

Perancangan Sistem Kontrol Pid Pada Segway Beroda Dua Berbasis Matlab/Simulink

Anak Agung Bagus Sutasoma, I wayan Widhiada, I Ketut Adi Atmika
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Segway merupakan alat transportasi bertenaga listrik yang ramah lingkungan, dapat digunakan dalam ruangan maupun luar ruangan, dikarenakan tidak adanya pembuangan gas yang berbahaya. Pada penelitian ini bagaimana menyederhanakan konsep robotika pada Segway dan mencoba bagaimana respon gerak statis Segway ketika diberikan kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Pada pengujian ini, dilakukan dengan aplikasi Matlab/Simulink pada prototype segway menggunakan sistem kontrol PID dengan waktu 15s pada sudut referensi 15° dan -15°. Berbagai parameter PID yang sudah ditrial-error pada percobaan gerak statis pada Segway. Didapatkan nilai terbaik yaitu $K_p = 10$ KP, $K_i = 40$ KI dan $K_d = 0$ KD. Data gerak yang didapatkan berupa nilai Overshoot, persentase error dan settle time. overshoot adalah peak tertinggi dari garis referensi, Error merupakan perbandingan antara input dan output, dan settle time merupakan waktu untuk mencapai steady state. Maka hasil yang didapat dari penggunaan kontrol PID yaitu overshoot senilai 37.43%, error 5.06%, dan untuk settle time 1.9s pada posisi 15°. Pada posisi -15° didapat overshoot senilai 11.95%, error 7.66% dan untuk settle time 4.6s.

Kata kunci: Prototype, Sistem Kontrol, Respon Gerak.

Abstract

Segway is an environmentally friendly electric powered transportation, can be used indoors or outdoors, because there is no exhaust of harmful gases. In this research, how to simplify the concept of robotics on the Segway and try how to respond to the static motion of the Segway when given PID (*Proportional - Integral - Derivative*) control. In this test, it was carried out with the Matlab / Simulink application on the segway prototype using a PID control system with a time of 15s at a reference angle of 15° and -15°. Various PID parameters that have been trial-error in static motion experiments on the Segway. The best values were obtained, namely $K_p = 10$ KP, $K_i = 40$ KI and $K_d = 0$ KD. The motion data obtained are in the form of overshoot value, error percentage and settle time. overshoot is the highest peak of the reference line, error is the ratio between input and output, and settle time is the time to reach steady state. Then the results obtained from using PID control are 37.43% overshoot, 5.06% error, and 1.9s settle time at 15°. At position -15°, you get 11.95% overshoot, 7.66% error and 4.6s for settle time.

Keywords: Prototype, Control System, Motion Response

1. Pendahuluan

Transportasi adalah berpindahnya manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lainnya dengan menggunakan sebuah alat yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas dan mempersingkat waktu tempuh. Di beberapa negara maju, biasanya menggunakan kereta bawah tanah (subway) atau taksi. Penduduk di sana jarang yang mempunyai kendaraan pribadi karena mereka sebagian besar menggunakan angkutan umum sebagai transportasi mereka. Transportasi sendiri dibagi 3 yaitu, transportasi darat, laut, dan udara.

Beberapa negara maju sudah mengembangkan teknologi berupa alat/kendaraan yang diciptakan untuk mempersingkat waktu jarak tempuh yang diperlukan saat melakukan perpindahan dari satu tempat ke tempat lainnya. Salah satu contoh kendaraan tersebut adalah segway.

Segway merupakan kendaraan beroda dua bertenaga listrik yang memiliki stang sebagai

pegangannya. Segway dapat bergerak maju dan mundur sesuai dengan keinginan pengendara. Segway menerapkan sistem *inverted pendulum* dimana sistem memiliki bandul dan tongkat yang terpasang terbalik. Dengan mengacu dari sistem *inverted pendulum* maka Segway pun dapat seimbang [1]. Di Indonesia segway digunakan sebagai kendaraan bandara agar petugas bandara dapat lebih cepat berpindah karena luasnya bandara tersebut.

