

Self Balancing Robot Menggunakan Metode PID Berbasis Arduino

Tyastono Taufiq¹, Aswardi²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia

e-mail : tyastnt17@gmail.com

Abstrak

Perubahan teknologi robot telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi saat ini. Perkembangan teknologi robot telah meningkatkan kualitas maupun kuantitas manusia dari berbagai aspek. Robot juga telah menjangkau sisi aspek dalam kehidupan salah satunya transportasi jarak pendek tanpa polusi karena menggunakan sumber tenaga dari listrik contohnya robot beroda dua yang telah digunakan sebagai alat transportasi. Tulisan ini bertujuan merancang sebuah *self balancing robot* yang bekerja berdasarkan sudut kemiringan. *Self balancing robot* merupakan robot yang memiliki dua roda bertujuan dapat menyeimbangkan diri diatas permukaan bidang datar. Alat ini menggunakan MPU 6050 sebagai sensor untuk mendeteksi besar sudut dan menggunakan arduino sebagai pusat kontrol serta proses data. Pada alat ini menggunakan kontrol PID yang diharapkan mampu membuat robot menjadi seimbang dan bekerja seperti yang diinginkan. Perancangan pada alat ini akan menggunakan bahan dari akrilik sebanyak tiga tingkat dengan komponen dasar seperti *motor driver* L298N, baterai Lipo 3S, Arduino UNO, dan sensor MPU 6050. Besar nilai *set point* yang ditentukan pada alat ini yaitu $177,5^\circ$ dan nilai $K_p = 39$, $K_i = 200$, $K_d = 2,6$ serta didapatkan nilai *time settling* sebesar 4,5 s, *error steady state* sebesar 0,6%, *maksimum overshoot* sebesar 0,6% dan robot dapat bekerja menyeimbangkan diri dengan baik.

Abstract

Changes in robotic technology have made the quality of human life higher today. The development of robot technology has been able to improve the quality and quantity of humans from various aspects. Robots have also reached aspects of life, one of which is short-distance transportation without pollution because it uses an electric power source, for example, two-wheeled robots have been used as a means of transportation. This paper aims to design a self balancing robot that works based on the angle of inclination. Self balancing robot is a robot that has two wheels that aim to balance itself on a flat surface. This tool uses MPU 6050 as a sensor to detect the size of the angle and uses Arduino as a control center and data processor. This tool uses PID control which is expected to be able to make the robot balance and work as desired. The design of this tool will use three levels of acrylic material with basic components such as the L298N motor driver, Lipo 3S battery, Arduino UNO, and the MPU 6050 sensor. The set point value determined by this tool is 177.5° and the value of $K_p = 39$, $K_i = 200$, $K_d = 2.6$ and also the value of time settling 4,5 s, error steady state 0,6%, maximum overshoot 0,6% so that the robot can work to balance itself.

Info

Info Artikel

No. 195

Received. Desember 10, 2021

Revised. Desember 30, 2021

Accepted. January 18, 2022

Page. 15-24

Kata Kunci

- ✓ *Self Balancing Robot*
- ✓ Arduino
- ✓ PID
- ✓ *motor driver* L298N
- ✓ MPU 6050

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi robot telah menghasilkan kualitas hidup manusia semakin tinggi dan saat ini perkembangan teknologi robot telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas, hal ini dapat dilihat dari segi Produksi, Ilmu kedokteran, Pendidikan, Hiburan, dan Perlombaan serta berbagai aspek lainnya. [1]

Robot *self-balancing* (penyeimbang diri) ialah robot dengan 2 roda yang ditempatkan pada sisi kanan serta sisi kirinya. Robot tidak akan seimbang apabila tidak adanya kontrol yang baik. Meletakkan pendulum terbalik (*inverted pendulum*) diatas kereta beroda adalah ide dasar robot ini. Nama alat transportasi yang telah menggunakan sistem ini adalah *Segway*. [2]

Pada kenyataannya banyak robot *self balancing* yang telah diciptakan tetapi tanpa menggunakan metode kontrol yang baik. Beberapa penelitian juga telah menggunakan metode kontrol yang lain, seperti *complementary filter*, *low pass filter*, dan kalman filter. Pada penelitian ini, robot akan ditambahkan metode kontrol menggunakan PID. Sistem kerja robot ini dapat diaplikasikan menjadi alat transportasi seperti *scooter*, *Segway*, dan lain-lain.

