

# Robot Keseimbangan (*Balancing Robot*)

Muh. Alfian Nauval<sup>1</sup>, Abd. Khaliq Sangga<sup>2</sup>, Astriana Arifai<sup>3</sup>, Muhammad Nur. S. Kom, M.T<sup>4</sup>, Ishak S.ST<sup>5</sup>

*Abstract—The two-wheeled balancing robot is a robot that has a working principle such as an inverted pendulum that maintains the robot's balance at an angle of 0° and is perpendicular to the plane. To control the balancing robot balance using a microcontroller by adjusting the speed and direction of rotation of the motor. Two-wheeled robot balancing uses and gyroscope sensors to detect the tilt and angular velocity of the robot's body when it will fall. For driving the robot using a DC motor. Two-wheeled balancing robot is able to maintain the robot's position in a balanced condition.*

**Abstrak—Robot keseimbangan beroda dua merupakan suatu robot yang memiliki prinsip kerja seperti pendulum terbalik yang mempertahankan keseimbangan robot pada sudut 0° dan tegak lurus terhadap bidang datar. Untuk kontrol robot keseimbangan menggunakan Mikrokontroler dengan mengatur kecepatan dan arah putaran motor. Robot keseimbangan beroda dua menggunakan sensor gyroscope untuk mendeteksi kemiringan dan kecepatan sudut badan robot ketika akan terjatuh. Untuk penggerak robot menggunakan motor DC. Robot keseimbangan beroda dua mampu mempertahankan posisi robot pada kondisi seimbang.**

**Kata Kunci—Balancing Robot, Gyroscope, Proporsional Integral Derivatif (PID).**

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas berbagai industri. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor dan metode control yang juga memberikan kecerdasan buatan pada robot tersebut. Salah satunya adalah self balancing robot.

Self balancing robot (robot penyeimbang) merupakan suatu robot yang memiliki dua buah roda di sisi kanan dan di sisi kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler yang digunakan. Self Balancing robot ini merupakan pengembangan dari model pendulum terbalik (inverted pendulum) yang diletakkan di atas beroda. Menyeimbangkan robot beroda dua memerlukan suatu perangkat hardware yang baik dan metode kontrol yang handal untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap bidang datar.

Masalah yang didapatkan dalam pembuatan self balancing robot ialah merealisasikan kontrol PID dan sensor gyroscope pada sistem robot menggunakan arduino uno, sehingga robot ini dapat mempertahankan posisinya tegak lurus dengan seimbang terhadap bidang datar.

Maka dari itu kami akan membuat robot balance yang menggunakan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) sebagai kontroler yang dapat menciptakan kontrol sesuai dengan yang diharapkan. Penentuan pada metode kontrol PID ini karena dengan menggunakan PID tersebut keluaran dari sistem dapat menentukan besarnya kecepatan dan arah putar motor yang dapat menjaga kestabilan robot yang dibuat. Pada proyek awal ini digunakan Arduino uno, sensor gyroscope dan motor drive module yang akan mengendalikan motor DC.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Road Map

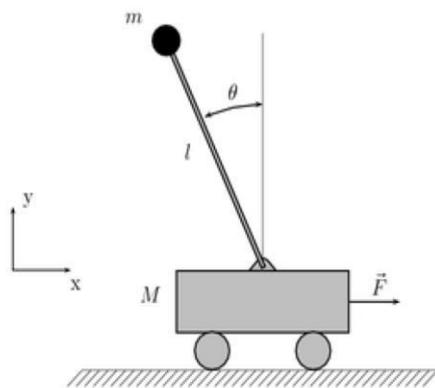
- Pada penelitian (Lio Prisko Ketaren, 2015) yang berjudul "Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif" Untuk kontrol keseimbangan balancing robot menggunakan metode kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) dengan mengatur kecepatan dan arah putaran motor. Balancing robot beroda dua menggunakan sensor accelerometer untuk mendeteksi kemiringan serta sensor gyroscope untuk mendeteksi kecepatan sudut badan robot ketika akan terjatuh. Dari hasil pengujian nilai PID yang paling ideal yaitu Kp: 8.0 Ki: 7.8 dan Kd 2.0
- Pada penelitian (Grace Bobby, 2015) yang berjudul "Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler" Pada penelitian ini Fuzzy Logic akan digunakan sebagai pengontrol robot keseimbangan ini. Pada sistem ini digunakan dua sensor (accelerometer dan gyroscope) untuk mendapatkan pembacaan data yang stabil dan handal. Dari hasil percobaan kalman filter, diperoleh nilai parameter kalman filter yang optimal adalah Qaccelerometer = 0,001, Qgyroscope = 0,003 dan Rpengukuran = 0,03.
- Pada penelitian (Raranda, 2017) yang berjudul "Implementasi Kontroler Pid Pada Two Wheels Self Balancing Robot Berbasis Arduino Uno" Penelitian ini digunakan untuk mendesain sistem kendali yang dapat menyeimbangkan self balancing robot. Sistem ini menggunakan input dari sensor IMU (Inertial Measurement Unit). Output dari sensor tersebut berupa sudut yang dikirim ke Arduino UNO. Sudut yang didapat dibandingkan dengan nilai setpoint yang nilainya 0 derajat. Nilai selisih dari setpoint dan sudut keluaran sistem dikontrol menggunakan kendali PID. Proses kendali ini diprogram pada software Arduino IDE yang hasilnya dikirim ke motor DC untuk mengatur arah putaran motor DC untuk menyeimbangkan body robot. Dari hasil pengujian diperoleh nilai parameter kontroler PID yang akan digunakan dari tuning nilai Kc dengan metode Ziegler-Nichols adalah Kp = 70, Ki = 466.67 dan Kd = 2.625 dapat mengatasi keseimbangan pada self balancing robot mendekati nilai setpoint. Dengan nilai time response kurang dari 1.5 second saat diberikan gangguan.

