

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KONTROL PID UNTUK KESEIMBANGAN SEPEDA

Design and Implementation of PID Control for Bicycle's Stability

Bayu Satya Adhitama¹, Erwin Susanto², Ramdhan Nugraha³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹satyadhitama@gmail.com, ²erwinelektro@telkomuniversity.ac.id, ³ramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi telah menciptakan banyak inovasi pada bidang transportasi. Salah satu jenis transportasi yang merasakan perkembangan teknologi adalah sepeda. Kecanggihan teknologi zaman berhasil merubah bentuk-bentuk sepeda beserta kemampuannya. Namun, masih sangat banyak teknologi canggih yang sudah diterapkan dikendaraan lain, belum diimplementasikan ke sepeda. Salah satu teknologi tersebut adalah sistem automasi. Sistem automasi pada sepeda dapat diterapkan diberbagai aspek pada sepeda, salah satunya automasi keseimbangan pada sepeda. Dengan menggunakan kontrol keseimbangan pada sepeda, sepeda dapat berjalan dengan sendirinya dengan osilasi kemiringan pada sepeda berada pada sekitar $\pm 0^\circ$. Kontrol keseimbangan otomatis pada sepeda dapat menjadi dasar untuk sistem automasi lain yang dapat diterapkan pada sepeda.

Kata Kunci : Sepeda, Keseimbangan, Kestabilan, Kontrol keseimbangan, PID

Abstract

The technology development has create many innovations on transportation. One kind of the vehicle that affected by technology decelopment is bicycle. Technology has transform the bicycle's basic shape and ability. However, there are a lot of technologies that has been implemented to other vehicle, hasn't been implemented to bicycle yet. One of the technologies is automation system. The automation system can be implemented to many aspects on bicycle, for example the balancing. The self-balancing control will make the bicycle running steadily without even falling. The self-balancing control will keep the bicycle oscillating on 0° angle. The self-balancing control on bicycle can be very useful for automation system development on bicycle.

Keywords : Bicycle, Balancing, Stability, Self-balancing, PID

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sangatlah cepat dan pesat dari tahun ke tahun. Salah satu aspek yang paling merasakan perkembangan teknologi adalah aspek transportasi. Kecanggihan teknologi sekarang berhasil membuat kendaraan-kendaraan yang canggih. Ini bisa dilihat dari dibuatnya mobil autopilot, kendaraan tanpa awak, mobil yang dapat parker secara otomatis, sistem autopilot pada pesawat, dll. Selain itu, sepeda juga merasakan keuntungan dari kecanggihan teknologi yaitu berupa bermacam-macamnya jenis sepeda yang masing-masing mempunyai spesialisasinya masing-masing. Tapi sayangnya, banyak teknologi canggih yang ada pada kendaraan lain tidak banyak diterapkan sepeda, terutama kontrol automasi pada sepeda. Kontrol automasi pada sepeda memiliki tantangannya sendiri, terlebih karena sepeda merupakan kendaraan roda dua yang membuat sepeda tidak termasuk kendaraan yang mudah stabil. Dibutuhkan penelitian yang cukup untuk dapat menciptakan sepeda yang dapat berjalan sendiri dengan seimbang

2. Dasar Teori

2.1 Kestabilan pada sepeda

Sebuah sepeda yang bergerak dengan dikendarai diseimbangkan oleh pergerakan pada steering. Umumnya steering diatur oleh pengendara untuk mencapai keseimbangannya [1]. Untuk mencapai keseimbangannya, berdasarkan teori, apabila sepeda miring ke kanan, maka *handlebar* harus diputar kearah kanan sehingga

menambahkan gaya sentripetal pada sepeda, dan pada akhirnya sepeda kembali ke posisi vertikal normalnya. Apabila *handlebar* digerakkan kearah sebaliknya, maka sepeda akan jatuh ke kanan [2].

2.2 Accelerometer

Accelerometer adalah sensor yang mengukur perubahan kecepatan dari suatu objek. Accelerometer dapat dimanfaatkan dengan baik dalam pengukuran getaran pada system dan orientasi sistem. Accelerometer merupakan sebuah *electromechanical devices* yang dapat mengukur *acceleration* dengan satu, dua maupun tiga axis dimana tiga axis berupa yaw, pitch, dan roll.

