu masalah pada robot yaitu robot harus dapat bergerak secara efisien dan akurat. Robot penelitian ini menggunakan motor DC 24 Volt sebagai penggerak kemudian dihubungkan dengan *driver* motor dan posisi antara keempat motor dibuat sedemikian rupa dengan memperhitungkan sudut antar motor sehingga robot dapat bergerak leluasa (*holonomic*).

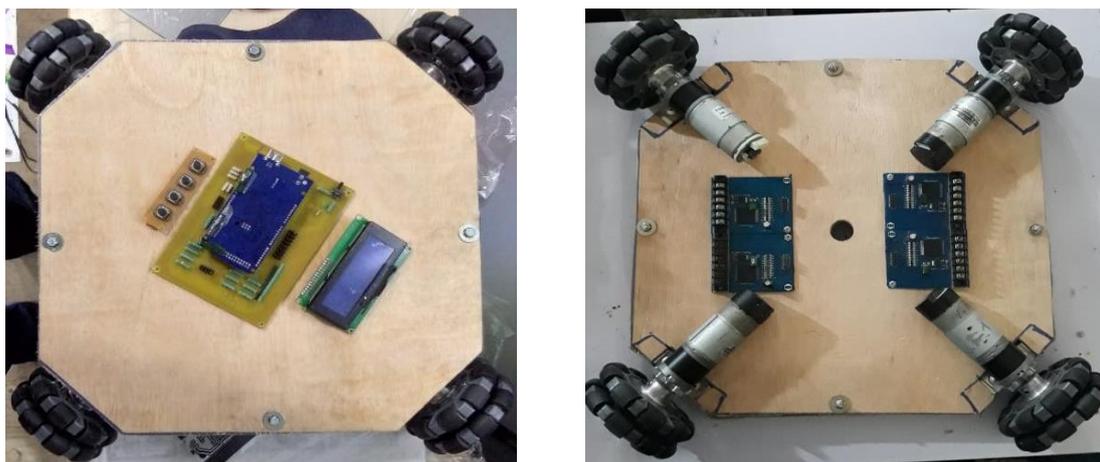
Kendali yang digunakan untuk membuat efisiensi gerakan robot maka ditambahkan sensor dengan memanfaatkan sensor *BNO055*. Sensor ditambahkan pada robot agar dapat menambah sistem kecerdasan robot serta menambah kemudahan robot bermanuver. Salah satu poin utama untuk memenangkan pertandingan di *Abu Robocon 2018* yaitu efisiensi sudut robot untuk menembakkan atau mengarahkan bola ketarget yaitu tiang pada area pertandingan. Maka dari itu dibuat sistem untuk mempermudah mengarahkan robot kesudut yang benar dengan rotasi posisi. Sehingga robot dapat mengarah dan berhenti tepat pada sudut yang sudah ditentukan.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dibangun sistem Kendali *Rotating Positioning* Kontes Robot Abu Indonesia 2018 dengan *IMU BNO055*. Kendali *Rotating Positioning* ini menggunakan sensor utama yaitu sensor *BNO055* untuk membantu rotasi posisi robot. Robot ini menggunakan mikrokontroler *Arduino Due* sebagai *Microprocessor Processing Unit*. Mikrokontroler *Arduino Due* akan memerintahkan sensor *BNO055* yang berfungsi memberikan hasil bacaan sudut pada robot sehingga dapat dijadikan masukkan nilai yang akan dieksekusi oleh motor untuk bergerak sesuai sudut bacaan. Berikut adalah metode penelitiannya:

### 2.1. Desain Sistem

Bagian fisik robot ini terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian bawah dan bagian atas. Bagian bawah merupakan tempat *driver* motor, motor dc. Bagian atas merupakan tempat rangkaian elektronika yang meliputi minisistem, mikrokontroler, sensor *BNO055* serta peralatan tambahan seperti LCD 20x4 dan *pushbutton* terpasang. Bagian tersebut dipisah menjadi 2 dikarenakan agar memberikan ruang yang lebih saat pengoperasian serta tidak mengganggu jalannya pengoperasian robot. Dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 merupakan gambar robot tampak atas dan robot tampak bawah.