Tujuan penulisan ini yaitu untuk merancang *self balancing robot* agar dapat menyeimbangkan diri dengan menggunakan kontrol PID. Semua proses dalam alat ini dikontrol oleh mikrokontroler Arduino UNO dan baterai Lipo 3S 12 volt DC sebagai sumber tegangan utama. Kelebihan alat ini adalah menggunakan kontrol PID pada perancangan kontrol dan menggunakan sensor MPU 6050 sebagai sensor.

Adapun manfaat dari pembuatan dari alat ini adalah agar mengetahui cara menyeimbangkan robot *self balancing* beroda dua serta mampu mengetahui cara kerja PID dalam menyeimbangkan robot.

2. DASAR TEORI

Robot

Robot adalah peralatan manipulator yang dapat diprogram. Kata robot berawal digunakan di New York pada Oktober tahun 1922 pada suatu acara theater yang bertajuk RUR (Rossum's Universal Robots) yang ditulis Karel Caper. Kata robot diambil dari "*robota*" yang mempunyai definisi kerja. Konsep dari robot adalah robot dapat diandalkan selaku tiruan manusia. Sehingga suatu robot bisa diartikan sebagai alat yang mampu diprogram serta diprogram kembali, dengan memiliki penggerak yang diciptakan agar bisa memonitoring ataupun menirukan kegiatan manusia, komponen – komponen dengan bermacam program yang fleksibel ataupun mudah disesuaikan untuk melakukan berbagai macam tugas.

Walaupun banyak terdapat beberapa arti robot namun tidak ditemukan definisi dan arti standar tentang robot yang telah dijelaskan. Tetapi terdapat empat ciri utama yang harus dimiliki oleh setiap robot modern. Ciri utama tersebut ialah memiliki sensor, kontrol, aktuator, serta sumber (*power*).

Self Balancing Robot

Robot self balancing adalah inovasi dari pendulum terbalik yang diletakkan diatas gerobak beroda. Ide dasarnya agar dapat menghasilkan robot beroda dua yang seimbang yaitu dengan mengontrol laju roda searah dengan arah jatuhnya bagian atas robot. Jika hal itu dapat tercapai maka robot tersebut dapat berdiri seimbang. *Self balancing robot* dapat diimplementasikan sebagai sebuah kendaraan yang bernama Segway yang dapat terlihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Segway

Mikrokontroler Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler dengan ATmega328. Papan ini mempunyai 14 pin masukan digital atau keluaran pin yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai keluaran *PWM*, 6 pin masukan *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, jack listrik, koneksi USB dan juga tombol reset. Pin-pin tersebut berguna untuk mendukung mikrokontroler, dan harus terhubung ke komputer menggunakan kabel USB dan sumber tegangan hanya akan diperoleh dari adaptor AC-DC ataupun baterai. Telihat pada Gambar 2 dibawah adalah tampilan fisik dari Arduino UNO.