2.3 Gyroscope

Gyroscope adalah sebuah alat yang dapat mengukur kecepatan sudut[3]. Sebuah gyroscope berupa sebuah benda yang berotasi dan memiliki kecepatan sudut yang simetris pada satu sumbu [4][5].

2.4 Encoder

Encoder pada motor DC berfungsi untuk mendeteksi perputaran pada motor DC. Output oleh encoder berupa sinyal kotak yang hanya memiliki nilai HIGH dan LOW. Karakteristik sinyal kotak yang dikeluarkan dapat digunakan untuk berbagai macam perhitungan seperti mencari sudut, kecepatan motor (rpm), dll.

2.5 Kontrol PID

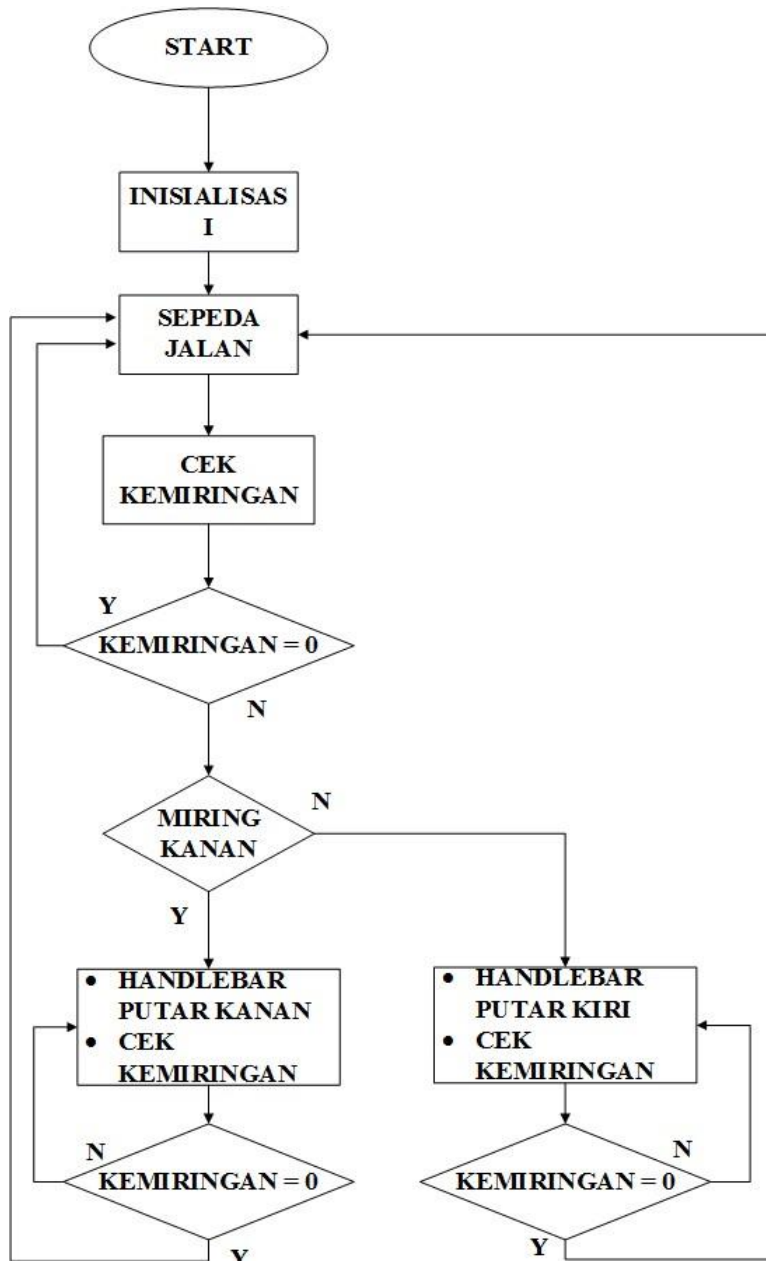
PID merupakan salah satu metode kontrol yang terdiri atas kontrol *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*. PID kontroler adalah salah satu kontrol yang cukup umum dipakai. PID juga merupakan kontrol klasik dan berhasil *survive* dari perkembangan teknologi dan tetap menjadi kontrol yang banyak dipakai [6].