Segway merupakan transportasi yang dapat digunakan dalam ruangan maupun di luar ruangan karena menggunakan penggerak motor listrik sehingga tidak memiliki emisi gas buang yang berdampak buruk bagi lingkungan atau orang sekitar. Segway dapat mempertahankan posisi seimbang dan tetap dalam keadaan berdiri pada saat kendaraan diam tidak bergerak. Mikrokontroler pada Segway sebagai inti sistem kendali. Mikrokontroler digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar motor. Tidak hanya didukung dengan mikrokontroler, sistem ini juga menggunakan PID (*Proportional-Integral-*

Derivative controller) sebagai pengendali yang dapat diatur sesuai dengan keinginan pengendara.

Perancangan ini diharapkan dengan penggunaan kontrol *PID*, mampu mengurangi *overshoot* yang terjadi dan mampu menghasilkan respon sistem yang lebih bagus. Jika *error* yang dihasilkan rendah, maka gerak Segway akan semakin bagus terlihat. Tujuan utama dari pengaplikasian sistem kontrol *PID* pada *segway* ini adalah untuk menguji pergerakan *Segway* agar dapat bergerak statis ke posisi *steady state* (seimbang) setelah diberikan gaya dari luar atau kemiringan sebesar 15° dan -15° dengan waktu seminim mungkin, melalui aplikasi *Matlab/Simulink*.

Dalam hal ini didapatkan beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

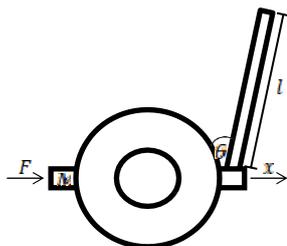
1. Bagaimana merancang sistem *PID* kontrol pada *segway* dengan *output error signal* (e) $\leq 5\%$ pada sistem?
2. Bagaimana merancang sistem *PID* kontrol pada *segway* dengan *maximum overshoot* (M_p) $\leq 5\%$ pada sistem?
3. Bagaimana merancang sistem *PID* kontrol pada *segway* dengan *output settling time* (T_s) secepatnya pada sistem?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengendalian keseimbangan dengan menggunakan *PID Control*.
2. *Prototype* dapat digerakan dengan pengaplikasian *MATLAB*.
3. Dengan penggunaan sistem kontrol *PID Segway* dapat ke posisi *steady state* dengan posisi statis dan tanpa beban.

2. Dasar Teori

2.1 Pendulum Terbalik (*Inverted Pendulum*)



Gambar 1. *Inverted Pendulum Segway*

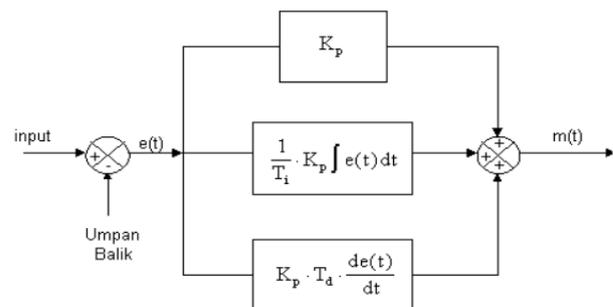
Keterangan :

- M : Massa Kereta.
 m : Massa Pendulum.
 b : Gesekan kereta.
 l : Panjang Pendulum pada pusat massa.
 I : Inersia Pendulum.
 F : Gaya yang diberikan pada kereta.
 x : Posisi koordinat kereta.
 θ : Sudut vertikal pendulum.