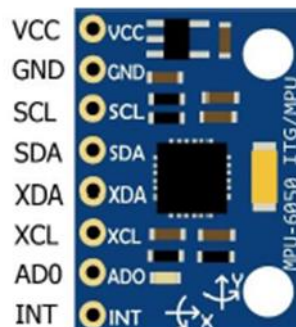


Gambar 2. Arduino Uno

Ketika memakai Arduino kita juga banyak mendapat banyak keuntungan karena sifatnya yang *open source*, jadi dengan sifat tersebut kita tidak hanya tergantung menggunakan satu merk komponen, tetapi memungkinkan dapat menggunakan semua komponen yang terjual di pasaran. Bahasa C yang telah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya adalah bahasa yang digunakan Arduino dalam memprogram sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

Sensor MPU 6050

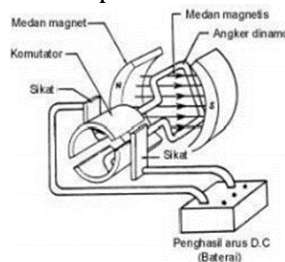
Sensor adalah alat yang berfungsi untuk mengubah suatu besaran fisik, seperti temperatur, gaya, tekanan, gas, kelembaban, dan lain-lain menjadi besaran listrik. Tujuan penggunaan sensor adalah untuk mendapatkan informasi mendalam mengenai kuantitas fisis besaran tersebut yang tidak dapat diperoleh oleh indera manusia karena keterbatasan dan kekurangtelitian yang dimiliki oleh manusia. MPU 6050 ialah gabungan antara sensor akselerometer dan giroskop walaupun masih terdapat sensor temperaturnya. Sensor ini memakai akses fitur I2c mikrokontroler. Terlihat pada Gambar 3 berikut ini tampilan MPU6050.



Gambar 3. MPU 6050

Motor DC

Motor DC (*direct current*) adalah perangkat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Michael Faraday mengenalkan konsep motor dc lebih dari seabad yang lalu. Motor dc ialah jenis motor listrik yang memakai sumber tegangan searah. Dengan memberikan beda tegangan antara kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut berubah atau berbalikk maka putaran motor juga akan berbalik. Beda besar tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. Terlihat pada Gambar 4 bagian bagian dari motor DC.

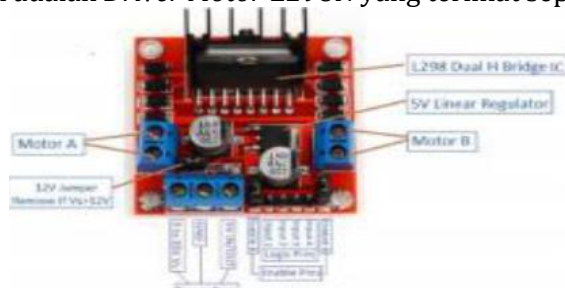


Gambar 4. Bagian motor DC

Driver Motor L298N

Driver motor DC berfungsi sebagai pengendali arah putaran pada motor DC. Driver motor juga berfungsi untuk menghasilkan putaran motor DC searah ataupun berlawanan dengan arah jarum jam dengan menggunakan *driver motor H-bridge*. Mikrokontroler akan mengeluarkan output ke rangkaian *driver*. Rangkaian *H-bridge* terdiri dari susunan transistor yang membentuk huruf H. Transistor berfungsi sebagai saklar yang memungkinkan motor bisa berputar searah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

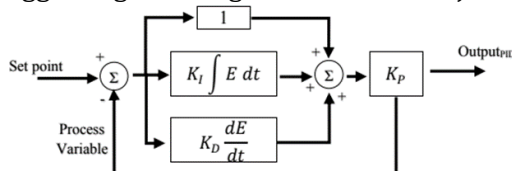
Arduino hanya dapat menghasilkan arus yang kecil maka dari itu *driver* motor dibutuhkan untuk menghasilkan arus yang sesuai sehingga dapat memenuhi kebutuhan motor DC, sehingga perlu *driver* motor untuk menyesuaikan tegangan dan arus yang dibutuhkan motor tersebut. Maka pada rancangan alat ini *driver* yang digunakan adalah *Driver Motor L298N* yang terlihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Fisik Diver Motor L298N