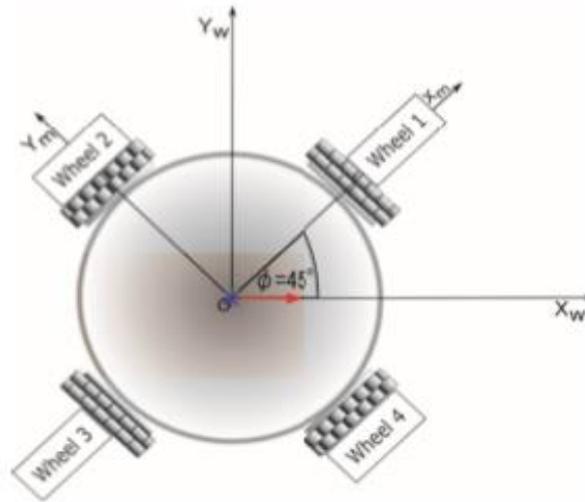


Gambar 1. Robot tampak atas dan tampak bawah

### 2.2. Kinematika Robot

Konsep yang digunakan robot agar bergerak ke sudut yang diinginkan yaitu masukan sudut yang diinginkan dan membandingkan dengan sudut yang diperoleh dari sensor *BNO055* kemudian hasil dari bacaan sensor dikirim ke *Arduino* untuk selanjutnya *Arduino* memberikan sinyal untuk menggerakkan motor. Pengaturan koordinat dan struktural diperlukan untuk memperoleh persamaan kinematik. Menggunakan sistem

koordinat analisis kinematik dilakukan untuk sistem non-linear tiga input tiga keluaran [1]. Cara mendapatkan gerakan robot yang sesuai dengan tujuan yakni seperti struktural pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan konfigurasi kinematik

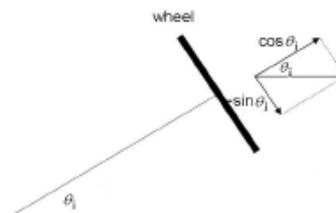
Persamaan kinematik untuk mendapatkan gerakan robot yang sesuai tujuan ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 v_{w1} &= r\omega_{w1} = -\frac{\sqrt{2}}{2}\dot{X}_m + \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{Y}_m + L\dot{\theta}, \\
 v_{w2} &= r\omega_{w2} = -\frac{\sqrt{2}}{2}\dot{X}_m - \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{Y}_m + L\dot{\theta}, \\
 v_{w3} &= r\omega_{w3} = \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{X}_m - \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{Y}_m + L\dot{\theta}, \\
 v_{w4} &= r\omega_{w4} = \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{X}_m + \frac{\sqrt{2}}{2}\dot{Y}_m + L\dot{\theta},
 \end{aligned} \tag{1}$$

Sistem koordinat bergerak  $(X_m, Y_m)$  dipasang pada pusat gravitasi dari robot. Variabel  $X_m$  dan  $Y_m$  menunjukkan posisi pusat robot variabel  $\theta$  menunjukkan kepala robot dan  $L$  menunjukkan pusat gravitasi ke panjang dasar roda [2].

### 2.3. Geometri Robot

Dasar dari geometrik yaitu dapat menghitung kecepatan akhir roda, dan kecepatan robot di pesawat, serta kecepatan sudutnya, dengan mengintegrasikan persamaan gerakan terhadap waktu. Namun, harus memikirkan robot di ruang Euclidean, lintasan dapat dihitung dan berasal dari kecepatan ini setiap roda individu. Sebelum melangkah ke selanjutnya lihat masalah geometri terlebih dahulu. Kelompokkan kecepatan individu dari empat motor di vektor  $(v_1, v_2, \dots, v_n)^T$  dan kecepatan serta tangensial Euclidean kecepatan rotasi robot dalam vektor  $(v_x, v_y, R_w)^T$ . Jika robot bergerak sebagaimana ditentukan oleh vektor  $(1, 0, 0)^T$  ini berarti bergerak ke samping tanpa berputar. Kapan robot bergerak dengan kecepatan 1 ke kanan, roda  $i$ -th berputar dengan kecepatan  $-\sin\theta_i$  [2].

