

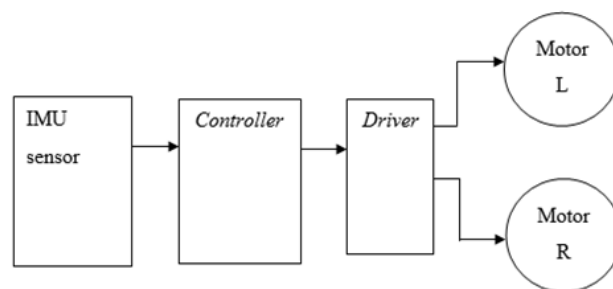
Prototipe Balancing Robot Dengan Metode Kendali PID

Indro Zaini, Handry Khoswanto, Felix Pasila
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya - 60236, Indonesia
Email: m23412025@john.petra.ac.id

Abstrak - Saat ini teknologi untuk alat transportasi ataupun kegiatan yang mendukung manusia semakin berkembang. Salah satunya adalah *balancing* robot yang sekarang semakin banyak berkembang dan digunakan oleh perorangan ataupun industri. *Balancing* robot bisa digunakan dalam bentuk transportasi berupa *segway* ataupun alat bantu untuk produksi pada pabrik. Untuk masalah keseimbangan pada robot, digunakan PID Control yang bertujuan untuk mengembalikan posisi robot dari posisi awal miring menjadi tegak atau seimbang. Berdasarkan hasil pengujian pada posisi tidur, robot tidak dapat mengembalikan posisi menjadi tegak atau seimbang dikarenakan adanya osilasi gangguan pada robot.

Kata Kunci : *Balancing* Robot, Arduino, PID Controller

pada sistem ini terdiri dari Arduino Mega 2560 [5], *Driver* Motor, dan IMU Sensor.



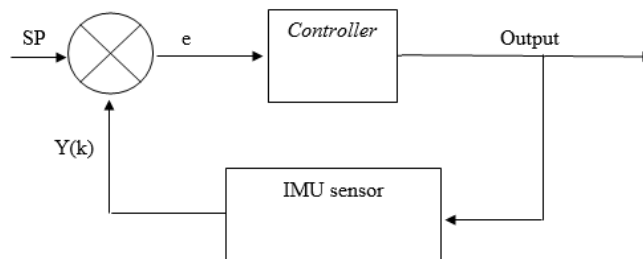
Gambar 1. Skema Sistem

I. PENDAHULUAN

Perkembangan alat transportasi saat ini harus di dukung dengan teknologi terkini. Teknologi saat ini mempunyai standar yaitu ramah lingkungan dan memudahkan aktifitas. Dibuatlah sebuah alat transportasi yang cocok untuk keperluan hiburan, jalan – jalan, patroli dalam kota, serta aktifitas sehari – hari yang bernama *Segway*. *Segway* adalah salah satu contoh *balancing* robot beroda dua yaitu di sisi kanan dan di sisi kiri, yang dapat dikendarai serta dikontrol oleh manusia sendiri. *Balancing* robot tersebut menggunakan arduino dan beberapa sensor yaitu sensor *Accelerometer* dan sensor *gyroscope*. Sensor *accelerometer* digunakan untuk mendeteksi kemiringan dan sensor *gyroscope* digunakan untuk mendetekeksi kecepatan sudut badan robot ketika akan terjatuh [1].

Pada masalah di atas dibuatlah prototipe *balancing* robot yang tidak dapat dikendarai oleh manusia. Robot tersebut dapat berjalan seimbang pada bidang datar dengan adanya kontroler. Kelebihannya adalah robot tersebut dapat berjalan seimbang dengan dua roda dan robot tersebut berjalan lincah dibandingkan robot beroda empat. Prototipe tersebut dilengkapi dengan IMU sensor, yang berfungsi untuk mendeteksi angka kemiringan dengan menggunakan metode PID dan mendetekeksi percepatan sudut badan robot ketika akan terjatuh. Dimana PID tersebut berfungsi untuk mengembalikan ke posisi tegak lurus terhadap bumi [2 – 4].