Kontrol P memberikan input kontrol pada sistem proposional dengan error. Hanya menggunakan kontrol P memberikan nilai error yang tetap pada hampir tiap satuan waktu. Nilai kontrol P yang terlalu besar dapat membuat sistem menjadi tidak stabil. Kontrol I menjumlahkan hasil penjumlahan error sebelumnya dan input pada sistem kontrol. Proses penjumlahan error akan terus berjalan hingga nilai output didapat sesuai dengan nilai yang diinginkan. Dengan menggunakan kontrol I, nilai error tidak akan sama sepanjang waktu. Kontrol I biasanya digunakan bersamaan dengan kontrol P karena jika hanya menggunakan I membuat respon sistem lambat dan sistem terus berosilasi. Kontrol D menjumlahkan nilai perubahan error dan nilai input pada sistem. Kontrol D biasanya digunakan bersamaan dengan kontrol P atau PI. Memberikan kontrol D yang terlalu besar akan membuat sistem tidak stabil [7].

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Alur Sistem

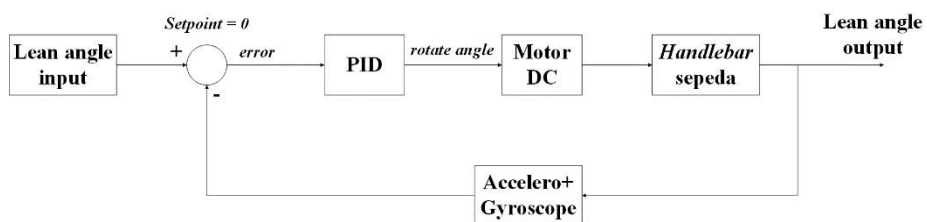
Perancangan algoritma pada alat berdasarkan teori dasar pada sepeda yaitu dengan menggerakkan motor DC pada *handlebar* sesuai dengan kemiringan yang dialami oleh sepeda. Apabila sepeda miring ke kanan, maka motor DC berputar agar *handlebar* bergerak kekanan. Apabila sepeda miring ke kiri, maka motor DC berputar ke kiri dan menggerakkan *handlebar* sehingga berputar ke kiri juga. Sedangkan motor BLDC terus berputar sehingga pada proses berjalannya alat, digunakan sepeda yang terus bergerak maju.



Gambar 1 Diagram Perancangan Alur Sistem

3.2 Perancangan Kontrol

Kontrol PID pada alat digunakan dengan menggunakan kemiringan sepeda hasil sensor IMU sebagai *input* dan sudut perputaran motor DC pada *handlebar* sebagai *output*.



Gambar 2 Perancangan Kontrol

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian Kontrol PID untuk Kestabilan Sepeda

- Cara Pengujian :

Pengujian dilakukan menjalankan sepeda kemudian diamati sudut kemiringan sepeda selama sepeda berjalan.

Pengujian ini menggunakan 5 nilai *sample* parameter-parameter PID dan dicari nilai parameter-parameter yang paling sesuai agar sepeda dapat berjalan stabil ditinjau dari sudut kemiringan sepeda selama sepeda berjalan. Kecepatan sepeda selama pengujian adalah konstan dengan kecepatan ±4.7 m/s.

- Hasil Pengujian :

$K_p = 150$ $K_i = 0$ $K_d = 0$

Pada pengujian ketika sepeda berjalan dengan kecepatan 4.7 m/s dan nilai $K_p = 150$, $K_i = 0$, $K_d = 0$, didapat grafik sudut kemiringan sepeda sebagai berikut :

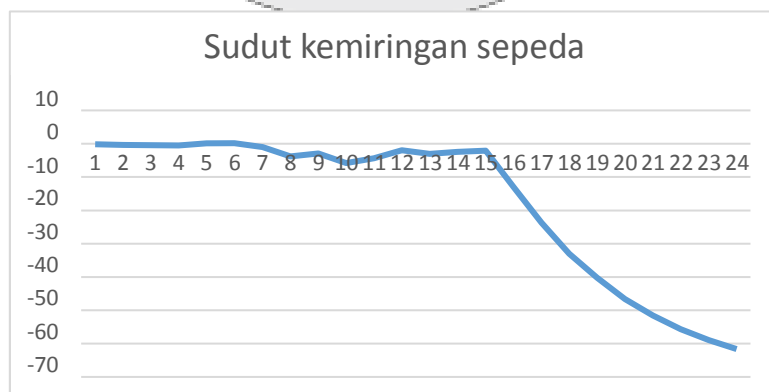


Gambar 3 Grafik sudut kemiringan sepeda dengan nilai $K_p = 150$, $K_i = 0$, $K_d = 0$

Berdasarkan grafik kemiringan sepeda, sudut sepeda berosilasi di sekitar 0 derajat hingga data *sample* ke-12 dengan nilai negative menandakan bahwa sepeda miring ke kiri dan nilai positif menandakan sepeda miring ke kanan. Dimulai dari data ke-12 sudut sepeda membesar hingga mencapai 60 derajat. Ini menandakan bahwa ketika proses pengujian pada data ke-20 sepeda sudah terjatuh.