Pada penelitian yang saya buat jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian diatas memiliki kelebihan yaitu balancing robot ini memiliki tambahan komponen display berupa lcd oled untuk menampilkan sebuah teks.

## B. Landasan Teori

Robot keseimbangan (*balancing robot*) beroda dua merupakan suatu robot mobile yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. Robot keseimbangan (*balancing robot*) ini merupakan pengembangan dari model pendulum terbalik (*Inverted Pendulum*).

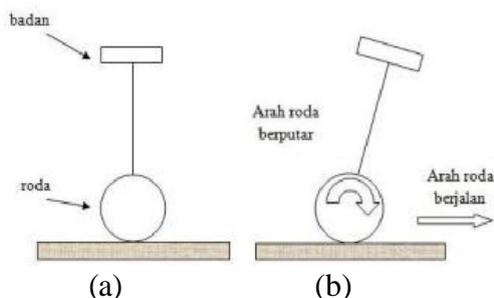
Pendulum terbalik adalah pendulum yang terengsel ke kereta beroda yang dapat bergerak maju dan mundur pada bidang horisontal di sepanjang lintasan. Penerapan konsep pendulum terbalik dalam dunia robotika bisa dilihat pada robot keseimbangan, yaitu robot dengan dua roda yang roda tersebut diasumsikan sebagai kereta beroda dan badan robot diasumsikan sebagai pendulum. Sistem ini tidak stabil karena ketika kereta beroda diberi gangguan dari luar maka pendulum akan jatuh. Ketika pendulum atau *balancing robot*, mempertahankan agar pendulum tidak terjatuh dibutuhkan sebuah kendali suatu kendali khusus.



Gambar 1 Pendulum Terbalik

Dalam keadaan diam, pendulum terbalik yang diatur agar pada keadaan awal yang tegak, akan mulai membentuk sudut  $\theta$  dan lama kelamaan akan jatuh karena adanya gaya gravitasi. Untuk mempertahankan posisi pendulum pada suatu titik, dipertahankan diperlukan sebuah gaya yang dapat menahan pergerakan pendulum. Cara menghasilkan gaya tersebut adalah dengan membuat kereta tersebut maju ke arah dengan arah kemana pendulum tersebut condong / akan jatuh.

Kendali yang baik akan membuat pendulum tetap seimbang dengan cara mengendalikan pergerakan poros putar atau kereta beroda dimana pendulum tersebut terpasang. Dasar untuk membuat robot beroda dua dapat seimbang adalah dengan cara mengendalikan roda searah dengan arah jatuhnya bagian atas robot tersebut. Apabila proses tersebut dapat terlaksana maka robot tersebut dapat seimbang.



Gambar 2 Prinsip Kerja *Balancing Robot*

Saat *balancing robot* beroda dua condong kedepan atau miring kekiri seperti gambar, maka tindakan yang perlu

dilakukan adalah motor bergerak searah dengan arah kemiringan yang terjadi, sehingga robot akan kembali tegak lurus dengan permukaan bidang datar.

### 1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.

Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.

Nama "Uno" berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya, lihat indeks board Arduino.



Gambar 3 Arduino Uno

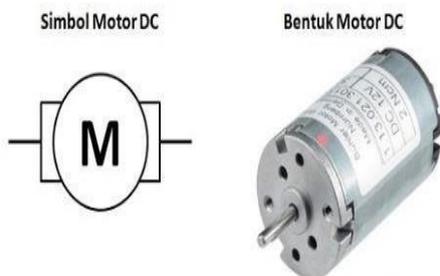
### 2. Motor DC

Motor listrik DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (motion). Motor DC ini juga bisa disebut dengan motor arus searah. Seperti namanya, DC motor mempunyai dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk bisa menggerakannya. Pada motor listrik ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator ponsel, kipas DC dan Bor listrik DC.

Pada motor listrik DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya di sebut dengan istilah RPM dan bisa dibuat berputar searah atau berlawanan arah dengan jarum jam apabila polaritas pada motor DC di ubah arusnya. Kebanyakan motor listrik DC memberikan kecepatan rotasi berkisar 3000 RPM hingga 8000 RPM dengan tegangan operasional dari 1.5 Volt hingga 24 Volt. Jika tegangan yang diberikan ke motor listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya, maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut, Begitu juga sebaliknya.

