

# PERANCANGAN KONTROLER PID PREDIKTIF ROBOT MODEL SEGWAY

Tri Hendrawan Budianto <sup>1)</sup>,  
<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Bangka Belitung  
Pangkalpinang, Indonesia  
e-mail: [trihendrawan@gmail.com](mailto:trihendrawan@gmail.com)

**Abstrak** – Kontroler Robot model *Segway* merupakan *plant* yang tidak linier dengan banyak gangguan dari internal maupun eksternal. Dengan perubahan sudut karena pengaruh beban saat bergerak atau sudut elevasi dari titik tegak untuk mencapai titik seimbang robot. Adapun pengaruh gangguan akan memperbesar sudut elevasi yang harus diredam agar tetap seimbang. Untuk mendeteksi perubahan sudut kemiringan, maka diperlukan sensor yang bisa membaca perubahan sudut dan gangguan yang terjadi terhadap *plant*.

Untuk mempertahankan keseimbangan dapat diselesaikan dengan kontroler PID, sedangkan untuk mendeteksi perubahan yang akan terjadi akan datang diperlukan kontrol prediksi. Robot ini memiliki kemampuan untuk menjaga keseimbangan dengan dua roda dan bekerja pada sudut -8 derajat sampai +8 derajat untuk memperoleh keseimbangan.

Kata kunci : kontroler, gangguan, sudut elevasi

*Abstract – The segway plant has a certain load change and noise thus require a controller that can handle both these problems. PID controller is able to control the plant when angle inclination changes that occurred not too large. For the PID, the value of sensor variables are angle elevation, then its parameters estimation problem is also different from the estimation of the parameters that are not angle valued, the reason is the nonexistence of linearity from data accelerometer sensor.*

*This robot has ability to maintain balance with two wheels and work at an angle of -8 degrees to +8 degrees to obtain a balance.*

**Keyword** : controls, distract, angle elevation

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robot mendorong menciptakan alat yang mampu digunakan untuk mendukung aktifitas sehari-hari. Dengan rutinitas sehari-hari yang semakin padat memerlukan alat yang mudah dan efektif.

Robot dua roda telah menarik banyak peneliti untuk mengetahui dan menerapkan ke dalam peralatan dari sifat tidak linier menjadi linier. Dan mempunyai sistem dinamik pada saat bergerak dari titik awalnya. Berbagai metode dan kontroler telah digunakan oleh banyak peneliti untuk mengontrol keseimbangan sendiri.

Robot ini menggunakan 3 sensor untuk merepresentasikan sudut elevasi, sedangkan pergerakan sudut elevasi. Adapun perubahan sudut elevasi dari sensor diubah ke tegangan analog. Perubahan sudut yang tidak linier akan menjadi masalah tersendiri begitu juga pada gangguan. Sehingga ditarik permasalahan untuk menyelesaikan perubahan sudut dan gangguan

antara lain: 1. Mencari sudut elevasi atau sudut gerakan  
2. Letak titik berat robot  
3. Menyelesaikan kontroler terhadap gangguan internal dan eksternal.

## II. TEORI PENUNJANG

Untuk mendapatkan keseimbangan robot yang dipengaruhi oleh sudut gerakan, kecepatan roda dan gangguan yang mempengaruhi robot. Untuk mengendalikan gerakan robot yang tidak linier, maka dibutuhkan kontroler yang bisa memprediksi jatuhnya robot di saat posisi tegak menuju kondisi maju atau mundur dari titik awalnya.

### Sensor MMA7260Q [3]

Sensor percepatan MMA7260Q buatan *Freescale Semiconductor* mempunyai 6 buah fungsi pengukuran yaitu kemiringan (tilt), posisi (positioning), gerakan (movement), getaran (vibration), jatuh (fall), dan benturan (shock). [1]

Tabel 1 Selektor Sensitivitas

g-Range	Sensitivity (mV/g)	g-Select 1	g-Select 2
1.5g	800	0	0
2g	600	1	0
4g	300	0	1
6g	200	1	1

Diberikan tegangan masukan sensor ( $V_{DD}$ ) sebesar 3.3 volt, diperoleh tegangan *offset* ( $V_{offset}$ ) adalah:

$$V_{offset} = \frac{V_{DD}}{2} = \frac{3.3}{2} = 1.65(volt)$$

Nilai 2 sebagai pembagi jarak dalam ruang bawah sensor dengan ruang atas sensor.

### Low Pass Filter (LPF)[6]

Filter adalah sebuah rangkaian analog untuk melewatkan frekuensi rendah dan meredam frekuensi tinggi. Sensor percepatan MMA7260Q bekerja pada frekuensi rendah, sehingga LPF sangat sesuai untuk digunakan. Adapun filter terbagi yaitu filter analog dan filter digital. Untuk filter digital dibuat dengan memasukkan rumus-rumus filter analog ke dalam program.

### Estimator Kalman[2]

Suatu metode filter yang digunakan untuk mengfilter noise yang tidak diperlukan setelah proses filter analog agar menghasilkan sinyal yang diinginkan karena pengaruh gangguan internal dan eksternal dari sensor setelah melalui LPF analog. Metode ini menyelesaikan filter dari non linier menjadi linier melalui solusi *recursive*.