$K_p = 300$ $K_i = 20$ $K_d = 0$

Pada pengujian kestabilan sepeda dengan sepeda berjalan dengan kecepatan 4.7 m/s dan nilai $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 0$, didapat hasil grafik kemiringan sudut sepeda :

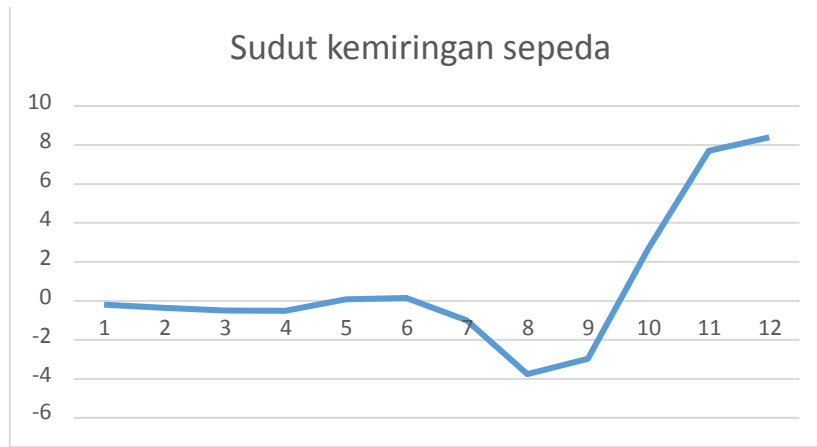


Gambar 4 Grafik sudut kemiringan sepeda dengan nilai $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 0$

Berdasarkan grafik sudut kemiringan sepeda selama sepeda berjalan dengan nilai parameter PID $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 0$, sudut kemiringan sepeda semakin membesar kekiri pada data *sample* ke-15 dan pada data *sample* ke-24 sudut kemiringan sebesar sekitar 60 derajat kearah kiri, ini menandakan bahwa sepeda terjatuh.

$K_p = 300$ $K_i = 0$ $K_d = 20$

Pada pengujian kestabilan sepeda dengan sepeda berjalan dengan kecepatan 4.7 m/s dan nilai $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 20$, didapat hasil grafik kemiringan sudut sepeda :

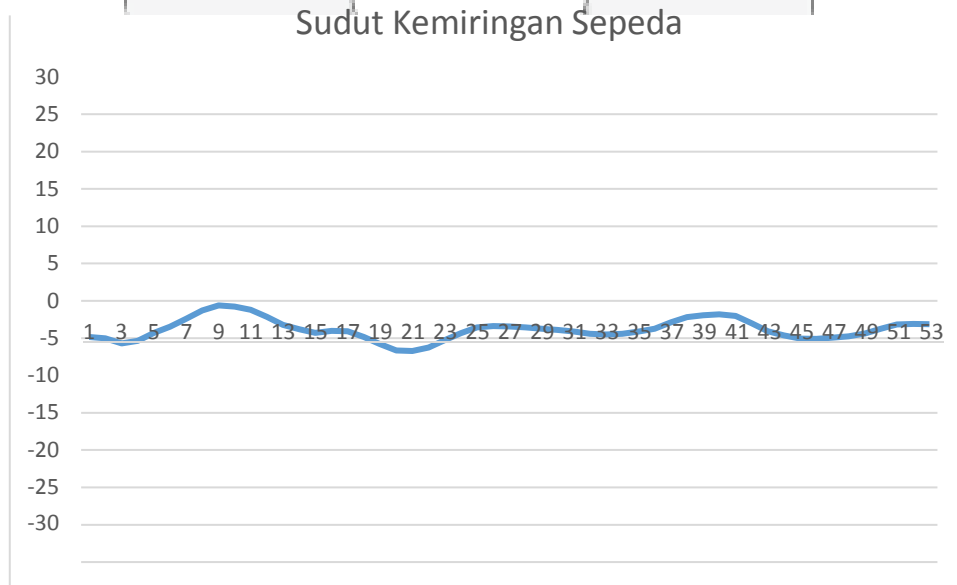


Gambar 5 Grafik sudut kemiringan sepeda dengan nilai $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 20$