Jika tegangan yang diberikan ke motor listrik DC lebih tinggi dari tegangan operasionalnya, maka akan mempercepat rotasi motor DC tersebut. Ketika motor DC berputar tanpa beban, hanya sedikit arus listrik yang digunakan, namun pada saat diberikan dengan jumlah arus yang digunakan akan meningkat hingga ratusan persen bahkan hingga 1000% atau lebih (tegangan jenis yang diberikan). Oleh karena itu,

produsen motor DC biasanya akan mencantumkan *Stall Current* pada motor DC. *Stall Current* adalah arus pada saat poros dari motor DC berhenti karena mengalami beban maksimal.



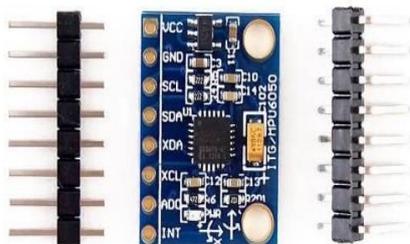
Gambar 4 Motor DC

### 3. Sensor Gyroscope

*Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut, alat ini bekerja sama dengan *accelerometer*.

Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Alat ini sering digunakan pada robot atau drone serta alat-alat canggih lainnya. Pada *gyroscope* terdapat *gyro sensor* untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. *Gyro sensor* sendiri memiliki fungsi untuk mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna.

Sebelum digunakan, *gyro sensor* harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan bandul. Proses kalibrasi tersebut berfungsi untuk memperoleh nilai faktor kalibrasi. *Gyroscope* memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu, sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (kanan dan kiri) dari sumbu y nantinya menjadi sudut *theta* (atas dan bawah), dan sumbu z nantinya menjadi sudut psi (depan dan belakang).



Gambar 5 Sensor Gyroscope

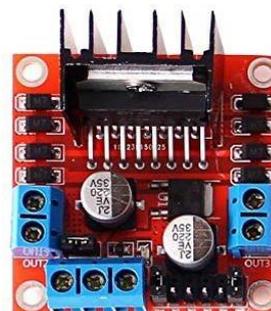
### 4. Driver Motor

*Driver motor* adalah rangkaian dari beberapa transistor yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan motor DC dengan 2 arah. 2 arah yang dimaksud adalah arah maju dan mundur. Bahkan jika menggunakan sinyal PWM maka sobat bisa mengatur kecepatan putaran motor.

Rangkaian *driver motor* biasanya disusun dari 4 buah transistor dengan bentuk *H-bridge*. Rangkaian *H-bridge* transistor adalah rangkaian dari beberapa transistor yang disusun sedemikian rupa sehingga bisa digunakan untuk menggerakkan motor dengan dua arah. Dengan *H-bridge* transistor putaran motor bisa diatur searah jarum jam atau berlawanan jarum jam (maju atau mundur). Perintah yang digunakan untuk mengendalikan putaran bisa dengan

menggunakan logika 1 dan 0 atau bisa juga dengan sinyal PWM.

Untuk membuat driver motor dc dengan rangkaian *H-bridge* transistor komponen yang diperlukan sangatlah simpel hanya dengan 4 buah transistor, 4 buah dioda, dan 4 buah resistor.



Gambar 6 Driver Motor

### 5. Lcd Oled

*Organic Light-Emitting Diode* (OLED) atau diode cahaya organik adalah sebuah semikonduktor sebagai pemancar cahaya yang terbuat dari lapisan organik. oled digunakan dalam teknologi elektroluminensi, seperti pada aplikasi tampilan layar atau sensor. Teknologi ini terkenal fleksibel dengan ketipisannya yang mencapai kurang dari 1 mm. oled merupakan peranti penting dalam teknologi elektroluminensi. Teknologi tersebut memiliki dasar konsep pancaran cahaya yang dihasilkan oleh peranti akibat adanya medan listrik yang diberikan. Teknologi oled dikembangkan untuk memperoleh tampilan yang luas, fleksibel, murah dan dapat digunakan sebagai layar yang efisien untuk berbagai keperluan layar tampilan.

Jumlah warna dari cahaya yang dipancarkan oleh peranti oled berkembang dari satu warna menjadi multi-warna. Fenomena ini diperoleh dengan membuat variasi tegangan listrik yang diberikan kepada peranti oled sehingga peranti tersebut memiliki prospek untuk menjadi peranti alternatif seperti teknologi tampilan layar datar berdasarkan kristal cair.