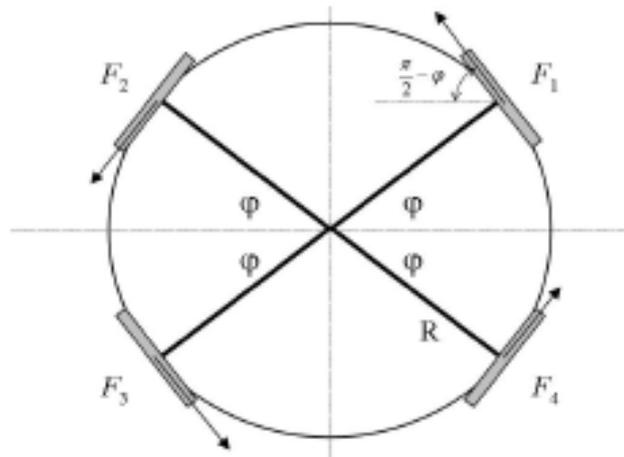


Gambar 4. Rotasi roda ketika robot bergerak ke samping dengan kecepatan 1

Gambar. 4 menyatakan terdapat roda besar dan kecil. Roda utama berputar dengan kecepatan  $-\sin\theta_i$ , roda kecil dengan kecepatan  $\cos\theta_i$ . Roda besar menyediakan salah satu komponen gerakan horizontal (yaitu,  $-\sin\theta_i$ ), sedangkan yang kecil roda periferil menyediakan komponen ortogonal lainnya (yaitu  $\cos\theta_i$ ). Jenis komputasi yang sama dapat dilakukan saat robot berada bergerak maju tanpa berputar. Gerakan roda kemudian komponen  $\cos\theta_i$ . Menggunakan konvensi yang positif arah rotasi adalah arah jempol tangan kanan saat kita pegang poros motor di tangan, setelah itu kita dapatkan persamaan untuk korespondensi antara *Euclidean* dan kecepatan motor yang dapat diaplikasikan [2]. Persamaan tersebut adalah

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 1 \\ -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\sin \theta_n & \cos \theta_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ R\omega \end{bmatrix} \tag{2}$$

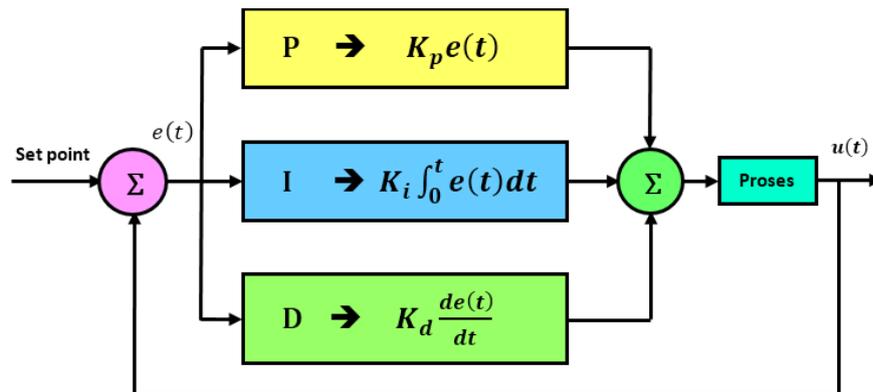
Dari persamaan tersebut dapat diketahui letak dan kekuatan setiap roda seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaturan roda dan distribusi kekuatan