Berdasarkan grafik sudut kemiringan sepeda selama sepeda berjalan dengan nilai parameter PID $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 20$, sudut kemiringan sepeda semakin membesar kekanan pada data *sample* ke-9 dan pada data *sample* ke-12 sudut kemiringan sebesar sekitar 8,4 derajat kearah kanan dan sepeda terjatuh ke kanan.

$K_p = 300$ $K_i = 0$ $K_d = 83$

Pada hasil pengujian kemiringan sepeda dengan nilai $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 83$, dengan nilai negatif menandakan bahwa sepeda miring ke kiri dan nilai positif menandakan bahwa sepeda miring ke kanan, didapat data kemiringan sepeda adalah :

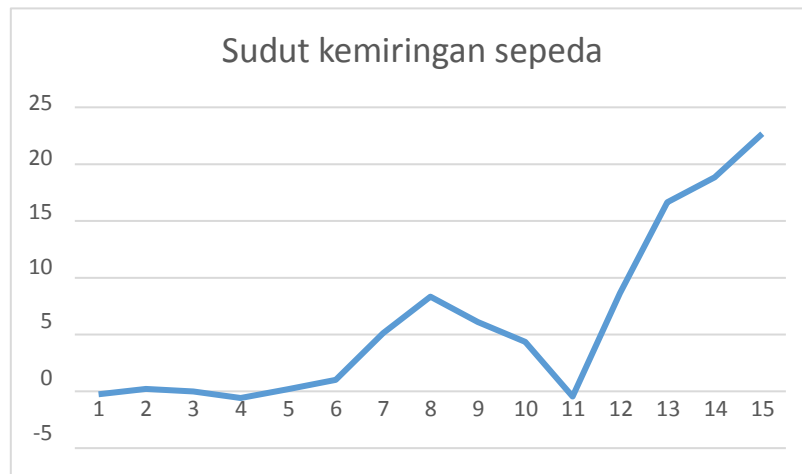


Gambar 6 Grafik sudut kemiringan sepeda dengan $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 83$

Dari table dan grafik diatas dapat dilihat bahwa selama ujicoba sepeda berjalan lurus dengan sudut maksimal yaitu 4.3871 derajat kearah kanan. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa sepeda dapat berjalan dengan stabil tanpa terjatuh.

$$K_p = 300 \quad K_i = 20 \quad K_d = 83$$

Pada pengujian kestabilan sepeda dengan sepeda berjalan dengan kecepatan 4.7 m/s dan nilai $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 83$, didapat hasil grafik kemiringan sudut sepeda :



Gambar 7 Grafik sudut kemiringan sepeda dengan nilai $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 83$

Berdasarkan grafik sudut kemiringan sepeda selama sepeda berjalan dengan nilai parameter PID $K_p = 300$, $K_i = 20$, $K_d = 83$, sudut kemiringan sepeda beresilasi hingga data *sample* ke-11 dan pada data *sample* ke-12 sudut kemiringan sebesar sekitar 8,4 derajat kearah kanan dan sepeda terjatuh ke kanan.

Pada pengujian kestabilan sepeda dengan mengubah-ubah nilai parameter PID diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter PID yang dapat membuat sepeda berjalan dengan stabil tanpa terjatuh adalah pada nilai $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 83$.