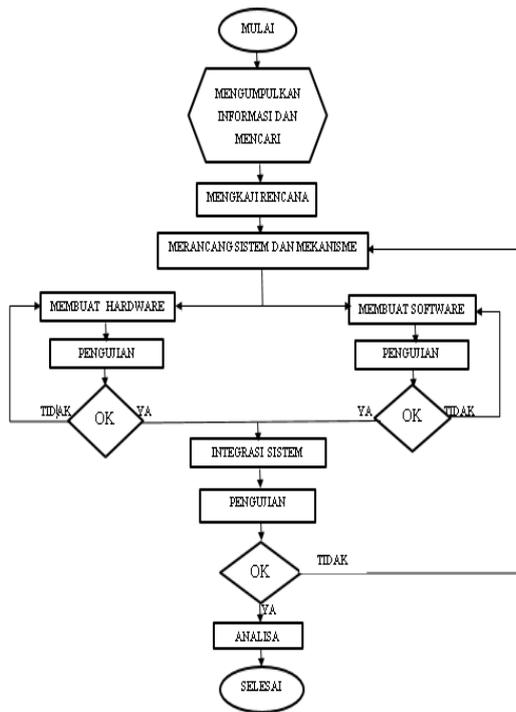
Gambar 7 Lcd Oled

Bagian ini berisi teori-teori yang yang relevan dengan konsep penelitian, kajian literatur yang dijadikan sebagai penunjang konsep penelitian. Kajian literatur tidak terbatas pada teori saja, tetapi juga bukti-bukti empiris. Hipotesis peneltiian (jika ada) harus dibangun dari konsep teori dan didukung oleh kajian empiris (penelitian sebelumnya).

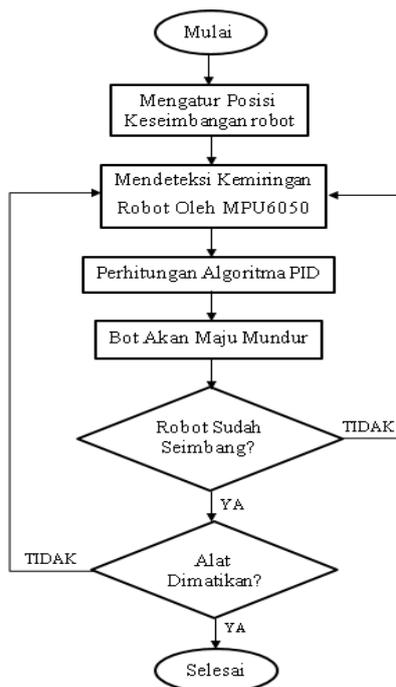
## III. METODE PENELITIAN

### A. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan usaha untuk menemukan, mengembangkan suatu penelitian dengan diagram alir sebagai berikut :



Flowchar Pembuatan Alat



Flowchar Sistem Kerja Robot *Balancing*

B. Diagram Block

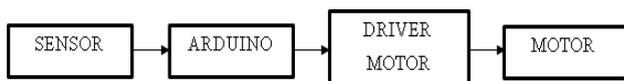


Diagram Block

Diagram blok merupakan salah satu bagian dari perancangan dan pembuatan proyek awal ini, karena diagram blok ini kita dapat memahami prinsip kerja yang dibuat ini.

C. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar dibawah, dimana sudut sebagai *input* dan gaya dorong (*t*) sebagai *output*. Gambar tersebut menggunakan sistem kendali loop tertutup. Sistem kendali loop tertutup adalah identik dengan sistem kontrol umpan balik, dimana nilai dari keluaran akan ikut mempengaruhi pada aksi kontrolnya.

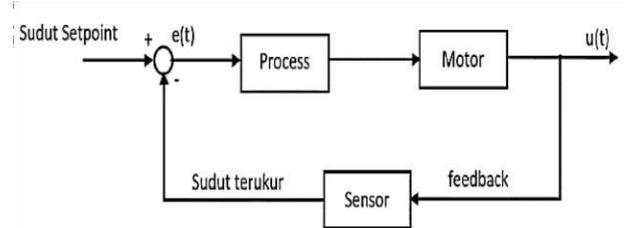
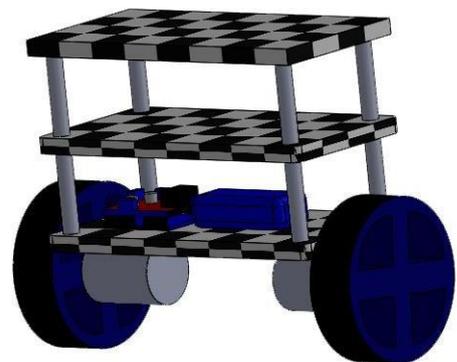


Diagram Blok Sistem Kendali Loop Tertutup

IV. PEMBAHASAN

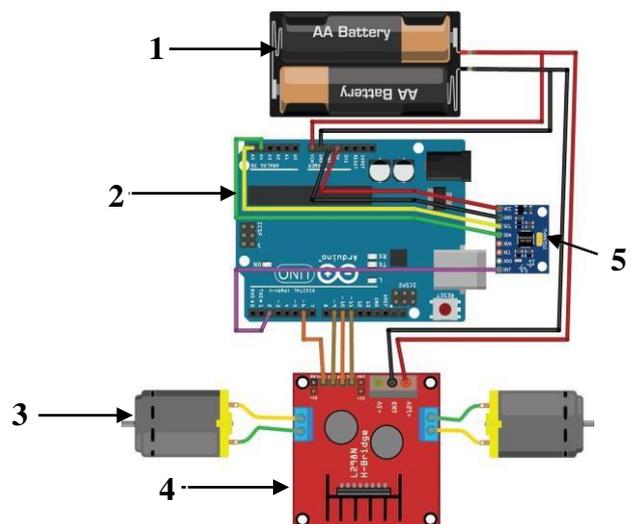
A. Perancangan Alat

- Perancangan Sistem Mekanik



Gambar 8 Rancangan Mekanik

- Perancangan Rangkaian Elektronik



Gambar 9 Rancangan Elektronik

Keterangan :