Pada gambar 2, adalah cara kerja IMU sensor. Dimana nilai *input* antara IMU sensor dan SP (*Setting Point*) akan dibandingkan. Apabila nilai *input* antara IMU sensor dan SP sama, maka proses akan dilanjutkan ke *output*. Tetapi apabila nilai *input* IMU sensor dan SP tidak sama, maka IMU sensor akan meminta *controller* supaya mengontrol kembali nilai sensor tersebut sehingga mendapat nilai *input* yang sama atau mendekati nilai *input* yang dimiliki SP. Setelah itu proses akan langsung ke *output*.



Gambar 2. Cara kerja IMU Sensor

II. PERANCANGAN SISTEM

Terlihat pada Gambar 1, adalah desain dari prototipe *balancing* robot. Pada prototipe *balancing* robot ini menggunakan IMU sensor yang memberikan input pada *controller* yaitu arduino. Arduino tersebut juga berfungsi untuk mengontrol *driver*. Dimana *driver* tersebut berfungsi untuk menjalankan kedua motor robot. *Hardware* yang digunakan

III. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui beberapa hal yang mempengaruhi desain sistem, antara lain sebagai berikut:

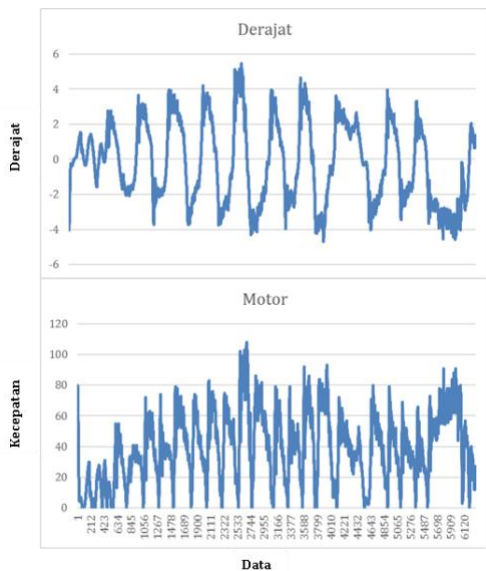
- Pengujian kemiringan yang di tampilkan oleh IMU sensor, yang bertujuan untuk mengetahui range kemiringan robot dan mendapatkan nilai K_p , K_i , dan K_d secara eksperimental.

- Pengujian metode PID pada balancing robot.

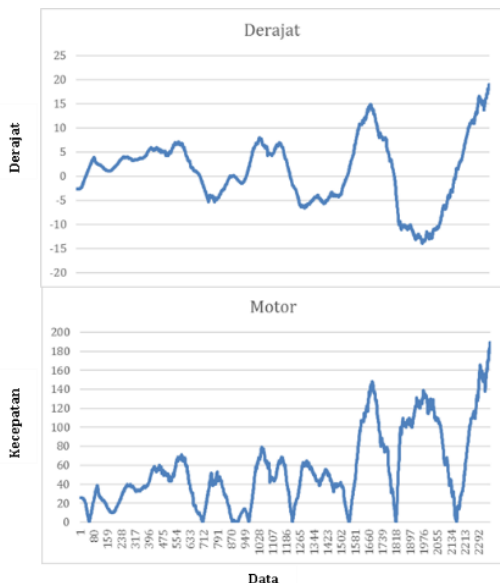
Pengujian tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mencoba untuk mengubah nilai K_p sampai menemukan nilai yang dapat membuat robot berdiri posisi seimbang.
2. Setelah mendapatkan nilai K_p robot akan berdiri seimbang namun robot ini akan bergerak kedepan – kebelakang. Untuk mengurangi pergerakan tersebut diberikanlah nilai K_i yang dapat membuat robot lebih seimbang dari sebelumnya.
3. Setelah mendapatkan nilai K_p dan K_i , maka dilakukanlah percobaan untuk nilai K_d yang bertujuan untuk menghaluskan gerakan robot dari sebelumnya sehingga robot dapat sepenuhnya tegak seimbang.