**2.4. Kendali PID**

Teknik kendali PID adalah pengendali yang merupakan gabungan antara aksi kendali proporsional ditambah aksi kendali integral ditambah aksi kendali derivatif/turunan [3]. Masing-masing dari sistem kendali ini memiliki fungsi dan keunggulan yang berbeda [4]. Dengan begitu kontrol PID memiliki keunggulan dari ketiga sistem kontrol tersebut [5]. Dari masing-masing pengendali tersebut terdapat fungsi atau kegunaan masing-masing. Fungsi tersebut juga mendukung dan terintegrasi dengan fungsi yang lain. Fungsi dari setiap pengendali juga akan berpengaruh terhadap hasil akhir dari pengendali [6].



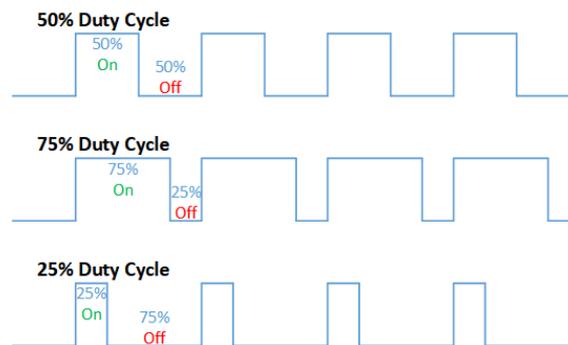
Gambar 6. Diagram blok Kendali PID

Pada Gambar 6 *Proporsional* berfungsi untuk mempercepat respon terhadap sinyal *error* dan mempercepat mencapai *set point*, sedangkan *integral* berfungsi untuk mempertahankan sinyal tetap pada *set point*, dan *derivatif* akan bekerja efektif pada daerah *transient* [7].

## 2.5. Pulse Width Modulation (PWM)

Metode *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah metode yang cukup efektif untuk mengendalikan kecepatan motor DC. PWM ini bekerja dengan membuat gelombang persegi yang memiliki frekuensi tetap, rasio (*duty cycle*) pulsa tinggi terhadap pulsa rendah yang telah ditentukan, yang bisa diatur dari 0% hingga 100%. Rasio pulsa tinggi terhadap pulsa rendah digunakan untuk mengatur penyambungan (*switch*) suplay tegangan terminal motor DC. Semakin besar lebar pulsa tinggi dari pada pulsa rendah berarti penyambungan suplay tegangan terminal motor mendapat porsi waktu yang lebih lama, menyebabkan kecepatan motor semakin besar.

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah sebuah metode pengendalian motor dengan cara mengatur lebar pulsa yang dikirimkan pada frekuensi yang tetap ke motor. Sinyal pengendali hanya berupa sinyal *on* dan *off*. Dengan mengatur perbandingan lamanya sinyal *on* dan *off* yang diberikan, maka dapat diperoleh perubahan kecepatan pada motor, atau yang dikenal dengan *duty cycle*. *Duty cycle* adalah waktu sinyal pada kondisi *on* dibandingkan dengan periode sinyal [8].

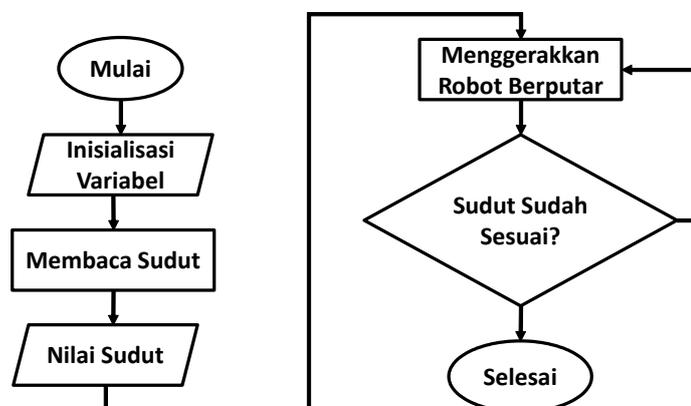


Gambar 7. Variasi *duty cycle*.