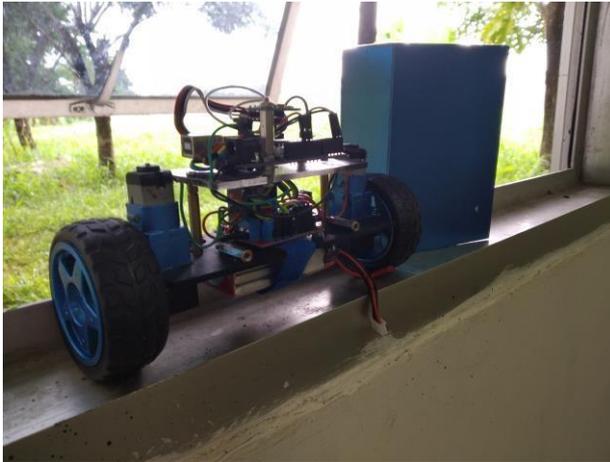
1. Battery 11v
2. Arduino Uno
3. Motor DC
4. Driver Motor
5. Sensor Gyroscope

#### B. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Adapun software yang digunakan dalam pembuatan Projek Awal (PAW) ini, yaitu :

- CorelDraw : Digunakan untuk perancangan gambar penelitian.
- Microsoft Office Word 2010 : Digunakan untuk penyusunan jurnal dan proposal penelitian.
- Arduino ide : Digunakan untuk mempercepat dan mempermudah kita dalam pembuatan system control, baik bersifat automasi maupun instrumentasi.
- Solid Word : Digunakan untuk perancangan gambar mekanik penelitian

#### C. Hasil Karya Dan Sistem Kerja Alat



Gambar 10 Rancangan Hasil Karya



Gambar 11 Rancangan Hasil Karya

*Balancing robot* beroda dua merupakan suatu robot yang memiliki prinsip kerja seperti pendulum terbalik yang mempertahankan keseimbangan robot dan tegak lurus terhadap bidang datar yang merancang suatu sistem

pengendalian robot beroda dua agar dapat mempertahankan posisi dalam keadaan seimbang.

#### D. Hasil Pengujian

Proses kendali ini diprogram menggunakan Arduino IDE yang diumpankan ke motor DC untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor dan kemudian menentukan posisi keseimbangan robot. Selanjutnya, sensor akan bekerja mendeteksi sudut kemiringan robot agar tidak terjatuh baik dalam keadaan maju maupun mundur. Karena metode yang digunakan dalam menentukan set point nilai kemiringan sudut menggunakan metode manual tuning, maka nilai yang digunakan sebesar  $176^\circ$ .

Untuk menentukan nilai dari parameter tersebut, hal pertama yang dilakukan adalah dengan memasukkan nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  sama dengan nol, kemudian sesuaikan nilai  $k_p$ . Terlalu sedikit  $k_p$  akan membuat robot terjatuh (tidak cukup koreksi), terlalu banyak  $k_p$  yang akan membuat robot bolak-balik dengan liar.  $k_p$  yang cukup baik akan membuat robot sedikit bolak-balik. Setelah  $k_p$  diset, atur  $k_d$ . Nilai  $k_d$  yang bagus akan mengurangi osilasi sampai robot hampir stabil. Jumlah  $k_d$  yang tepat akan membuat robot bisa berdiri dan berjalan meski masih terjatuh.

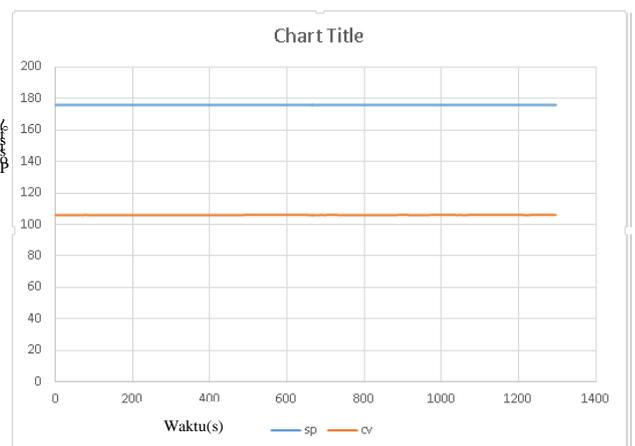
Terakhir, mengatur nilai parameter  $k_i$ . Robot akan berosilasi saat dinyalakan bahkan jika  $k_p$  dan  $k_d$  ditetapkan, namun akan stabil pada waktunya.

Nilai  $k_i$  yang tepat akan mempersingkat waktu yang dibutuhkan robot untuk dapat menyeimbangkan diri. Data hasil percobaan untuk menentukan nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  dapat dilihat pada grafik dibawah.