Prinsip kerja *Segway* diambil dari konsep pendulum terbalik. Pendulum terbalik (*inverted pendulum*) adalah pendulum yang terengsel pada kereta beroda yang bisa bergerak maju dan mundur pada bidang horizontal pada sepanjang lintasan [2]. Pendulum terbalik dasarnya hanya berupa batang stik berdiri yang akan jatuh akibat gaya tarik bumi jika tidak ada gaya luar lain yang mengimbangnya. Pendulum akan jatuh bisa kebagian kiri ataupun kanan. Dalam kehidupan nyata, pendulum terbalik ini dapat dilihat pengaplikasiannya dalam pengendalian posisi antenna radar dan pengendalian lengan robot yang bergerak. Kereta dengan pendulum terbalik, ditampilkan dibawah ini dengan gaya F. Persamaan gerak untuk dinamika sistem dan linearitas tentang sudut pendulum adalah $\theta = P$ i atau dengan kata lain, pendulum diasumsikan tidak bergerak lebih dari beberapa derajat dari sumbu vertikal yang berada pada sudut θ .

2.2 Sistem Kontrol *PID*

Keseimbangan *Segway* akan lebih bagus lagi jika menggunakan sistem kontrol. Sistem kontrol yang banyak digunakan pada *Segway* merupakan sistem kontrol *PID*. *PID* (*Proportional-Integral-Derivative controller*) merupakan kontroler yang menentukan presisi suatu sistem dengan cara melihat karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*Feed back*). Kecepatan sudut dari giroskop akan dikirim ke *PID* sebagai respons umpan balik dari sistem *loop* tertutup. Mengingat *segway* adalah sebuah sistem yang membutuhkan presisi tersebut maka penggunaan kontrol *PID* sangat dibutuhkan agar aksi yang dilakukan lebih presisi, sehingga *segway* dapat diminimalisir kecepatan dan arah yang dilakukan sesuai dengan error sudut *segway*.



Gambar 2. Blok diagram kontroler *PID*

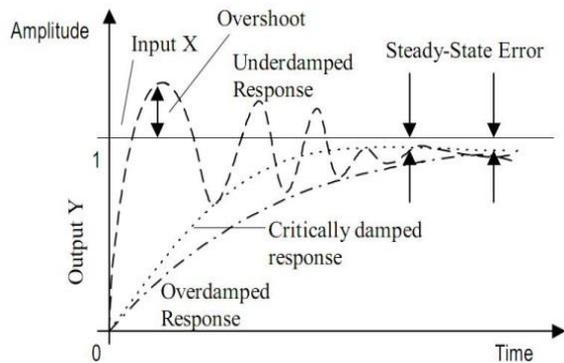
Bentuk persamaan dari kontrol *PID* dalam domain waktu:

$$K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) = u(t) \quad (1)$$

Karakteristik dari kontroler *PID* ini sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , K_i dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetting lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

2.3 Respon Tanggapan Sistem

Dalam menganalisis tanggapan sistem, terdapat respon output orde I dan orde II yang dapat digunakan untuk pendekatan terhadap sistem. Dalam penelitian kali ini menggunakan orde II karena tolok ukur yang ada lebih kompleks dan respon sistem yang menjadi tolok ukur ialah domain waktu. Grafik sistem diamati dari mulai keadaan transien hingga mencapai tahap steady state.



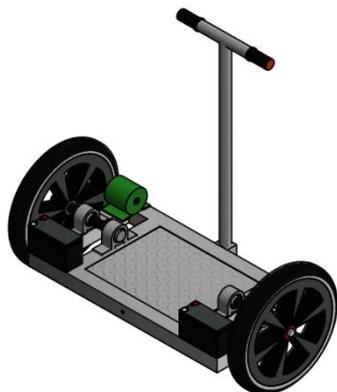
Gambar 3. Bentuk sinyal respon [].

Pada Gambar 3. merupakan bentuk kurva yang dihasilkan oleh aplikasi MATLAB®. Kurva yang dihasilkan sudah memuat otomatis nilai-nilai yang harus dicari seperti *maximum overshoot*, jumlah *error* yang dihasilkan, hingga *settling time* dari sistem.

