

SISTEM KENDALI GERAK SEGWAY BERBASIS MIKROKONTROLER

Lukas B. Setyawan¹, Deddy Susilo², Dede Irawan³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

¹lukas.bs@gmail.com, ²deddy.susilo@gmail.com, ³dextination01@yahoo.co.id

INTISARI

Makalah ini menjelaskan sistem kendali pergerakan Segway, yaitu sebuah kendaraan personal yang memiliki bentuk yang unik dengan dua roda di sisi kiri dan kanan, serta memiliki sebuah stang. Sistem dibentuk menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pusat sistem kendali dengan pengolahan kecepatan motor menggunakan metode PID. Sensor pendukung yang digunakan antara lain sensor sudut menggunakan accelerometer, sensor kecepatan sudut menggunakan gyroscope, dan sensor simpangan stang menggunakan potensiometer. Segway ini mampu mengangkat beban maksimum sebesar 70 kg. Kecepatan maksimum sistem sebesar 5,5 km/jam pada jalan datar. Pada kecepatan 2,7 km/jam dengan beban 53 kg Segway dapat bertahan selama 60 menit.

Kata kunci: Segway, Sistem kendali gerak segway, Kontrol PID, Mikrokontroler ATmega 8535, Accelerometer, Gyroscope, Potensiometer.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

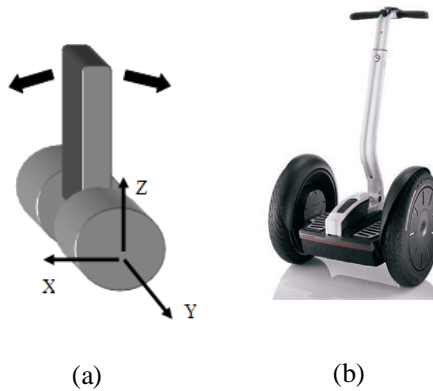
Perkembangan teknologi kendaraan bermotor sekarang ini sangatlah diperlukan demi memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin bervariasi. Salah satunya adalah diciptakannya kendaraan segway, namun kendaraan jenis ini masih jarang ditemukan di Indonesia. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian terhadap kendaraan ini agar dapat menghasilkan kendaraan sejenis walaupun menggunakan

komponen dan bahan yang berbeda dengan segway impor. Untuk menghasilkan kendaraan tersebut, yang paling diperlukan adalah merancang sistem kendalinya.

2. DASAR SISTEM KENDALI GERAK SEGWAY

2.1. Cara Kerja Gerak Segway

Segway pada dasarnya adalah sebuah robot yang dikenal dengan sebutan “*balancing robot*”. *Balancing robot* bekerja dengan cara memutar kedua rodanya agar tubuhnya tetap tegak. Apabila tubuh robot semakin miring ke depan, maka rodanya juga akan semakin cepat berputar ke depan, sehingga posisi tubuh robot menjadi tegak kembali, begitu juga sebaliknya. Namun ada perbedaan antara *balancing robot* dan segway, yaitu segway dapat berbelok ke kiri dan ke kanan. Agar dapat berbelok ke kiri atau ke kanan, maka kecepatan rodanya harus dibuat berbeda. Perbedaan kecepatan tersebut ditentukan berdasarkan kemiringan stang. Gambar *balancing robot* dan segway dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. (a) *Balancing Robot* (b) Segway

2.2. Komponen Sistem Kendali Gerak Segway

Berdasarkan cara kerja gerak segway, maka komponen pembentuk sistem ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian elektrik dan perangkat lunak. Sedangkan untuk pengaplikasiannya, diperlukan suatu bagian pendukung yaitu bagian mekanik. Bagian mekanik ini sendiri terdiri dari rangka, pijakan, stang, roda dan *gear*. Kemudian bagian elektrik terdiri dari kontroler yang menggunakan mikrokontroler ATmega 8535, sensor sudut menggunakan accelerometer, sensor kecepatan sudut menggunakan gyroscope, sensor simpangan stang menggunakan

potensiometer, *driver motor* menggunakan *driver motor* DC jembatan H, motor menggunakan *starter motor*, serta catu daya menggunakan aki kering. Sedangkan bagian perangkat lunak terdiri dari pengakses sensor sudut, pengakses sensor kecepatan sudut, pengakses sensor simpangan stang, metode kendali PID, penghasil PWM serta *low pass filter*.