Kontrol PID

Dalam sistem kendali ada beberapa contoh kontrol, salah satunya yaitu kontrol proporsional, kontrol integral dan kontrol derivatif. Kendali tersebut memiliki keunggulan-keunggulan tertentu, diantaranya kontrol proporsional mempunyai kelebihan dalam *risetime* yang cepat, kontrol integral memiliki kelebihan untuk mengurangi *error*, dan kontrol derivatif memiliki kelebihan dalam mengurangi *error* atau meredam *overshot/undershot*. Integral atau Derivatif tidak bisa bekerja sendiri tanpa adanya kontrol P. Konfigurasi kontrol mungkin bergantung pada *plan* yang dibutuhkan yaitu seperti P, PI, PD, dan PID. Oleh karena itu untuk mampu memberikan *output* dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil, maka bisa menggabungkan ketiga kontrol ini menjadi aksi kontrol PID.



Gambar 6. Diagram Blok PID

Baterai

Baterai ialah proses elektrokimia yang terjadi suatu sel listrik dimana di dalamnya dapat berbalikan dengan efisiensinya yang tinggi. Maksudnya didalam baterai dapat terjadi proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai.

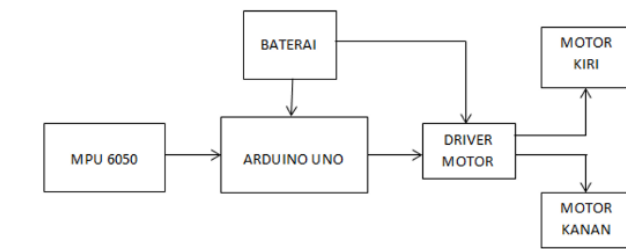
Terdapat dua jenis baterai yaitu baterai yang bisa dipakai sekali saja atau *single use* dan baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable*. Contoh dari baterai sekali pakai (*primer*) yaitu, baterai silver oxide, baterai alkaline (alkali), baterai zinc-carbon (seng-karbon), dan baterai lithium. Sedangkan contoh baterai isi ulang/*rechargeable* (sekunder) adalah Ni-Mh (metal), li-ion (lithium ion), Ni-Cd (nickel cadmium), li-poly (lithium polymer). Pada alat ini penulis memakai baterai Li-Po (Lithium Polymer) 3S yang dapat terlihat pada Gambar 7 sebagai sumber utama catu daya.



Gambar 7. Baterai Lipo

3. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan dalam perancangan alat ini adalah percobaan atau eksperimen. Berikut blok diagram alat yang akan dirancang :



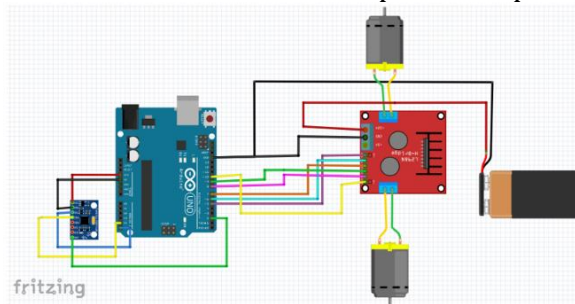
Gambar 8. Blok Diagram Alat

Berdasarkan blok diagram pada gambar diatas, sistem kontrol yang digunakan pada pengontrolan *self balancing robot* dengan sistem kontrol *loop tertutup*. Prinsip kerja robot *self balancing* adalah robot akan mencoba berupaya untuk menyeimbangkan keadaannya dirinua sesuai sudut yang terbaca pada sensor kemiringan yang diterima, lalu robot akan merespon dengan cara bergerak mundur atau maju untuk mendapatkan titik keseimbangan seseuai dengan *setpoint*.