3. Metode Penelitian

3.1 Deskripsi Penelitian

Metode penelitian ini merupakan metode eksperimental, dimana peneliti membuat visualisasi pemodelan dan menguji hipotesis sebab-akibat melalui pemanipulasian variabel bebas. Visualisasi pemodelan 3D *Segway* menggunakan aplikasi inventor dan pengujian gerak dengan sistem kontrol PID menggunakan *software* MATLAB.



Gambar 4. Pemodelan 3D *prototype Segway*

Variabel bebas berupa *input* sistem kontrol *PID* dan variabel terikat merupakan *output* berupa gerak *prototype*. Data yang didapat berupa grafik respon gerak statis pada *Segway*. Karena *Segway* dan teknologinya relatif baru, secara logis masih ada banyak ruang untuk dilakukan penyempurnaan.

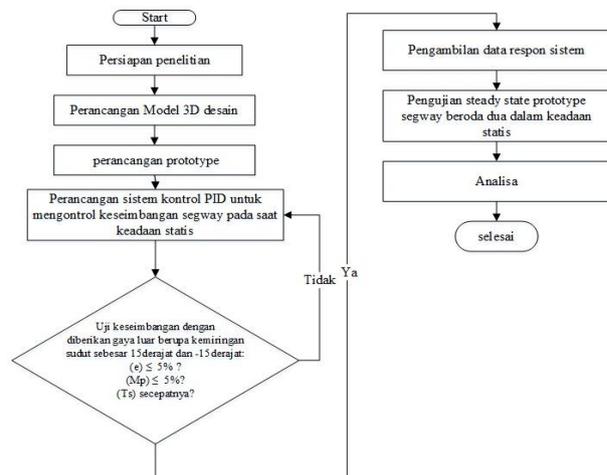
Prototype *Segway* menggunakan beberapa komponen berupa *Motor DC MY1016*, *Arduino UNO*, *BTS 7960 Motor driver*, *sensor MPU 6050* dan Aki *Panasonic 12V*. Prototype *Segway* dibuat dengan mengikuti struktur yang sama dengan *Segway* yang sudah ada. Motor DC yang telah dipasang dihubungkan dengan *BTS 7960 Motor driver* yang disambungkan pada *Arduino UNO* dan Aki. *Arduino UNO* berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengatur kecepatan putaran dari motor DC. *BTS 7960 Motor driver* digunakan agar motor DC dapat diatur layaknya motor servo. *Sensor MPU 6050* disambungkan pada *Arduino UNO* sebagai input. *Sensor MPU 6050* digunakan sebagai pembaca sudut kemiringan *prototype Segway*.

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Perancangan model, menggunakan *software* Autodesk Inventor untuk mendesain visualisasi model 3D *Segway*.
2. Merancang sistem kontrol *PID* hingga mendapatkan *output* gerak yang diinginkan berupa parameter seperti *error*, *maximum overshoot*, *rise time* dan *steady state* sesuai pada kriteria penelitian ini.
3. Perancangan alat *Segway* dengan menggunakan bahan-bahan sesuai dengan kebutuhan dan desain yang telah dibuat.
4. Pengujian *Segway* serta menganalisa pergerakan yang telah didapat dari pengujian gerak.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

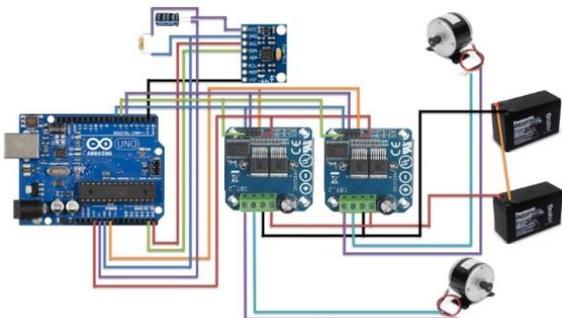
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pembuatan Prototype Segway

Dalam pembuatan *Prototype Segway* diawali dengan pembuatan desain 3D melalui aplikasi *Inventor*. kemudian dilakukan pengerjaan rangka *Segway* dan perakitan komponen kelistrikan. Setelah itu akan dilakukan program dengan aplikasi *MATLAB* terdapat fungsi *Tuning* kontroler untuk

menentukan parameter kontroler *PID* dengan tujuan agar sistem memenuhi kriteria performansi yang diinginkan, tetapi peneliti tidak menggunakan *tuning* dikarenakan hasil yang dikeluarkan tidak bagus untuk pergerakan *Segway*. Maka dari itu peneliti menggunakan *trial-error*.