Berikut adalah grafik percobaan dari eksperimental yang telah dilakukan sesuai dengan proses diatas :



Gambar 3. Gambar grafik eksperimental 1



Gambar 4. Gambar grafik eksperimental 2

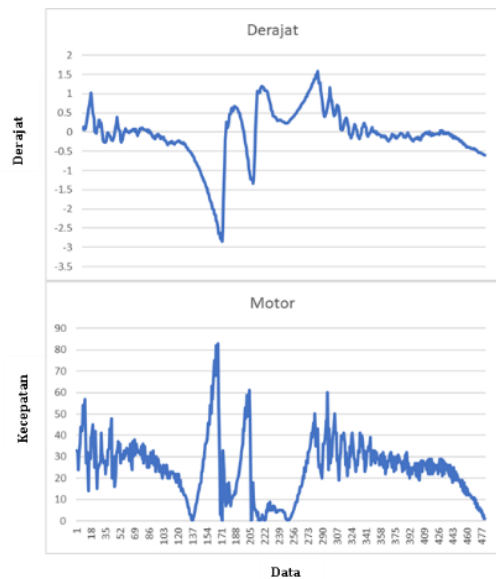
Pada gambar 3 merupakan grafik hasil percobaan eksperimental pertama dari perubahan nilai K_p mencapai hasil yang diinginkan. Pada percobaan tersebut nilai $K_p = 10$, $K_i =$

0, dan $K_d = 0$. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa robot mempunyai osilasi gangguan yang besar sehingga mengakibatkan robot susah untuk mengontrol dirinya supaya berdiri tegak atau seimbang.

Pada gambar 4 merupakan grafik hasil percobaan eksperimental kedua dari perubahan nilai K_p mencapai hasil yang diinginkan. Pada percobaan tersebut berbeda dengan percobaan sebelumnya, dimana sebelumnya nilai K_p tersebut adalah 10. Namun pada percobaan ini nilai $K_p = 20$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa robot bergerak lebih halus daripada hasil grafik sebelumnya. Meskipun robot bergerak lebih halus dari sebelumnya tetapi robot tidak dapat berdiri tegak atau seimbang.



Gambar 5. Gambar grafik eksperimental 3



Gambar 6. Gambar grafik eksperimental 4

Pada gambar 5 merupakan grafik hasil percobaan eksperimental ketiga dari perubahan nilai K_i mencapai hasil yang diinginkan. Pada percobaan tersebut berbeda dengan percobaan sebelumnya, dimana sebelumnya nilai K_p yang diubah sampai menemukan nilai yang mendekati posisi tegak atau seimbang tapi pada percobaan ini perubahan dilakukan

pada nilai K_i . Pada percobaan ini nilai $K_i = 0.5$ jadi nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 0$. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa robot bergerak lebih halus daripada hasil grafik sebelumnya. Meskipun robot bergerak lebih halus dari sebelumnya tetapi robot tidak dapat berdiri tegak atau seimbang. Pada gambar 6 merupakan grafik hasil percobaan eksperimental keempat dari perubahan nilai K_d mencapai hasil yang diinginkan. Pada percobaan tersebut berbeda dengan percobaan sebelumnya, dimana sebelumnya nilai K_p dan nilai K_i yang diubah sampai menemukan nilai yang mendekati posisi tegak atau seimbang tapi pada percobaan ini perubahan dilakukan pada nilai K_d . Pada percobaan ini nilai $K_d = 80$ jadi nilai $K_p = 20$ dan $K_i = 0.5$. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa robot bergerak lebih halus daripada hasil grafik sebelumnya dan robot dapat berdiri tegak dan seimbang.

Setelah dilakukannya beberapa percobaan diatas, diperoleh nilai K_p , K_i , dan K_d yang dapat membuat robot berdiri tegak dan seimbang pada bidang datar. Nilai yang diperoleh adalah $K_p = 20$, $K_i = 0.5$, dan $K_d = 80$. Setelah memperoleh nilai K_p , K_i , dan K_d dilakukanlah perhitungan nilai derajat kemiringan pada robot tersebut. Setiap range nilai derajat robot memiliki posisi yang dimana setiap posisi tersebut memiliki nilai K_p , K_i , dan K_d yang berbeda - beda.