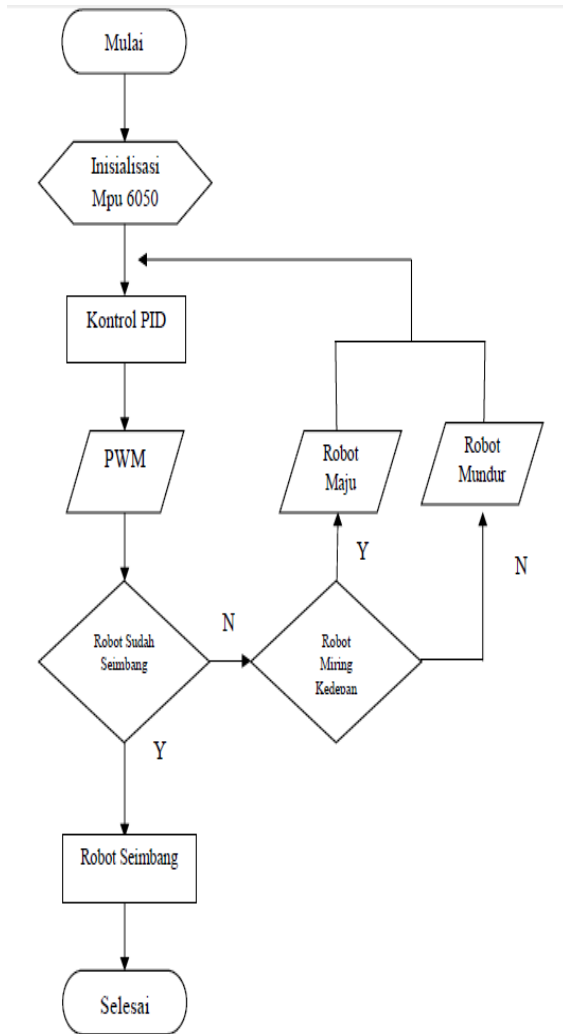
Robot memakai sistem minimum Atmega328 sebagai pusat kendali robot, Atmega328 bekerja dengan baik dalam melakukan program robot secara keseluruhan. Robot ini memakai sensor kemiringan yaitu sensor MPU 6050 yang terdapat sensor giroskop dan akselerometer yang berfungsi sebagai sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan dan sudut kemiringan suatu benda.

Berdasarkan blok diagram dapat dideskripsikan tugas akhir self balancing robot disuplai oleh baterai lipo dengan tegangan 12 volt sebagai sumber utama untuk keseluruhan sistem. Baterai ini akan menyuplai tegangan menuju modul *driver*, mikrokontroler, dan modul MPU 6050.