4.2 Komponen Kelistrikan



Gambar 6. Rangkaian Kelistrikan

Gambar 6 merupakan Rangkaian yang digunakan agar *Segway* dapat bergerak sesuai dengan standar robotika dan tidak terjadi konsleting atau kesalahan saat gerakan.

4.3 Perancangan Elemen mesin

Perhitungan Torsi Motor *Segway* :

$$T = \frac{p \cdot 60}{2\pi n}$$

$$T = \frac{300 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2650}$$

$$T = 1,08 \text{ Nm}$$

T = Torsi (Nm)

P = Daya motor (watt)

N = putaran motor (RPM)

Perhitungan daya maksimum motor *Segway* :

$$P = T \times \omega$$

$$P = 1,08 \times 277,5073$$

$$P = 299,707 \text{ watt}$$

P = Daya motor (watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Putaran motor (Rad/s)

Putaran roda setelah di reduksi transmisi :

$$T_2 = T_1 \frac{n_1}{n_2}$$

$$68 = 11 \frac{2650}{n_2}$$

$$n_2 = 429 \text{ Rpm}$$

T₁ = Jumlah gigi kecil (T)

T₂ = jumlah gigi besar (T)

N₁ = Putaran motor sebelum di reduksi (RPM)

N₂ = Putaran motor sesudah di reduksi (RPM)

Lama waktu pemakaian :

$$T = \frac{I_a}{I_m}$$

$$T = \frac{7,5}{16,5}$$

$$T = 0,6 \text{ jam}$$

T = lama pemakaian (Jam)

L_a = Arus (Ah)

L_m = Arus yang dibutuhkan motor (a)

Kecepatan putaran motor untuk seimbang :

$$\frac{Pwm}{Pwm \text{ max}} \times \frac{RPM}{\text{Perbandingan transmisi}} = \text{RPM}$$

$$\frac{40}{255} \times \frac{2650}{6,19} = 67,2 \text{ RPM}$$

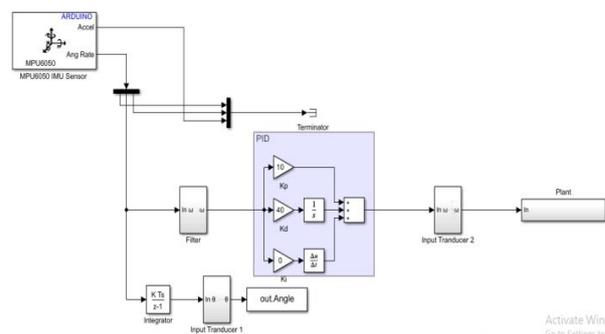
$$2 \times \pi \times Rpm = \text{Rad/s}$$