4.2 Pengujian Respon *Handlebar*

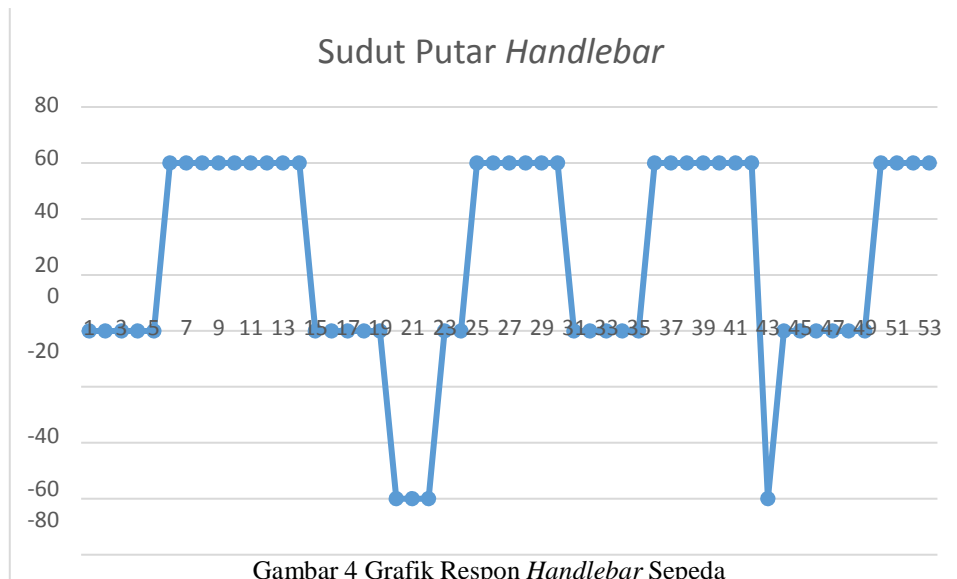
- Cara Pengujian :

Pengujian dilakukan dengan mengamati arah dan derajat perputaran *handlebar* yang ditentukan oleh perhitungan sebagai *output* PID dalam Raspberry Pi pada saat sepeda berjalan. Pengujian dilakukan dengan durasi 5 detik. *Setpoint* posisi *handlebar* adalah pada sudut 0 derajat.

Pengujian dilakukan dengan penggunaan nilai parameter PID dan kecepatan sepeda yang sama dengan pengujian kemiringan sepeda, yaitu $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 83$, dan kecepatan sepeda = 4.7 m/s

- Hasil Pengujian :

Dari hasil pengujian selama 5 detik, didapat respon perputaran *handlebar* selama pengujian berlangsung dengan jumlah *sample* data sebanyak 53 *sample*.



Dengan membandingkan data diatas dengan data kemiringan pada sepeda, dapat disimpulkan bahwa *handlebar* berputar apabila sepeda miring pada sudut lebih besar dari 1 derajat kearah kanan maupun kiri.

Dengan mengamati grafik diatas, terjadi beberapa kali sudut putar *handlebar* diposisi 0 derajat secara berurutan, yang dapat disimpulkan selama berjalannya sepeda, perputaran *handlebar* cukup stabil.

Dengan membandingkan grafik diatas dengan grafik data pengujian kemiringan sepeda, dan mengacu pada teori untuk menstabilkan sepeda, maka respon *handlebar* pada kemiringan sepeda sudah sesuai

5. Kesimpulan

- Sensor accelerometer dan gyroscope mempunyai nilai error yang cukup kecil dengan maksimal nilai error sebesar 5.336 %
- Dengan menggunakan PID dengan parameter $K_p = 300$, $K_i = 0$, $K_d = 83$, dan sepeda berjalan dengan kecepatan 4.7 m/s, sistem dapat berjalan dengan stabil tanpa terjatuh.
- Pada kemiringan yang ekstrim ($>20^\circ$) kontrol PID tidak dapat membuat sepeda kembali stabil sehingga sepeda akan terjatuh.
- Kontrol PID untuk kestabilan sepeda tidak akan berjalan dengan baik apabila perancangan mekanika pada alat tidak cukup baik

Daftar Pustaka :

- [1] J. D. G. Kooijman, J. P. Meijaard, J. M. Papadopoulos, A. Ruina and A. L. Schwab, "A Bicycle Can Self-Stable Without Gyroscopic And Caster Effect," 2011.
- [2] Instituut voor Rijwielontwikkeling, *De Stabiliteit Van Het Rijwiel*, Delft, 1949.
- [3] A. Burg, A. Meruani, B. Sandheinrich and M. Wickmann, "MEMS Gyroscopes and Their Applications".
- [4] W. James, "The Gyroscope".
- [5] E. Butikov, "Precession and Nutation of a Gyroscope," *European Journal of Physics*, 2006.
- [6] K. J. Åström, *Control System Design*, 2002.
- [7] Atmel®, "AVR221 : Discrete PID Controller," 2006.