Kelebihan metode PWM dibanding penguatan linier adalah PWM menggunakan sinyal biner (digital) sehingga pengendalian kecepatan dapat dilakukan oleh pengendali digital tanpa memerlukan DAC (*Digital Analog Converter*). Kelebihan lainnya adalah karena transistor hanya berada pada mode operasi saturasi dan *cut off*, maka hanya ada sedikit kerugian daya berupa panas [8].

## 2.6. Proses Rotasi Pada Robot

Motor menjadi salah satu komponen yang penting dalam tahap penelitian ini. Motor akan berputar dengan sinyal masukan dari mikrokontroler yang diberikan oleh sensor. Dengan Bergeraknya motor, robot akan dapat berotasi dan dapat menuju sudut yang diinginkan. Apabila robot sudah berotasi pada sudut yang diinginkan dan tepat pada sudut yang diinginkan, robot akan berhenti dan program selesai. Apabila sudut belum benar robot akan kembali bergerak ke sudut yang diinginkan. Langkah-langkah program penelitian “Kendali untuk *Rotating Positioning* Kontes Robot Abu Indonesia 2018 dengan *IMU Bno055*” dalam bentuk *flowchart* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Flowchart* program

## 2.7. Pembacaan Sudut Oleh Sensor

Pada robot ini menggunakan *software* bantu *Arduino IDE* sebagai proses pemrograman yang menggunakan bahasa C. Pada *flowchart* diatas merupakan gerakan robot untuk menuju sudut yang diinginkan. Sebelum robot dapat berotasi kesudut yang diinginkan, robot harus dapat mendeteksi sudut terlebih dahulu, untuk dapat mendeteksi sudut robot dilakukan penambahan beberapa program pada mikrokontroler. Berikut tampilan *listing* program pada gambar 9.

```
/* Get a new sensor event */
sensors_event_t event;
bno.getEvent(&event);

/* Display the floating point data */
Serial.print("X: ");
Serial.print(event.orientation.x, 4);
Serial.print("\tY: ");
Serial.print(event.orientation.y, 4);
Serial.print("\tZ: ");
Serial.print(event.orientation.z, 4);
```

Gambar 9. *Listing* program pembacaan sudut

Kode dengan *listing* diatas merupakan kode untuk mencari sudut dengan nilai derajat yaitu sudut Euler, kode tersebut telah disediakan oleh *Adafruit\_BNO055* selaku pembuat sensor agar memudahkan penggunaanya. Gabungan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* sering dipakai untuk mengestimasi sudut Euler [9].

## 2.8. Rotasi robot

Pada *flowchart* pada Gambar 8 menunjukkan bahwa robot akan berotasi ke sudut yang diinginkan. Setelah robot dapat mendeteksi sudut maka robot dapat berotasi ke sudut yang diinginkan. Kendali motor terintegrasi dengan persamaan (1) dengan pembagian kecepatan setiap motor. Pembagian kecepatan motor agar dapat aktif dengan masukan program seperti *listing* yang terdapat pada Gambar 10.

```
float M_1 = -((sqrt(2)/2) * x) + ((sqrt(2)/2) * y) + (diameter * z);
float M_2 = -((sqrt(2)/2) * x) - ((sqrt(2)/2) * y) + (diameter * z);
float M_3 = ((sqrt(2)/2) * x) - ((sqrt(2)/2) * y) + (diameter * z);
float M_4 = ((sqrt(2)/2) * x) + ((sqrt(2)/2) * y) + (diameter * z);
```