Gambar 7. *Flowchart* Alur Sistem

Pada gambar 7, adalah gambar *flowchart* alur sistem pada *balancing robot* ini. Pada saat program dijalankan robot akan bergerak otomatis dengan sendirinya mencari posisi tegak atau posisi seimbang. Pada saat robot *balancing* ini bergerak, robot tersebut memiliki nilai kemiringan yang berubah - ubah. Setiap nilai kemiringan yang di dapat oleh *balancing robot* mempunyai nilai K_p , K_i , dan K_d yang berbeda - beda dan pada setiap nilai K_p , K_i , dan K_d mempunyai posisi yang berbeda - beda. Pada sistem ini terdapat sembilan kemiringan dengan nilai K_p , K_i , dan K_d serta sembilan posisi yang berbeda - beda. Sembilan kemiringan dan sembilan posisi tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Pada tabel tersebut nilai K_p , K_i , dan K_d berdasarkan range kemiringan robot. Setiap kemiringan yang dihasilkan oleh *balancing robot* memiliki nilai K_p yang berbeda, namun pada nilai K_i dan K_d memiliki nilai yang sama dikarenakan nilai K_i dan K_d sebagai titik acuan pada saat *balancing robot* ini tegak atau seimbang. Perubahan yang dihasilkan oleh K_p sangat berpengaruh pada *balancing robot* ini karena nilai K_p dapat merubah respon cepat atau lambat gerakan yang dihasilkan robot. Pada tabel diatas terdapat 2 pengujian yang tidak berhasil dikarenakan adanya osilasi gangguan pada *balancing robot* tersebut.

Tabel 1. Tabel range nilai derajat

Range Nilai Derajat	Posisi	K_p	K_i	K_d	Hasil
Range 1 – 20 atau Range (-1) – (-20)	s	20	0.5	80	Berhasil
Range 20 – 25 atau Range (-20) – (-25)	s1	21	0.5	80	Berhasil
Range 25 – 30 atau Range (-25) – (-30)	s2	23	0.5	80	Berhasil
Range 30 – 35 atau Range (-30) – (-35)	s3	25	0.5	80	Berhasil
Range 35 – 40 atau Range (-35) – (-40)	s4	27	0.5	80	Berhasil
Range 40 – 45 atau Range (-40) – (-45)	s5	29	0.5	80	Berhasil
Range 45 – 50 atau Range (-45) – (-50)	s6	31	0.5	80	Berhasil
Range 50 – 55 atau Range (-50) – (-55)	s7	33	0.5	80	Tidak Berhasil
Range 55 – 70 atau Range (-55) – (-70)	s8	35	0.5	80	Tidak Berhasil

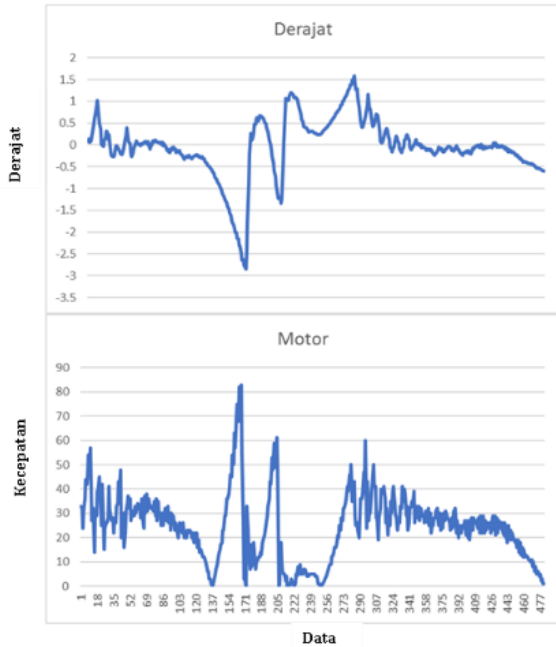
A. Pengujian robot dengan range kemiringan (1 – 20) atau ((-1) – (-20))

Pada gambar 8, adalah gambar grafik percobaan pertama untuk start pada posisi tegak. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.