Berikut adalah grafik percobaan yang telah kami lakukan yang dimana kami memberikan nilai SetPoint  $176^\circ$  dan dilakukan pengujian dengan memberikan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang berbeda-beda untuk melihat respon pergerakan robot yang terjadi.

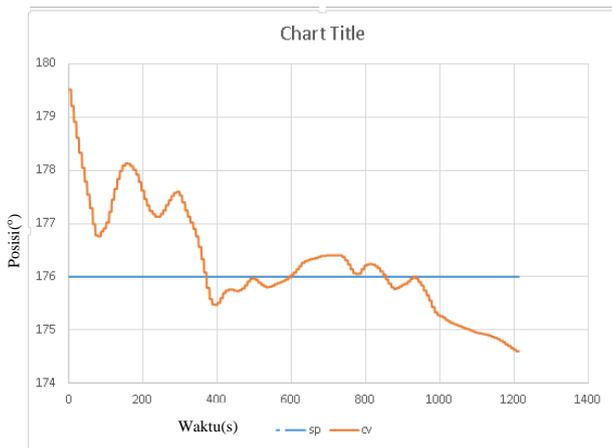
Sp = SetPoint

Cv = Input



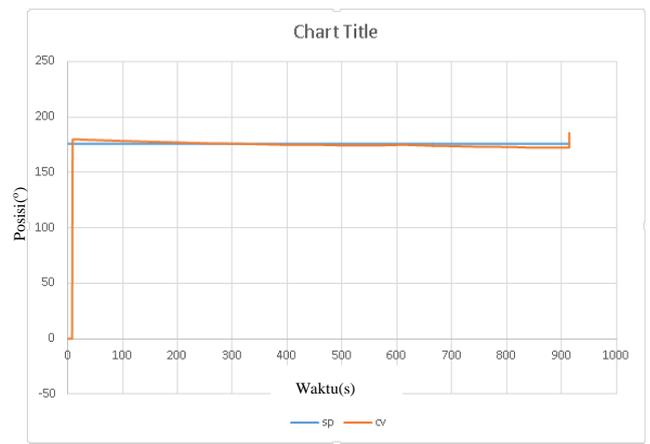
Gambar 12 Grafik Pada Saat ( $K_p=0, K_i=0, K_d=0$ )

Pada gambar 12 merupakan grafik hasil percobaan pertama yang dilakukan dimana nilai  $K_p=0, K_i=0, K_d=0$  yang hasilnya respon pada robot tidak dapat bergerak sama sekali.



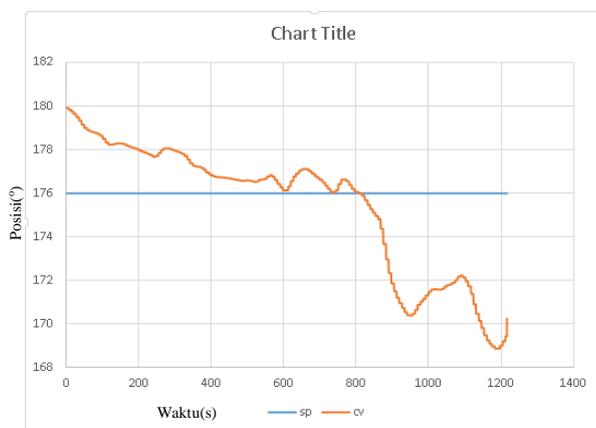
Gambar 13 Grafik Pada Saat ( $K_p=2, K_i=20, K_d=0$ )

Pada gambar 13 merupakan grafik hasil percobaan kedua yang dilakukan dimana nilai  $K_p=2, K_i=20, K_d=0$  yang hasilnya respon pada robot belum dapat berdiri seimbang dan bergerak bolak-balik secara liar.



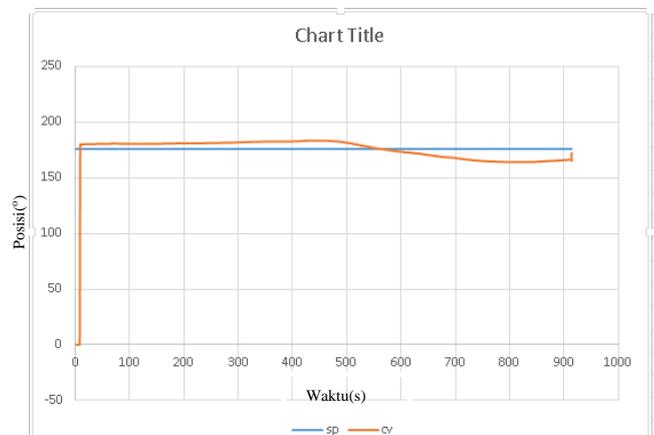
Gambar 16 Grafik Pada Saat ( $K_p=7, K_i=60, K_d=0.4$ )

Pada gambar 16 merupakan grafik hasil percobaan kelima yang dilakukan dimana nilai  $K_p=7, K_i=60, K_d=0.4$  yang hasilnya respon robot dapat berdiri seimbang dengan mulus.