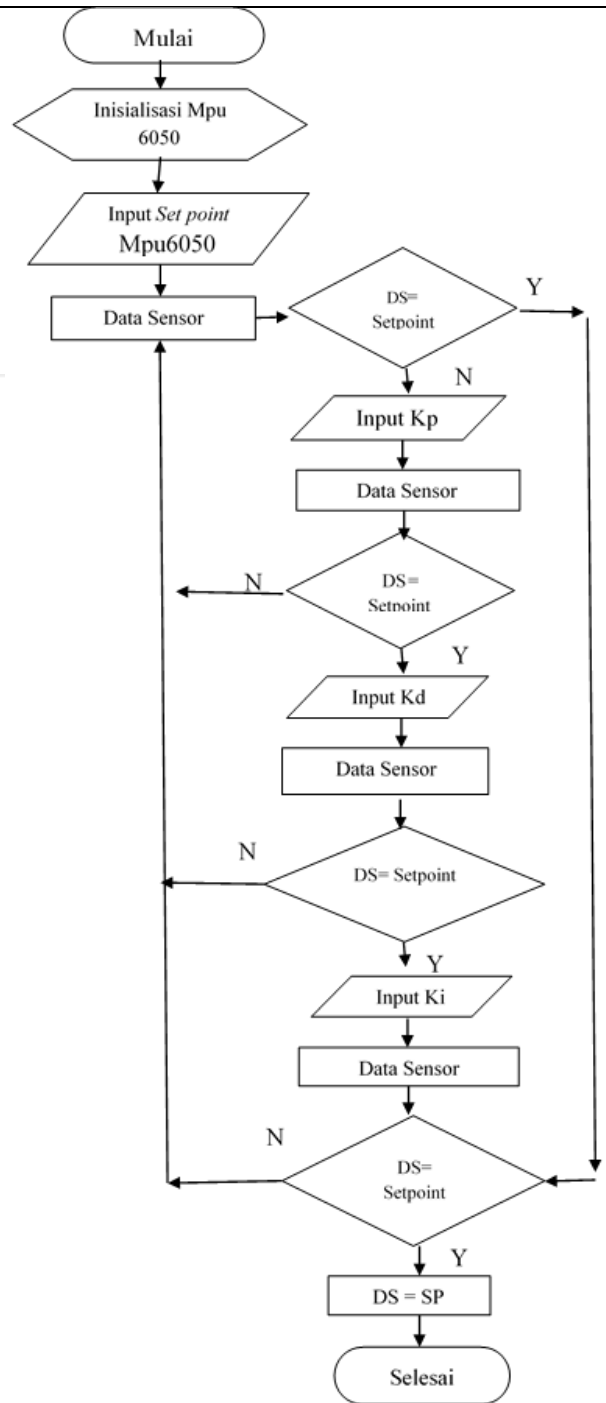
Mikokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pusat pengontrolan sistem utama. Arduino akan menerima masukan dari *driver motor* L298N dan sensor MPU 6050. Sensor MPU 6050 akan berfungsi sebagai sensor utama untuk mengukur besar sudut yang terjadi pada robot. Sensor akan menerima tegangan masukan sebesar 3,3 volt DC yang berasal dari Arduino. *Driver motor* L298N berfungsi sebagai kontrol 2 buah motor DC pada robot. *Driver motor* mendapat tegangan masukan dari baterai sebesar 12 volt DC dan masukan input sinyal dari Arduino sebesar 5 volt DC. Kontrol PID akan menjadi kontrol close loop pada robot. Parameter akan diatur untuk menghasilkan robot yang seimbang dan dapat berdiri tegak lurus dengan bidang datar. Motor DC berfungsi sebagai aktuator yang akan dikontrol oleh *driver motor* L298N, pada alat ini motor mendapat suplai tegangan sebesar 8,8 Volt DC dari *driver*. Adapun gambar rangkaian keseluruhan alat serta flowchart dapat dilihat pada gambar 9, 10, dan 11.



Gambar 9. Rangkaian Keseluruhan Alat



Gambar 10. Flowchart Alat



Gambar 11. Flowchart Program

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

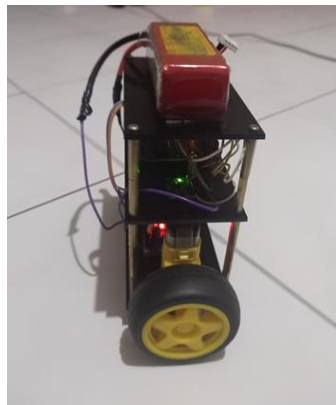
Telah dilakukan beberapa pengujian serta percobaan pada alat. Pengujian serta percobaan alat dilakukan untuk mencoba kinerja dari sistem dan alat yang sudah dibuat secara *Software* maupun *Hardware*. Adapun uraian hasil dari sistem yang telah dilakukan dapat kita lihat di bawah ini :



Gambar 12. Tampilan Robot Tampak Depan



Gambar 13. Tampilan Robot Tampak Belakang



Gambar 14. Tampilan Robot Tampak Samping

Untuk menentukan nilai parameter PID pada robot menggunakan metode *manual tuning trial and error*, pertama masukkan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d menjadi nol, lalu sesuaikan nilai K_p . Jika nilai K_p terlalu kecil, robot akan mudah terjatuh disebabkan kurangnya koreksi, K_p yang berlebihan juga akan menyebabkan robot bergerak tidak terkontrol. Nilai K_p baik akan membuat robot bergerak bolak-balik tetapi dapat berdiri. Sesudah nilai K_p ditetapkan, atur nilai K_d . Nilai K_d yang baik akan menyebabkan osilasi berkurang sampai robot berdiri stabil. Nilai K_d yang tepat akan menyebabkan robot dapat berdiri dan berjalan meski masih akan terjatuh. Terakhir atur nilai parameter K_i . Meskipun K_p dan K_d telah ditetapkan, robot akan berosilasi saat dinyalakan dan akan stabil pada waktunya. Nilai K_i yang benar akan mempersingkat waktu robot untuk dapat menyeimbangkan diri.