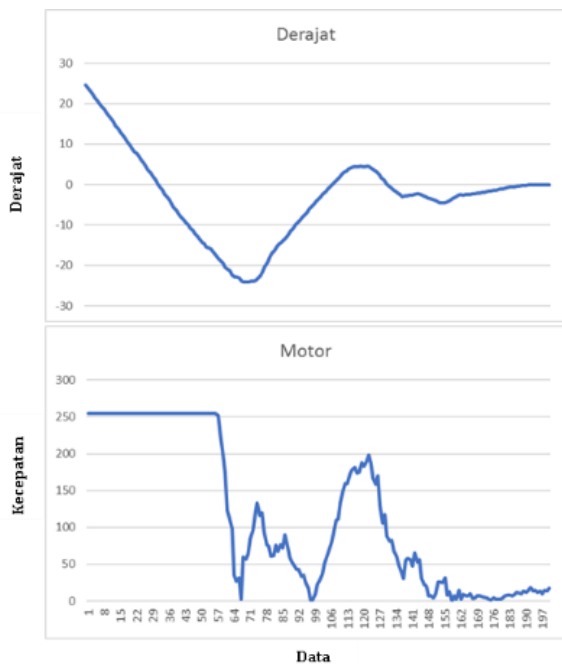
B. Pengujian robot dengan range kemiringan (20 – 25) atau ((-20) – (-25))

Pada gambar 9, adalah gambar grafik percobaan kedua untuk robot start pada posisi range kemiringan (20 – 25) atau

((-20) – (-25)). Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya, dimana robot akan start pada posisi miring. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.



Gambar 8. Grafik percobaan 1



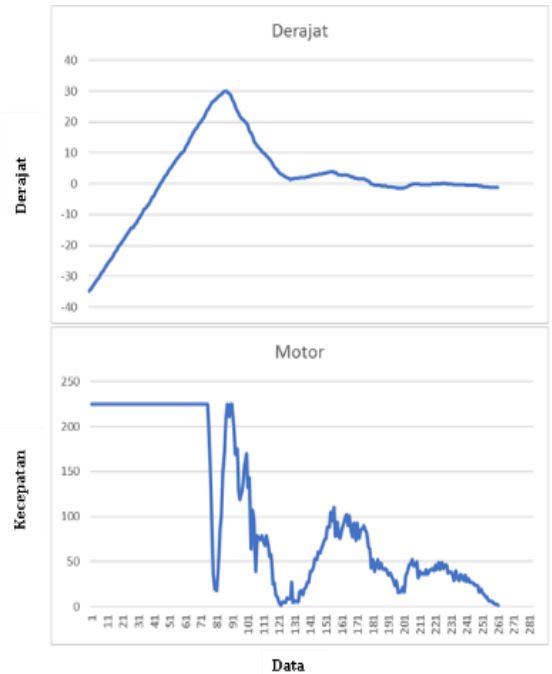
Gambar 9. Grafik percobaan 2

C. Pengujian robot dengan range kemiringan (25 – 30) atau ((-25) – (-30))

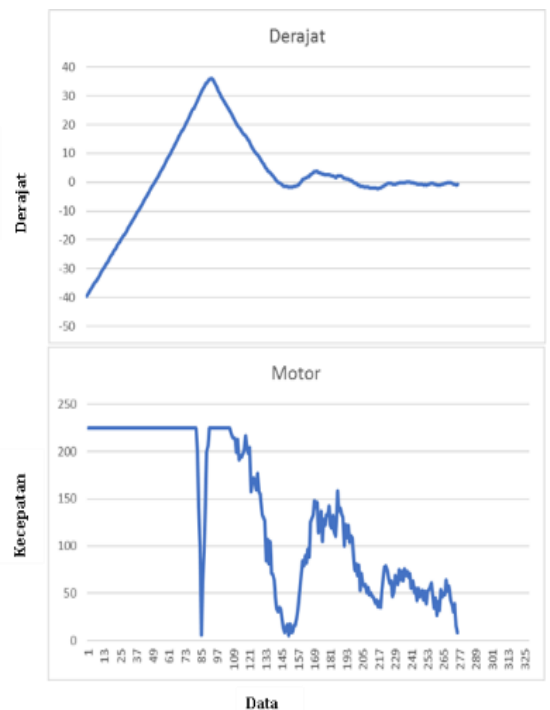
Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya, dimana robot akan start pada posisi lebih miring

dari pengujian sebelumnya. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.

Pada gambar 10, adalah gambar grafik percobaan ketiga untuk robot start pada posisi range kemiringan (25 – 30) atau ((-25) – (-30)).