$$2 \times 3,14 \times 67,2 = \text{Rad/s}$$

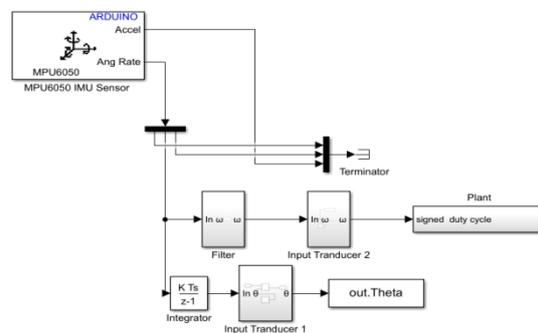
$$677,2 \text{ Rad/s}$$

4.4 Pemodelan Sistem Kontrol

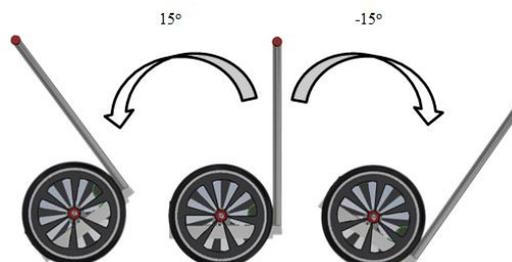
Parameter yang didapatkan untuk sistem kontrol *PID* K_p = 10 KP, K_i = 40 KI dan K_d = 0 KD, Nilai parameter yang telah didapatkan diinput pada sistem kontrol aktual. Sebagai perbandingan respon gerak *Segway* dilakukan pengujian juga tanpa kontrol *PID*.



Gambar 7. Diagram blok menggunakan Kontrol PID



Gambar 8. Diagram blok sistem kontrol tanpa PID



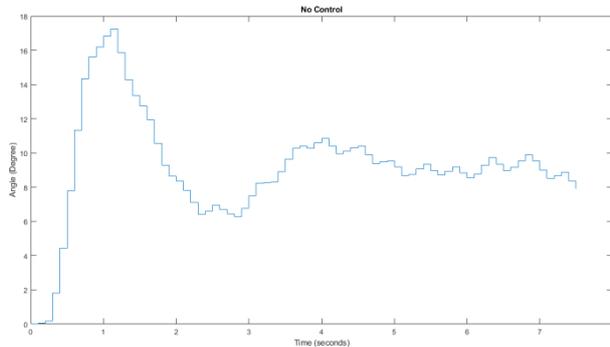
Gambar 9. Pemodelan Sudut Referensi *Prototype Segway*

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan melakukan *interface* dengan Matlab/Simulink pada *prototype* dengan menggunakan sistem kontrol sederhana, PI, PD dan PID dengan waktu 15s pada sudut referensi 15° dan -15°. Hasil yang didapatkan

berupa respon gerak *prototype Segway* untuk mendapatkan parameter *error signal* dan *maximum overshoot* kurang dari 5% dan settle time secepat mungkin.

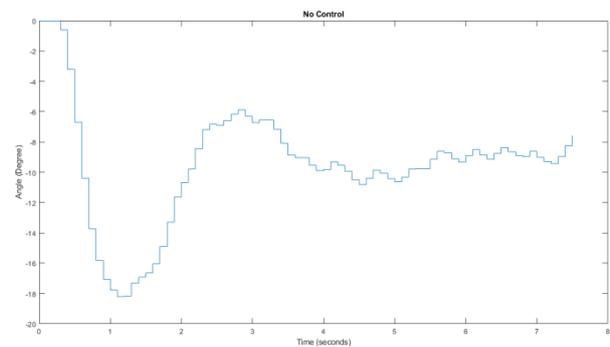
Pemodelan diagram blok yang sudah dibuat dalam aplikasi MATLAB didapatkan hasil pengujian berupa grafik dari sudut referensi yang sudah ditentukan.

4.4.1 Sistem Tanpa Kontrol PID



Gambar 10. Grafik Respon Gerak Sistem tanpa Kontrol 15 °

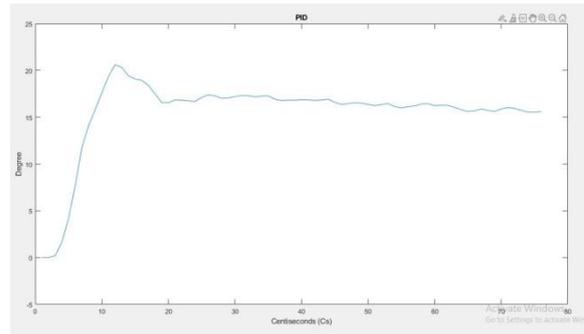
Pada Gambar 10. Menunjukkan respon gerak prototyper pada sudut uji 15°. Dapat dilihat pada grafik, gerak Segway tnpa kontrol memiliki osilasi yang besar dan tidak stabil. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya pengaturan gerak motor yang dapat menurunkan osilasi. Waktu yang dibutuhkan mencapai sudut uji adalah 1.2s dan max overshoot yang didapatkan senilai 14.93%. nilai error yang terjadi 4.04% sehingga performa prototype tidak bagus dan menghasilkan gerak yang tidak halus.