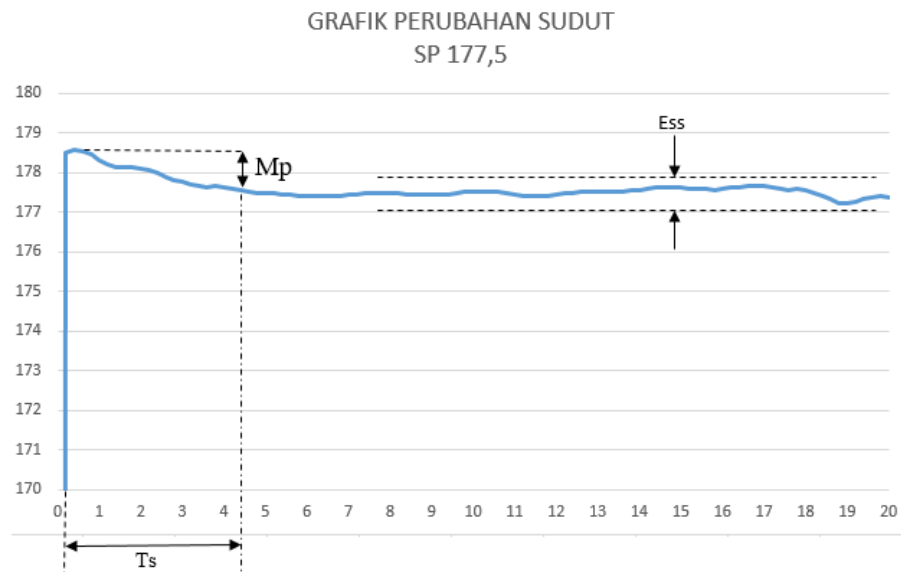
Tabel 1. Hasil Pengujian Respon Robot Terhadap Kp Ki serta Kd Berbeda

| Set point | Kp | Ki | Kd | Respon |
|-----------|----|-----|-----|--|
| 177,5 | 0 | 0 | 0 | Robot tidak bergerak |
| 177,5 | 10 | 10 | 0,5 | Robot bergerak bolak-balik secara liar dan belum dapat berdiri seimbang |
| 177,5 | 20 | 50 | 1 | Robot bergerak bolak-balik tidak terkontrol, bisa berdiri tetapi masih jatuh |
| 177,5 | 30 | 100 | 1,5 | Robot bergerak bolak-balik tidak terkontrol dan masih jatuh |
| 177,5 | 39 | 200 | 2,6 | Robot seimbang dan dapat menyeimbangkan diri |
| 177,5 | 40 | 150 | 2,5 | Robot dapat berdiri seimbang akan tetapi terus bergerak |



Gambar 15. Robot dalam keadaan seimbang

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 didapatkan nilai pengujian *tunning* parameter PID yaitu Kp = 39, Ki = 200 dan Kd = 2,6. Nilai tersebut merupakan parameter yang baik untuk membuat robot berhasil berdiri seimbang dan berikut ini adalah nilai grafik perubahan sudut pada saat robot bergerak seimbang dapat terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Perubahan Sudut Robot Pada Saat Seimbang

Dari keterangan gambar di atas didapatkan besar nilai *time settling* atau T_s , *error steady state* atau Ess dan maksimum *overshoot* atau M_p dengan perhitungannya.