Gambar 10. *Listing* program pembagian kecepatan setiap motor

Dari *listing* program diatas maka setiap motor akan diberikan kecepatan yang sama sesuai nilai x, y dan z yang dimasukkan. Motor akan bergerak dengan nilai masukan sudut dan dipengaruhi oleh nilai simpangan dari sensor. Nilai simpangan diperoleh dari nilai pembacaan sensor terakhir dikurangi oleh nilai masukan sudut. Nilai simpangan ini juga merupakan nilai *error*. Nilai *error* akan digunakan sebagai pengaturan perhitungan PID. *Error* dan *last\_error* yang akan digunakan pada perhitungan aksi kontroler PID. 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 PWM [10].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pengujian dilakukan untuk mengetahui cara kerja pada sistem Kendali untuk *Rotating Positioning* Kontes Robot Abu Indonesia 2018 dengan IMU BNO055. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kinerja sensor BNO055 dan Pengendali PID. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui apakah sensor BNO055 dapat mendeteksi sudut dengan baik dan pengendali PID apakah mampu untuk menggerakkan robot ke sudut yang ditentukan.

### 3.1. Kinerja Sensor BNO055

Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan sensor BNO055 dalam mendeteksi sudut. Pengujian dilakukan dengan memutar robot secara manual. Robot akan menampilkan hasil baca sudut pada LCD yang terpasang pada robot dan *serial monitor*. Robot diuji untuk mendeteksi sudut 0° dan 180°. Sudut yang terbaca akan ditampilkan pada LCD yang terpasang pada robot. Berikut hasil pengujian pada sensor BNO055 dalam mendeteksi sudut.

X: 0.0000	Y: -1.8750	Z: 0.2500
X: 0.0000	Y: -1.8750	Z: 0.2500
X: 0.0000	Y: -1.8750	Z: 0.2500
X: 0.0000	Y: -1.8750	Z: 0.2500

Gambar 11. Tampilan pembacaan sensor di serial *print*.

Gambar 11 menunjukkan bahwa sumbu X adalah 0 dengan keadaan robot yang tidak digerakkan secara rotasi. Apabila robot digerakkan secara rotasi maka sensor akan mengirimkan perubahan nilai pada LCD seperti pada Gambar 12.

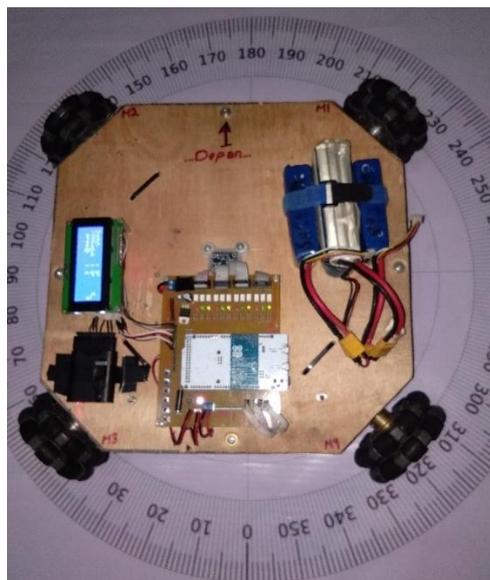


Gambar 12. Robot menunjukkan sudut 180°.

Pada Gambar 12 menunjukkan bahwa robot dapat mendeteksi sudut 180° terlihat pada LCD yang tertampil di robot. Kondisi tersebut menyimpulkan bahwa sensor dalam keadaan baik. Sensor akan mengkalibrasi ulang apabila mendapatkan daya dan sudut terakhir saat sensor mendapatkan daya akan menjadi sudut 0°.

### 3.2. Sistem kendali robot

Untuk mengetahui efektivitas gerakan robot saat berotasi. Pada pengujian ini robot akan ditempatkan di atas lintasan yang terbuat dari *banner* yang sudah terdapat petunjuk derajat 0° - 359°. Petunjuk digunakan sebagai alat ukur efektivitas gerakan robot saat berotasi. Pengukuran efektivitas gerakan robot saat berotasi juga diukur dengan *stopwatch* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan robot berotasi ke sudut yang diinginkan.