Gambar 11. Grafik Respon Gerak Sistem tanpa Kontrol -15 °

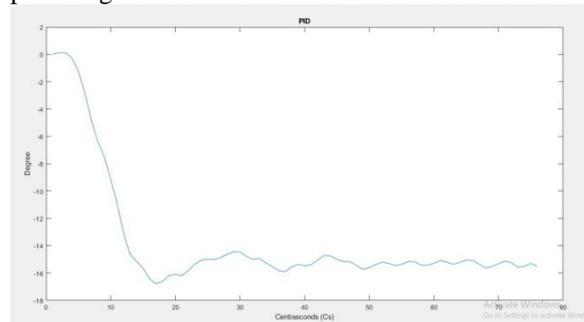
Pada Gambar 11. Menunjukkan respon gerak prototyper pada sudut uji -15°. Dapat dilihat pada grafik, gerak Segway tnpa kontrol memiliki osilasi yang besar dan tidak stabil. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya pengaturan gerak motor yang dapat menurunkan osilasi. Waktu yang dibutuhkan mencapai sudut uji adalah 1.1s dan max overshoot yang didapatkan senilai 26.1%. nilai error yang terjadi 4.95% sehingga performa prototype tidak bagus dan menghasilkan gerak yang tidak halus.

4.4.2 Sistem dengan Kontrol PID



Gambar 12. Grafik Gerak Respon Sistem kontrol PID 15 °

Pada Gambar 12 menunjukkan respon gerak *prototype* pada sudut referensi 0 ° ke sudut uji 15 °. Dapat dilihat pada grafik, gerak *Segway* dengan sistem kontrol *PID* masih memiliki *osilasi*, *Segway* tetap memiliki osilasi karena adanya *disturbance* yang mengganggu pergerakan *Segway*. tetapi respon gerak dengan kontrol *PID* jauh lebih stabil dibandingkan dengan yang tanpa kontrol. Karena fungsi kontrol *PID* yang dapat menghilangkan *error* dan mempercepat untuk mencapai *steady state*. Waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state* adalah 1.9s, dengan besar overshoot yang didapat 37.43% dan nilai *error* yang didapat dari perhitungan melalui Microsoft Excel adalah 5.06%.



Gambar 13. Grafik Gerak Respon Sistem kontrol PID -15 °

Pada Gambar 13 menunjukkan respon gerak *prototype* pada sudut referensi 0 ° ke sudut uji -15 °. Pada grafik, gerak *Segway* dengan sistem kontrol *PID* tetap memiliki *osilasi* karena gangguan dari *disturbance*. Tetapi dengan penggunaan sistem kontrol *PID*, *osilasi* yang besar dalam percobaan tanpa kontrol dapat berkurang, karena fungsi *PID* yang dapat memperbaiki respon gerak sistem. Waktu yang diperlukan untuk hampir mencapai sudut diinginkan adalah 4.6s, dengan nilai *maximum overshoot* yang didapat sebesar 11.95% dan nilai *error* yang didapat dari perhitungan melalui Microsoft Excel sebesar 7.66%.