Gambar 10. Grafik percobaan 3

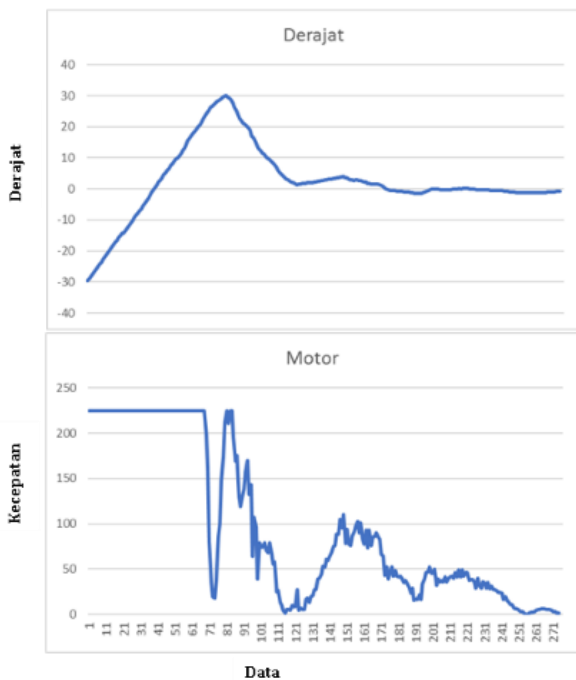


Gambar 11. Grafik percobaan 4

D. Pengujian robot dengan range kemiringan (30 – 35) atau ((-30) – (-35))

Pada gambar 11, diatas adalah gambar grafik percobaan keempat untuk robot start pada posisi range kemiringan (30 – 35) atau ((-30) – (-35)). Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya , dimana robot akan start pada posisi lebih miring dari pengujian sebelumnya. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.

E. Pengujian robot dengan range kemiringan (35 – 40) atau ((-35) – (-40))



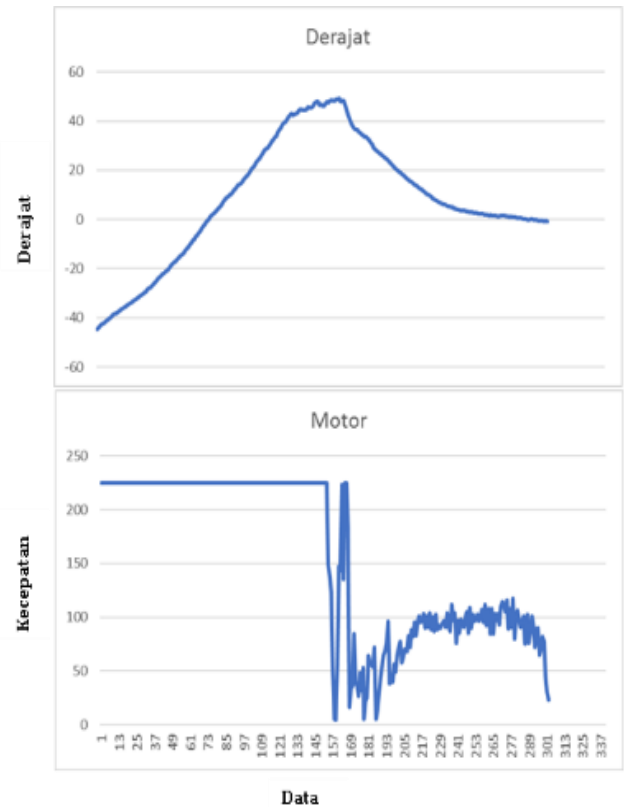
Gambar 12. Grafik percobaan 5

Pada gambar 12, adalah gambar grafik percobaan kelima untuk robot start pada posisi range kemiringan (35 – 40) atau ((-35) – (-40)). Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya , dimana robot akan start pada posisi lebih miring dari pengujian sebelumnya. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.