2.3. Cara Kerja Sistem Kendali Gerak Segway

Keseluruhan cara kerja sistem ini diatur oleh perangkat lunak yang ditanamkan pada kontroler. Sehingga kontroler di sini berfungsi sebagai pusat sistem kendali. Secara garis besar cara kerja sistem ini dimulai dari mengambil nilai sudut dari sensor sudut, kemudian mengambil nilai kecepatan sudut dari sensor kecepatan sudut. Nilai sudut yang telah didapatkan digunakan untuk mencari selisih sudut terhadap sudut acuan. Semakin besar selisih maka semakin besar pula keluaran. Sedangkan nilai kecepatan sudut digunakan sebagai kompensasi keluaran. Nilai-nilai tersebut diolah menggunakan metode PID, dengan persamaan sbb:

$$PID = K_p \cdot e[n] + K_i \cdot \{e[n] + e[n-1] + \dots + e[n-k]\} \cdot \Delta t + K_d \cdot \{e[n] - e[n]\} / \Delta t. \quad [2.1]$$

Dengan:

PID merupakan nilai keluaran

$e[n]$ merupakan selisih antara sudut aktual dengan sudut acuan,

K_p merupakan konstanta *proportional*,

K_i merupakan konstanta *integral*,

K_d merupakan konstanta *differential*, dan

Δt merupakan waktu sampling.

Dalam kasus ini, nilai $\{e[n] - e[n]\} / \Delta t$ pada metode *differential* sama dengan kecepatan sudut. Sehingga Persamaan 2.1 dapat diganti dengan:

$$PID = K_p \cdot e[n] + K_i \cdot \{e[n] + e[n-1] + \dots + e[n-k]\} \cdot \Delta t + K_d \cdot \{\text{kecepatan_sudut}\} \quad [2.2]$$

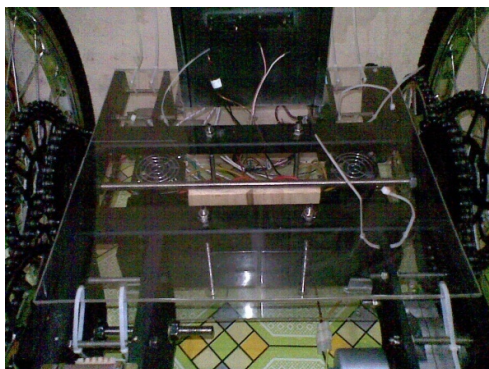
Nilai PID ini berfungsi sebagai acuan nilai PWM untuk mengendalikan kecepatan kedua motor. Namun sebelum dijadikan nilai PWM, nilai PID tersebut terlebih dahulu ditambahkan dengan nilai simpangan stang. Nilai simpangan stang

ini berfungsi untuk membedakan kecepatan motor kiri dan motor kanan agar segway dapat berbelok. Setelah mendapatkan nilai PWM maka kecepatan dan arah putaran motor dapat dikendalikan. Namun untuk mengendalikan motor yang berdaya besar, dibutuhkan suatu rangkaian untuk menghubungkan kontroler dan catu daya pada motor tersebut. Rangkaian tersebut adalah *driver motor*. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai sensor sudut, kecepatan sudut dan simpangan stang diolah menggunakan metode PID untuk menghasilkan kecepatan motor pada roda segway berdasarkan nilai PWM hasil dari pengolahan tersebut.

3. HASIL PENGUJIAN SISTEM

3.1. Bagian Mekanik

Segway memiliki dimensi total sebesar 70x50x128cm. Realisasi Segway dapat dilihat di Gambar 3.1.

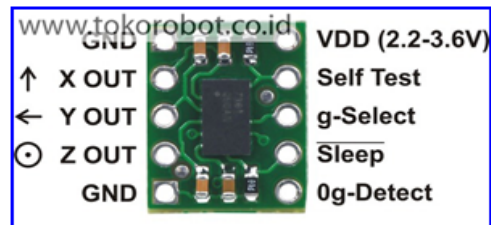




Gambar 3.1. Segway Yang Telah Di realisasikan

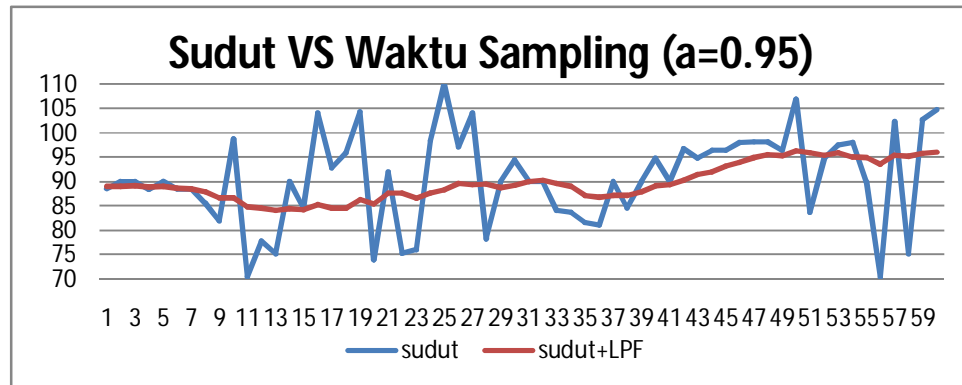
3.2. Bagian Elektrik dan Perangkat Lunak