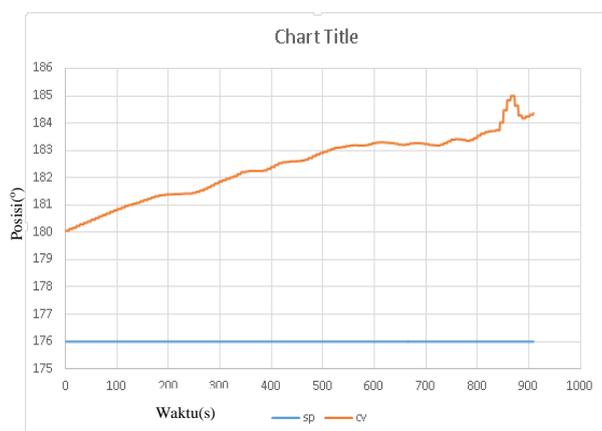
Gambar 14 Grafik Pada Saat ( $K_p=4, K_i=40, K_d=0.1$ )

Pada gambar 14 merupakan grafik hasil percobaan ketiga yang dilakukan dimana nilai  $K_p=4, K_i=40, K_d=0.1$  yang hasilnya hampir sama dengan percobaan kedua yang dimana respon robot dapat berdiri dan bergerak bolak-balik secara liar tetapi masih jatuh.



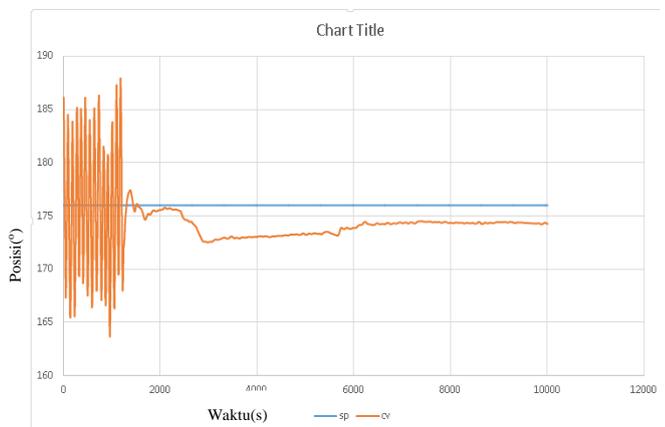
Gambar 17 Grafik Pada Saat ( $K_p=8, K_i=70, K_d=0.4$ )

Pada gambar 17 merupakan grafik hasil percobaan keenam yang dilakukan dimana nilai  $K_p=8, K_i=70, K_d=0.4$  yang hasilnya respon robot hanya dapat berdiri dan berjalan seimbang tetapi masih jatuh



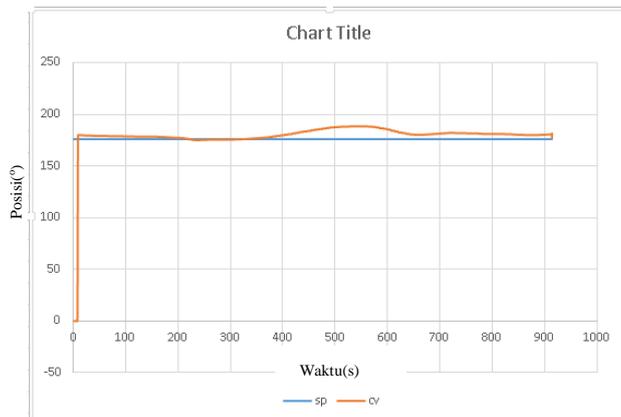
Gambar 15 Grafik Pada Saat ( $K_p=6, K_i=50, K_d=0.3$ )

Pada gambar 15 merupakan grafik hasil percobaan keempat yang dilakukan dimana nilai  $K_p=6, K_i=50, K_d=0.3$  yang hasilnya respon pada robot hanya dapat bergerak, tetapi belum dapat berdiri.



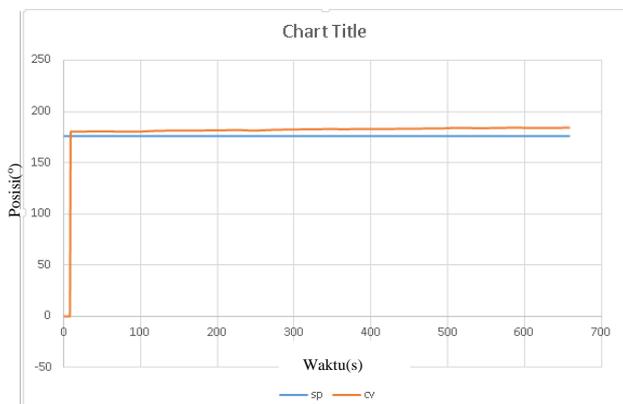
Gambar 18 Grafik Pada Saat ( $K_p=8, K_i=140, K_d=0.8$ )

Pada gambar 18 merupakan grafik hasil percobaan ketujuh yang dilakukan dimana nilai  $K_p=8, K_i=140, K_d=0.8$  yang hasilnya respon robot hanya dapat seimbang, tetapi masih ada getaran lumayan besar.