F. Pengujian robot dengan range kemiringan (40 – 45) atau ((-40) – (-45))

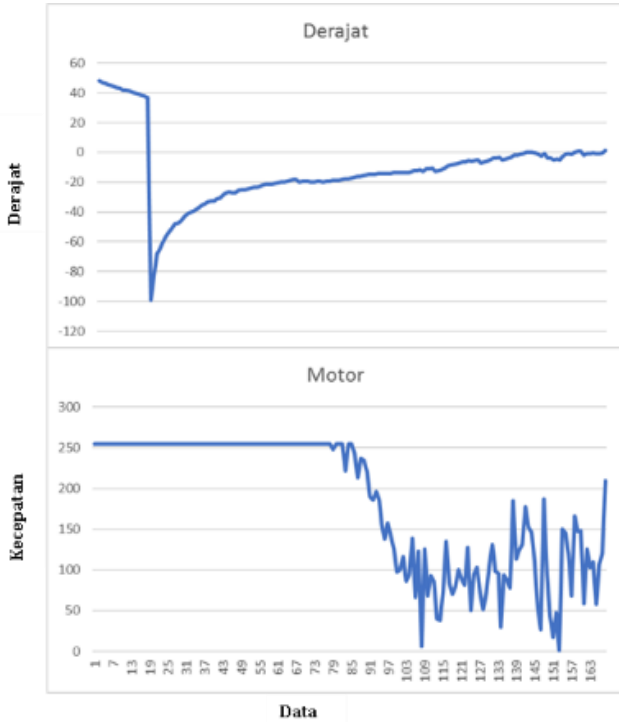
Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya , dimana robot akan start pada posisi lebih miring dari pengujian sebelumnya. Pada percobaan tersebut robot

dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang. Pada gambar 13, adalah gambar grafik percobaan keenam untuk robot start pada posisi range kemiringan (40 – 45) atau ((-40) – (-45)).



Gambar 13. Grafik percobaan 6

G. Pengujian robot dengan range kemiringan (45 – 50) atau ((-45) – (-50))



Gambar 14. Grafik percobaan 7

Pada gambar 14, adalah gambar grafik percobaan ketujuh untuk robot start pada posisi range kemiringan (45 – 50) atau ((-45) – (-50)). Pada pengujian tersebut berbeda dengan pengujian sebelumnya, dimana robot akan start pada posisi lebih miring dari pengujian sebelumnya. Pada percobaan tersebut robot dapat berdiri tegak atau seimbang dengan respon motor yang sangat cepat. Apabila ada pergerakan, motor dengan sendirinya merespon agar robot dapat tegak atau seimbang. Semakin robot bergerak miring kedepan atau kebelakang, maka respon yang dikeluarkan motor sangat cepat sehingga dapat mengembalikan robot pada posisi tegak atau seimbang.

H. Pengujian robot dengan range kemiringan (50 – 55) atau ((-50) – (-55))

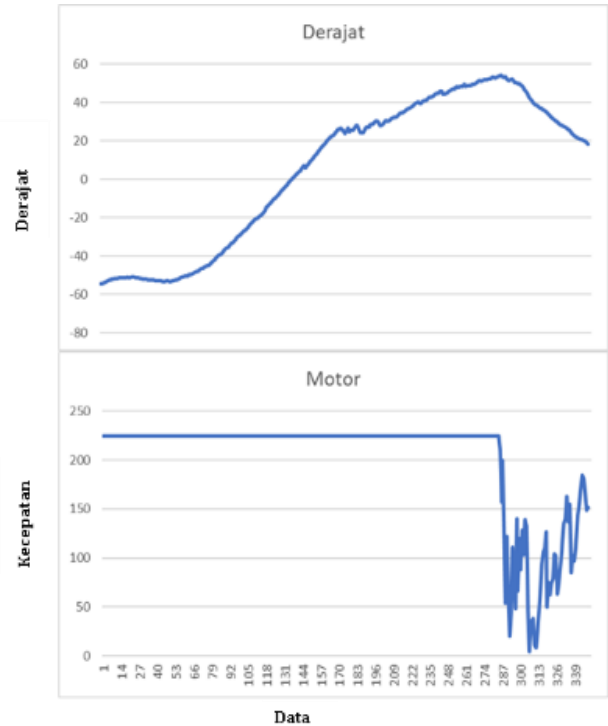
Pada gambar 15, adalah gambar grafik percobaan kedelapan untuk robot start pada posisi range kemiringan (50 – 55) atau ((-50) – (-55)). Pada percobaan tersebut robot tidak dapat berdiri tegak atau seimbang dikarenakan terjadi osilasi gangguan pada robot yang mengakibatkan robot susah untuk berdiri tegak atau seimbang. Namun dapat dilihat pada grafik diatas bahwa pada akhir percobaan, ada sedikit masalah pada robot dikarenakan adanya osilasi gangguan pada robot sehingga robot perlu untuk di reset kembali.