3.2.1. Accelerometer dan Low Pass Filter



Gambar 3.2. sensor accelerometer MMA7341 3-axis

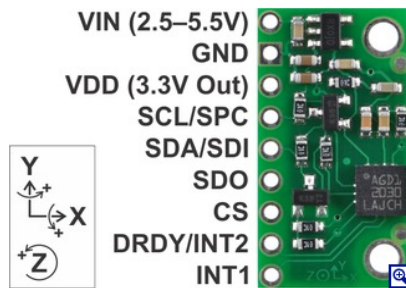
Dari hasil pengujian terlihat bahwa sensor mengalami gangguan akibat getaran dari motor. Oleh karena itu pada sistem ini diperlukan suatu *low pass filter* untuk meredam derau tersebut. Dengan menggunakan *low pass filter* tersebut, hasilnya sangat efektif dalam meredam derau yang terjadi. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil Pengujian Accelerometer dan Low Pass Filter

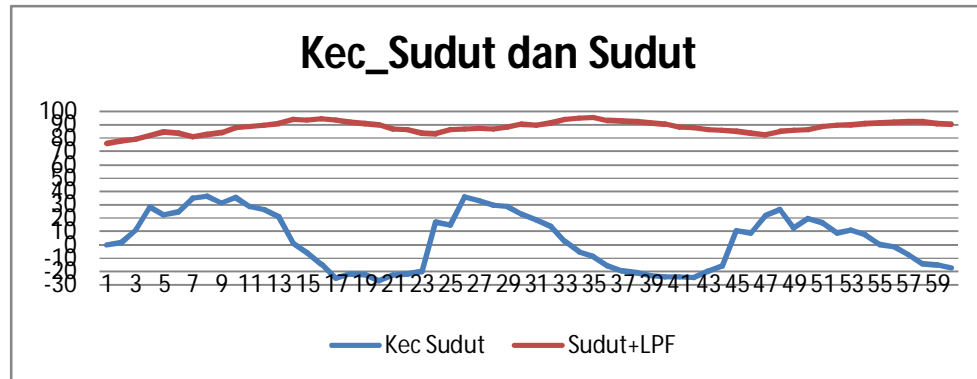
Grafik warna biru merupakan keluaran accelerometer saat mendapat getaran dari motor. Sedangkan grafik warna merah merupakan keluaran sensor accelerometer yang telah difilter dengan *low pass filter* digital .

3.2.2. Gyroscope dan Respon Sistem



Gambar 3.4. sensor gyroscope L3G4200D 3-axis

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon dari sensor gyroscope yang digunakan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa respon sensor terbukti dapat mengikuti keadaan sistem. Saat sudut sistem meningkat, terlihat nilai sensor mulai menurun. Sedangkan saat sudut sistem menurun, terlihat nilai sensor mulai meningkat. Ini menunjukkan bahwa sensor dapat merespon keadaan sistem.

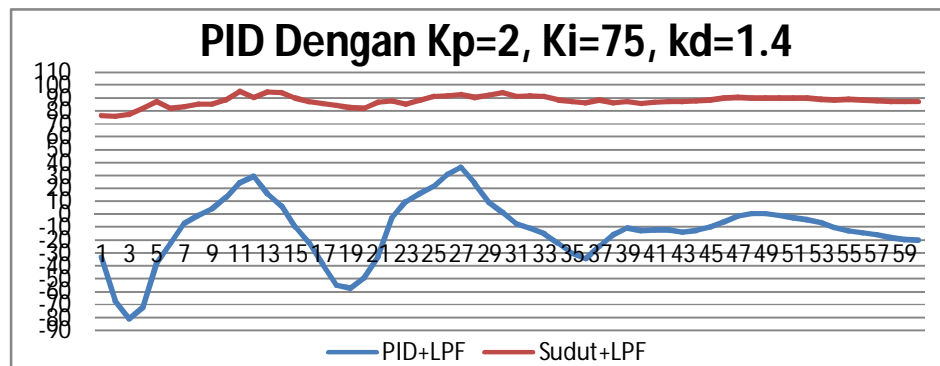


Gambar 3.5. Hasil Pengujian Gyroscope

Sedangkan respon sistem secara keseluruhan dapat dilihat dari selang waktu terjadinya perubahan nilai keluaran sensor ini. Dari pengujian yang dilakukan terlihat bahwa nilai yang terukur pada setiap waktu *sampling* berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa respon minimum sistem sama dengan waktu *sampling*. Berdasarkan perhitungan dari lamanya perulangan setiap *sampling* didapatkan sekitar 4ms. Jadi dengan kata lain respon minimal sistem adalah sekitar 4ms.