Gambar 13. Proses pengujian robot dalam efektivitas robot saat berotasi.

Robot diperintahkan menuju ke sudut yang diinginkan dari titik awal pada sudut 0°. Pengujian ini memerlukan akurasi pembacaan sensor serta pengaturan pada kecepatan motor. Robot akan berotasi dengan kecepatan waktu dan nilai  $Kp = 1$ ,  $Ki = 0,00095$  dan  $Kd = 1$ . Robot akan berhenti disudut yang diinginkan dengan menunjukkan pada LCD akan tertampil sudut akhir robot berhenti. Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali pengujian dan pengujian ini sudut yang diinginkan yaitu 180°. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. hasil pengujian efektivitas robot saat berotasi ke sudut 180°.

No.	Sudut berhenti (°)	Waktu (detik)	Error (%)
1.	180	2	0
2.	180	2,1	0
3.	177	2	1,66
4.	182	2,2	-1,11
5.	178	1,8	1,11
6.	180	2	0
7.	177	2	1,66
8.	178	1,9	1,11
9.	181	2	-0,55
10.	180	2	0

Dari pengujian yang dilakukan terdapat *error* pada pengujian. Untuk pencarian *error* pada Tabel 1 menggunakan rumus berikut:

$$Error = \frac{\text{sudut yang diinginkan} - \text{sudut berhenti}}{\text{sudut yang diinginkan}} \times 100\%$$

kemudian dengan nilai  $Kp = 4$ ,  $Ki = 0,00095$  dan  $Kd = 1$  sudut rotasi = 90, didapatkan hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan  $Kp = 4$ ,  $Ki = 0,00095$  dan  $Kd = 1$  sudut rotasi 90.

NO.	Sudut Goresan Akhir Penunjuk (°)	Selisih (°)	Error (%)
1.	95	5	5,55
2.	92	2	2,22
3.	92	2	2,22
4.	95	5	5,55
5.	92	2	2,22
6.	95	5	5,55
7.	95	5	5,55
8.	96	6	6,66
9.	93	3	3,33
10.	92	2	2,22

Dengan nilai  $Kp = 1$ ,  $Ki = 4$  dan  $Kd = 1$  sudut rotasi = 90, maka didapatkan hasil pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh nilai eror yang lebih kecil dari parameter PID yang sebelumnya. Perbedaan nilai parameter terdapat pada nilai parameter  $Kp$  yang lebih kecil. Oleh karena itu parameter  $Kp$  tidak boleh terlalu besar.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan  $Kp = 1$ ,  $Ki = 4$  dan  $Kd = 1$  sudut rotasi 90.

NO.	Sudut Goresan Akhir Penunjuk (°)	Selisih (°)	Error (%)
1.	89	1	0,01
2.	90	0	0
3.	90	0	0
4.	89	1	0,01
5.	89	1	0,01

6.	88	2	0,02
7.	89	1	0,01
8.	88	2	0,02
9.	88	2	0,02
10.	89	1	0,01

Dengan nilai  $Kp = 1$ ,  $Ki = 0,00095$  dan  $Kd = 4$  sudut rotasi = 90, maka didapatkan hasil pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh nilai eror yang sangat kecil dan lebih baik dari hasil sebelumnya. Perbedaan antara hasil sebelumnya adalah nilai parameter  $KI$  yang lebih kecil. Oleh karena itu untuk memperoleh kinerja yang lebih baik, parameter  $KI$  tidak boleh terlalu besar.

Tabel 4. Hasil pengujian dengan  $Kp = 1$ ,  $Ki = 0,00095$  dan  $Kd = 4$  sudut rotasi 90.