- Time settling* (T_s) adalah waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap pada daerah setpoint yang telah ditentukan sebelumnya. Pada *set point* $177,5^0$ didapatkan *settling time* 4,5 s
- Error steady state* (Ess) yaitu selisih antara nilai keluaran dengan nilai masukan saat keadaan *steady state*.

$$Ess = \frac{(178-177)}{177,5} \times 100\% = 0,6\%$$

- Maksimum Overshoot* (M_p) adalah nilai tertinggi dari kurva respon. Nilai kurva tertinggi yang didapat adalah $178,5^0$.

$$M_p = \frac{(178,5-177,5)}{177,5} \times 100\% = 0,6\%$$

5. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dan pengujian penelitian terhadap robot *self-balancing* yang sudah dibuat dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : robot ini tidak stabil ketika dikendalikan oleh karena itu tanpa adanya sistem kontrol, robot tidak dapat bekerja dengan baik, lalu nilai parameter PID dengan $K_p = 39$, $K_i = 200$ dan $K_d = 2,6$ yang diterapkan pada robot menghasilkan sistem kendali robot bekerja dengan baik serta mampu menjalankan robot agar tetap seimbang dan robot dapat menyeimbangkan diri dengan baik dengan kemiringan sudut atau *setpoint* sebesar $177,5^0$ terhadap bidang datar saat robot dinyalakan. Dan dari setpoint yang ditentukan didapatkan nilai *time settling* sebesar 4,5 s, *error steady state* sebesar 0,6% dan *maksimum overshoot* sebesar 0,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Maa, M., Rahmawaty, M., & Ketaren, L. P. *Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metoda Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif*. Jurnal Elektro dan Mesin Terapan, 2(1), 34-42. 2016.
- Laksana, Andra. *Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral*. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Skripsi. 2012.
- Mahendra, C. D. *Penerapan Sistem Penyeimbang Otomatis Pada Mini Segway Roda Dua* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). 2017.

-
- [4] Bobby, G., Susanto, E., & Suratman, F. Y. *Perancangan Dan Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler*. eProceedings of Engineering, 2(3). 2015.
- [5] Pratama, A., & Hernawan, A. *Implementasi Pid Controller Pada Self Balancing Robot* (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta). 2019.
- [6] PUTRA, R. P. *Sistem Kerja Sensor Tgs Pada Robot Lokalisasi Gas* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya). 2017.
- [7] Arief, K. *Algoritma Menghadang Bola dengan Metode Fuzzy Logic untuk Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda* (Doctoral dissertation, Sepuluh Nopember Institute of Technology). 2018.
- [8] Apsari, T. *Perancangan Robot Vision Menggunakan Opencv Berbasis Raspberry Pi B+* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya). 2015.
- [9] Zahrah, E. A. *Analisa Kontroler Linear Quadratic Regulator (LQR) pada Sistem Rotary Inverted Pendulum* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas). 2019.
- [10] Yoski, M. S., & Mukhaiyar, R. *Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor Ultrasonik*. JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 1(2), 158-161. 2020.
- [11] Bimarta, R., Putra, A. E., & Dharmawan, A. *Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif*. IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems), 5(1), 89-98. 2015.
- [12] Anggoro, B., & Munadi, D. *Desain Pemodelan Kinematik dan Dinamik Humanoid Robot* (Doctoral dissertation, Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University). 2013.
- [13] Olam, Y. B., Setiaji, F. D., & Susilo, D. *Implementasi Headset NeuroSky MindWave Mobile untuk Mengendalikan Robot Beroda secara Nirkabel*. Techn Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 13(02), 173-183. 2014.
- [14] Pamungkas, A. P. *Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino*. Fakultas Teknik Elektro 2011.
- [15] Ali, M. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID Dengan Software Matlab*. Jurnal Edukasi Elektro, 1(1), 1-8 2004.
- [16] Aswardi, M. Y., & Yanto, D. T. *Teknik Elektronika Daya*. Indonesia: IRDH Book Publisher. 2020.