Berdasarkan tabel 1, Gerak *prototype Segway* dengan sistem kontrol *PID* memiliki *Maximum Overshoot* yang lumayan tinggi diawal pergerakannya. Sedangkan *error* yang terjadi jauh menurun dibandingkan dengan tanpa kontrol. Gerak statis *prototype* lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan sistem kontrol tanpa *PID*. Hal ini

disebabkan karena fungsi parameter K_p , K_i dan K_d yang saling berkaitan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Perbandingan Tanpa PID dan dengan PID

No.	Parameter	Tanpa PID		PID	
		15°	-15°	15°	-15°
1.	Maximum Overshoot(%)	21.3%	14.9%	37.43%	11.95%
2.	Error(%)	37.86%	35.94%	5.06%	7.66%
3.	Settle time (s)	Tidak Tercapai	Tidak Tercapai	1.9 s	4.6 s

Parameter K_p yang berlaku sebagai penguat (gain) yang memberi pengaruh langsung. Parameter K_i berfungsi untuk memperbaiki *steady-state* sehingga grafik respon transien dengan sistem kontrol PID lebih baik. Parameter K_d berfungsi untuk mengatur kecepatan atau rate dari *error*, dimana umpan balik yang diberikan sebanding dengan kecepatan perubahan *error* terhadap waktu.

5. Kesimpulan

Dari Kesimpulan yang didapat, parameter yang didapat dari Segway berbasis Matlab/Simulink sebagai berikut.

- Parameter yang didapat dari sistem kontrol PID pada Segway adalah $K_p = 10$ KP, $K_i = 40$ KI dan $K_d = 0$ KD
- segway dengan sistem kontrol PID, pada kemiringan 15° didapat *Overshoot* 37.43%, sedangkan -15° didapat *Overshoot* 11.95%. *Error* dengan kemiringan 15° didapat 5.06% dan pada -15° 7.66%. Untuk *Settle time* dicapai dengan waktu 1.9 s pada kemiringan 15° sedangkan di -15° waktunya 4.6 s.
- Segway kontrol PID dapat bergerak statis kembali keposisi *steady state* (seimbang) dengan bantuan kontrol PID, dapat mengurangi *error* dan dapat mempercepat waktu menuju stabil. Tetapi overshoot yang dihasilkan masih terlalu tinggi, sehingga jika digunakan akan terjadi hentakan saat awal digerakkan. Butuh kontroler yang lebih baik agar tidak adanya disturbance. Penggunaan filter sebagai penyaring sinyal masuk pun juga berperan penting karena sinyal yang keluar dari sensor sangatlah sensitif sehingga penggunaan *highpass filter* dan *lowpas filter* sangatlah berpengaruh.

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu:

- Penggunaan kontrol PID sebenarnya cukup untuk prototype Segway, tetapi jika ingin mencari kenyamanan saat digunakan, disarankan agar menggunakan kontroler lainnya. Karena kontrol PID memiliki disturbance yang tidak dapat dihilangkan, maka hentakan akan tetap terjadi.

- Pemilihan komponen harus yang lebih bagus dan tahan lama, driver motor DC harus menggunakan driver motor yang bisa tahan dengan arus yang lebih tinggi.
- Osilasi tinggi dipengaruhi oleh getaran pada Segway yang besar sehingga sensor pun membaca getaran tersebut sebagai perubahan sudut. Hal tersebut juga terjadi dikarenakan *sensor MPU6050* yang sangat sensitif

Daftar Pustaka

- R. A. Saputra, A. Rusdinar, D. Ph, and C. Ekaputri, 2017, *Pengendalian Motor Satu Roda Dengan Pid - Fuzzy*, vol. 4, no. 2, pp. 1588–1595.
- Bimarta, Rizka, Agfianto Eko Putra, and Andi Dharmawan, 2015, *Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif*, Vol.5, No.1, pp.89–98.
- Rifai, Isnain Nur, Panji Saka, Gilab Asa, 2014, *Penerapan Algoritma Kendali Proportional Integral Derivative Pada Sistem Real Time Untuk Mempelajari Tanggapan Transien*, Vol.6, No.1, pp.37–41, 2014.

	<p>Anak Agung Bagus Sutasoma Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2016, dan menyelesaikannya pada tahun 2021.</p>
<p>Bidang penelitian yang diangkat dalam tugas akhir/skripsi adalah perancangan robotika berupa Segway dengan sistem kontrol PID.</p>	