NO.	Sudut Goresan Akhir Penunjuk (°)	Selisih (°)	Error (%)
1.	90	0	0
2.	90	0	0
3.	90	0	0
4.	89	1	0,01
5.	89	1	0,01
6.	90	0	0
7.	89	1	0,01
8.	89	1	0,01
9.	88	2	0,02
10.	89	1	0,01

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, telah berhasil membangun sistem kendali rotasi posisi pada robot KRAI 2018 dengan kesimpulan sebagai berikut. Kendali robot untuk dapat berotasi ke sudut yang diinginkan menggunakan sensor BNO055 sebagai pendeteksi sudut telah berhasil dilakukan. Hasil penelitian yang sudah dilakukan, robot dapat menampilkan sudut  $0^\circ$  dan sudut  $180^\circ$  sesuai dengan pembacaan sensor. Robot dapat berotasi dengan efektif dengan waktu yang singkat dari 10 kali pengujian dan dengan rata – rata waktu yaitu 2 detik. Dari hasil penelitian robot dapat berotasi ke sudut yang diinginkan dengan efektif dan robot dapat menunjukkan sudut yang diinginkan dengan bantuan petunjuk dengan cukup baik dengan rata – rata error 0,88%. Jika pengaturan  $Kp$  terlalu besar maka respons terhadap laju gerakan rotasi robot sangat tinggi sehingga gerakan robot tidak stabil. Jika pengaturan nilai  $Ki$  terlalu besar maka respons gerakan robot akan melambat. Jika pengaturan nilai  $Kd$  yang terlalu tinggi maka menyebabkan respons gerakan robot terhadap kesalahan semakin tinggi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada editor dan reviewer atas segala saran, masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

#### REFERENSI

- [1] Tan, R. *et al.* "Adaptive Control Method for Path-Tracking Control of an Omni-Directional Walker Compensating for Center-Of-Gravity Shifts and Load Changes". *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. Vol. 7. No. 7. 2011.
- [2] J. R. Field and M. U. Salman, "Kinematic motion studies of an OmniDirectional mobile robot," 2017 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), Ottawa, ON, 2017, pp. 318-323, doi: 10.1109/IRIS.2017.8250141.
- [3] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [4] A. Ma'Arif, H. Nabila, Iswanto, and O. Wahyunggoro, "Application of Intelligent Search Algorithms in Proportional-Integral-Derivative Control of Direct-Current Motor System," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1373, no. 1.
- [5] M. Kamaludin and W. S. Aji, "Manuver Robot Manual Menggunakan PID pada Robot Manual KRAI 2018," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 3, p. 91, 2019.

- [6] A. Maarif, S. Iskandar, and I. Iswanto, "New Design of Line Maze Solving Robot with Speed Controller and Short Path Finder Algorithm," *International Review of Automatic Control (IREACO)*, vol. 12, no. 3, p. 154, 2019.
- [7] M. D. Dzulfiqar and N. S. Widodo, "Implementasi PID Navigasi Pelacakan Titik Api dengan Sensor Flame Array pada Robot Hexapod untuk Kontes Robot Pemadam Api Indonesia," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 3, p. 131, 2019.
- [8] Alfian, Maarif. "Perancangan Line Maze Solving Robot Dengan Algoritma Short Path Finder." *Skripsi Universitas Islam Indonesia*, 2014.
- [9] M. Ariyanto, "Sensor Fusion Menggunakan Accelerometer Rate Gyro (Arg) untuk Estimasi Sudut Euler pada Wahana Terbang," *ROTASI*, vol. 17, no. 2, pp. 84-92, Apr. 2015.
- [10] V. N. Febrianto, G. D. Nusantoro, E. Yudaningtyas, "Aplikasi Kontrol PID untuk Pengaturan Putaran Motor DC pada Alat Pengepres Adonan Roti (Screw Conveyor)," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, No. 2, 2014.

## BIOGRAFI PENULIS



### **Anggit Febriawan**

Mahasiswa program studi tekhn elektro, Universitas Ahmad Dahlan, yang telah menyelesaikan pendidikan di program studi tersebut.



### **Wahyu Sapto Aji**

Dosen program studi Teknik elektro Universitas Ahmad Dahlan.