Gambar 15. Grafik percobaan 8

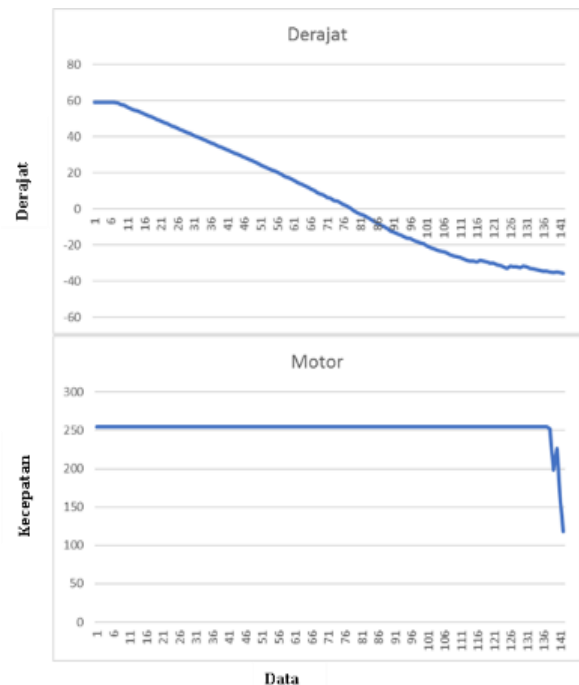
I. Pengujian robot dengan range kemiringan (55 – 70) atau ((-55) – (-70))

Pada percobaan tersebut robot tidak dapat berdiri tegak atau seimbang dikarenakan terjadi osilasi gangguan pada robot yang mengakibatkan robot susah untuk berdiri tegak atau seimbang. Namun dapat dilihat pada grafik diatas bahwa pada

akhir percobaan, ada sedikit masalah pada robot dikarenakan



adanya osilasi gangguan pada robot sehingga robot perlu untuk di reset kembali. Pada gambar 16, adalah gambar grafik



percobaan kesembilan untuk robot start pada posisi range kemiringan (55 – 70) atau ((-55) – (-70)).

Gambar 16. Grafik percobaan 9

IV KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari pengujian ini adalah :

1. IMU Sensor yang digunakan mengeluarkan hasil nilai derajat kemiringan 90 hingga -90. Setiap range derajat memiliki nilai Kp, Ki, dan Kd yang berbeda. Nilai

tersebut dapat dilihat dari posisi hasil pergerakan robot.

2. Robot dapat berdiri tegak dan seimbang pada bidang datar dengan nilai $K_p = 20$, $K_i = 0.5$, dan $K_d = 80$.
3. Robot tidak dapat berdiri seimbang atau tegak lurus pada saat dimulai dari posisi tidur.

V DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ketaren, L. P., Ma'a, M., & Rahmawaty, M. (2015). Balancing robot beroda dua menggunakan metoda kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif. Politeknik Caltex Riau, Retrieved from <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/article/download/48/38>
- [2] A, S. A. B. J. (2015). Two-wheeled Balancing Robot Designed Using PID., (January), 4–5. Retrieved from http://eprints.uthm.edu.my/7850/1/SUHARDI_AZLIY_BIN_JUNOH.pdf
- [3] Miranda, J. L. C. (2009). Application of Kalman Filtering and Pid Control for. Master Thesis California State University, 103. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.1551&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Shubhank Sondhia, Ranjith Pillai. R, Sharat S. Hegde, S. C. & V. V. (2017). Development of Self Balancing Robot With PID Control. International Journal of Robotics Research and Development (IJRRD), 7(1), 1–6. Retrieved from <http://www.tjprc.org/view-archives.php>
- [5] Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah. (2016). Perancangan murottal otomatis menggunakan mikrokontroler arduino MEGA 2560, Retrieved from jurnal.unived.ac.id/index.php/jmi/article/viewFile/276/257