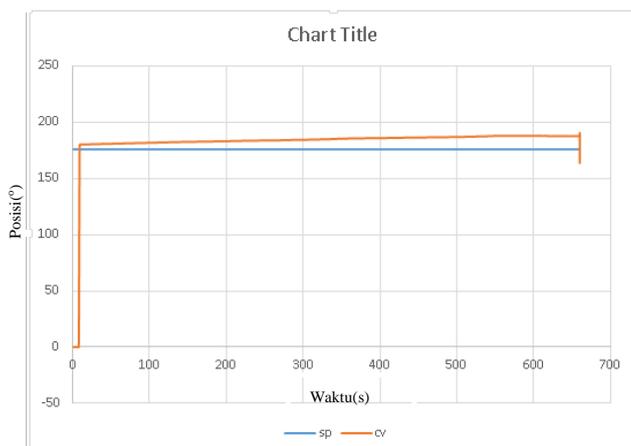
Gambar 19 Grafik Pada Saat ( $K_p=9, K_i=90, K_d=0.5$ )

Pada gambar 19 merupakan grafik hasil percobaan kedelapan yang dilakukan dimana nilai  $K_p=9, K_i=90, K_d=0.5$  yang hasilnya respon robot hanya dapat seimbang, tetapi masih ada getaran kecil.



Gambar 20 Grafik Pada Saat ( $K_p=12, K_i=120, K_d=0.6$ )

Pada gambar 20 merupakan grafik hasil percobaan kesembilan yang dilakukan dimana nilai  $K_p=12, K_i=120, K_d=0.6$  yang hasilnya respon robot hanya dapat seimbang, dalam beberapa detik.



Gambar 21 Grafik Pada Saat ( $K_p=16, K_i=149, K_d=0.8$ )

Pada gambar 21 merupakan grafik hasil percobaan kesepuluh yang dilakukan dimana nilai  $K_p=16, K_i=149, K_d=0.8$  yang hasilnya sama dengan percobaan yang kesembilan yang dimana respon robot hanya dapat seimbang, dalam beberapa detik.

Dari hasil pengujian, robot dapat seimbang atau tidak jatuh dengan kemiringan pada kisaran nilai *setpoint* 176 Dengan penyesuaian dari ketiga nilai parameter kendali, yang memiliki respon yang baik terhadap keseimbangan robot yaitu  $k_p=7, k_i=60, \text{ dan } k_d=0,4$ .

#### 1. Proporsional (P)

Kontrol proporsional memiliki sifat sebagai faktor penguat, artinya:

- Jika nilai  $K_p$  besar, maka kecepatan respon mencapai nilai *set point* meningkat.
- Jika nilai  $K_p$  kecil, maka kecepatan respon melambat untuk mencapai nilai *set point* sehingga robot akan jatuh.
- Jika nilai  $K_p$  besar melewati batas normal, maka sistem akan beresilasi dan membuat sistem tidak stabil.

#### 2. Integral (I)

- Kontrol integral memiliki respon lebih lambat, artinya jika nilai  $K_i$  tidak tepat dapat menyebabkan respon (waktu) yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *set point* lebih lama, sehingga dapat menyebabkan sistem tidak stabil.
- Kontrol integral dapat memperbaiki *overshoot*.
- Memperbaiki waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan yang menyatakan posisi stabil (*steady state*).

#### 3. Derivatif (D)

- Sifat dari kontrol derivatif ini dapat memberikan koreksi kesalahan.
- Memperbaiki respon (waktu) untuk mencapai nilai *set point*.
- Memberikan efek redaman pada sistem yang beresilasi.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian setelah dilakukannya pengujian terhadap *Self Balancing Robot* yang telah dibuat, dapat disimpulkan beberapa poin sebagai berikut:

- Self Balancing Robot* merupakan suatu sistem yang tidak stabil tanpa adanya kendali.
- Sistem kendali PID yang diterapkan pada *balancing robot* ini bekerja dengan cukup baik dan dapat mengendalikan robot agar tetap seimbang dengan nilai dari parameter  $K_p=7, K_i=60 \text{ dan } K_d=0.4$ .
- Balancing robot* yang dibuat mampu menyeimbangkan diri dengan baik dengan kemiringan sudut  $176^\circ$  terhadap bidang datar saat robot dijalankan.

### B. Ucapan Terima Kasih

Bagian ini dapat digunakan oleh penulis untuk mengucapkan terima kasih pada orang-orang atau institusi yang telah membantu penelitian terkait.

## REFERENSI

- Gunawan, Subagiyo, dan Wahyuni. (2013). Kontrol Kesetimbangan Pada Robot Beroda Dua Menggunakan Pengendali PID Dan Complementary Filter. *Riau: Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*.
- Raranda, dan Rusimamto. (2017). Implementasi Kontroler PID Pada Two Wheels Self Balancing Robot Berbasis Arduino Uno. *Surabaya: Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya*

- [3] Bimarta, Eko Putra, dan Dharmawan. (2015). Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif. Yogyakarta: *Jurnal Ilmu Komputer Dan Elektronika Universitas Gadjah Mada*.
- [4] Ketaren prisko Lio. (2015). Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metoda Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif: Jurnal Politeknik Caltex Riau.