3.2.3. Metode Kendali PID

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ideal antara konstanta *proportional*, *integral* dan *differential*. Dengan mengamati reaksi sistem, maka dapat ditentukan besar perbandingan konstanta-konstanta idealnya. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan perbandingan konstanta ideal agar sistem lebih stabil yaitu sebesar: $K_p=2$, $K_i=75$ dan $K_d=1.4$. Dimana nilai-nilai tersebut didapatkan dengan cara eksperimen berdasarkan reaksi dari sistem.



Gambar 3.6. Hasil Pengujian PID

3.2.4. Beban dan Kecepatan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan besarnya kemampuan beban maksimum dan kecepatan maksimum sistem. Pengujian ini dilakukan pada dua kondisi permukaan jalan, yaitu pada permukaan aspal dan porselin, serta dengan pembebanan yang bervariasi. Tabel 3.1 adalah tabel pengujian beban dan kecepatan.

Tabel 3.1. Hasil Pengujian Beban dan Kecepatan

No	Beban	Kecepatan
1	<10 kg	5,5 km/jam
2	<20 kg	5,5 km/jam
3	<30 kg	5,5 km/jam
4	<40 kg	5,5 km/jam
5	<50 kg	5,5 km/jam
6	<60 kg	5,5 km/jam

3.2.5. Pengujian Bidang Miring

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan sistem saat melewati permukaan jalan miring pada beban 53 kg. Hasil yang didapat adalah sistem dapat melewati bidang dengan kemiringan sampai 10° . Di atas kemiringan tersebut sistem menjadi lebih sulit untuk bergerak.

3.2.6. Pengujian Ketahanan Catu Daya

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu maksimum penggunaan segway. Pengujian ini juga dilakukan pada dua kondisi jalan serta beban 53 kg, dengan hasil seperti Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2. Hasil Pengujian Ketahanan Catu Daya Di Permukaan Halus

No	Percobaan	Waktu	Kecepatan Rata-Rata
1	I	58 menit	2,8 km/jam
2	II	57 menit	2,8 km/jam
3	III	62 menit	2,7 km/jam
4	IV	61 menit	2,7 km/jam

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Ketahanan Catu Daya Di Permukaan Kasar

No	Percobaan	Waktu	Kecepatan Rata-Rata
1	I	23 menit	2,9 km/jam
2	II	27 menit	2,8 km/jam
3	III	30 menit	2,7 km/jam
4	IV	29 menit	2,7 km/jam

4. PENUTUP

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sbb:

1. Keluaran sensor accelerometer menghasilkan derau yang diakibatkan oleh getaran motor.
2. Koefisien *low pass filter* ideal pada perancangan ini adalah sebesar $a=0,95$.
3. Dengan menggunakan perbandingan nilai $K_p=2$, $K_i=75$ dan $K_d=1,4$ menunjukkan bahwa keluaran PID paling stabil.
4. Dari percobaan didapatkan beban maksimum sistem yang dirancang sebesar 70 kg.
5. Kecepatan maksimum sistem adalah 5,5 km/jam pada jalan datar.
6. Ketahanan daya yang dapat dicapai adalah ± 60 menit saat digunakan pada kecepatan rata-rata 2,7 km/jam pada beban 53 kg pada permukaan jalan yang halus.
7. Sistem dapat melewati bidang miring sampai 10 derajat pada beban 53 kg.
8. Hambatan yang terjadi disebabkan oleh faktor torsi motor yang kurang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Colton, Shane, "A Simple Solution For Integrating Accelerometer And Gyroscope Measurements For A Balancing Platform", Submitted as a chief Delphi white paper, 25 Juni 2007.

- [2] Laksana, Andra, “Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral”, Makalah, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2011.
- [3] -----, MMA7341L 3-Axis Accelerometer 3/11g [online], <http://www.tokorobot.co.id>, diakses tanggal 10 Oktober 2012.
- [4] -----, L3G4200D 3-Axis Gyro Carrier With Voltage Regulator [online], <http://www.pololu.com>, diakses tanggal 21 Oktober 2012.
- [5] -----, Segway i2 [online], <http://www.sunglidetours.wordpress.com>, diakses tanggal 10 Agustus 2012.