Estimator Kalman ini memiliki kemampuan dalam estimasi dan prediksi. Estimasi adalah kemampuan memperkirakan nilai sekarang berdasarkan nilai – nilai yang lalu dan hasil pengukuran saat itu, sedangkan prediksi adalah kemampuan untuk memperkirakan nilai yang akan datang berdasarkan nilai – nilai yang lalu dan sekarang.

### Measurement Update (Koreksi)

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (y_k - H \hat{x}_k^-)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (H_k x_k + v_k - H \hat{x}_k^-)$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_k^-$$

### Time Update (Prediksi)

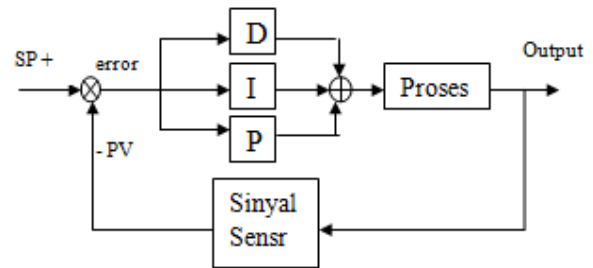
$$\hat{x}_{k+1}^- = A_k \hat{x}_k + B_k u_k$$

$$P_{k+1}^- = A_k P_k A_k^T + Q_k$$

### Kontroler PID

Kontrol logika PID digunakan untuk sistem yang cukup kompleks dan membutuhkan ketelitian tinggi. Dalam PID terdapat tiga proses utama yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Tuning kontrol PID ini bertujuan untuk menentukan parameter aksi kontrol agar robot bias bergiri tegak. Proses ini dapat dilakukan dengan cara *trial and error*. Adapun nilai yang diberikan berupa konstanta P-I-D pada formula PID hingga di peroleh hasil yang di inginkan, dengan mengacu pada karakteristik pada kontroler PID.

Tujuan menggunakan kontroler PID artinya kita nantinya bertujuan mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error*, nilai *error* tersebut diolah dengan formula PID untuk dijadikan suatu sinyal kontrol yang akan diteruskan ke aktuator. Perhatikan Gambar 1 blok diagram dibawah ini:



Gambar 1. Blok Diagram Kontroler PID

### Motor Searah[6]

Motor searah yang digunakan yang mempunyai reduksi / *gearbox*, dengan tujuan gerakan yang ditimbulkan oleh gangguan bisa dkecilkan dan digunakan dengan motor searah yang dikhususkan dalam aplikasi robot.

Bila ingin mengatur arah putaran motor searah maka yang diperlukan yaitu mengubah polaritas tegangan di sisi sumber motor tersebut dan ini dikerjakan oleh driver *MOSFETs*.

### Driver MOSFETs[6]

Dalam driver ini digunakan tegangan 12 volt dan arus lebih dari 2 *ampere*. Kegunaan driver *MOSFETs* bertujuan agar respon dari sinyal yang diberikan oleh sensor dan mikro bisa dikerjakan dengan cepat. Pada rangkaiannya digunakan kanal P dan kanal N dengan konfigurasi huruf H. Prinsip kerjanya untuk mengatur putaran motor arah kanan dan kiri dengan empat buah *MOSFETs*.

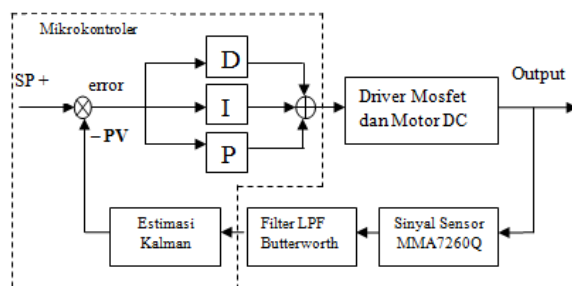
Tabel 2 Operasi H-Bridge MOSFETs

A	B	C	D	AksiMotor
0	0	0	0	Bebas
1	0	0	1	Kanan / Searah jarum jam
0	1	1	0	Kiri / Berlawanan jarum jam
0	0	1	1	Pengereman
1	1	0	0	Pengereman

### III. PERANCANGAN SISTEM

Pada Robot di berikan tiang sebagai *pendulum*, adapun tiang bertujuan untuk bisa seimbang sendiri dari perubahan gangguan yang ditimbulkan dari dirinya maupun dari luar. Hasil deteksi sensor berupa sinyal *analog* yang diletakkan dibawah pendulum agar mengetahui berapa banyak gangguan karena pengaruh sudut dari tiang yang bergerak. Sensor tersebut sangat sensitif, sehingga untuk mendapatkan sudut yang diinginkan diperlukan penghilang / *filter* dari gangguan. Sensor yang digunakan adalah sensor MMA7260Q memiliki *bandwidth response* untuk sumbu x dan y sebesar 350 Hz dan sumbu z sebesar 150 Hz.[5] Adapun *filter* menggunakan rangkaian analog *butterworth* orde 4 dengan frekuensi cut – off sebesar 10 Hz [4]

Dengan pemilihan frekuensi *cut-off* 10 Hz agar dapat menghilangkan gangguan getaran motor dan perubahan putaran motor dari polaritas *MOSFETs*



Gambar 2 Blok Diagram Robot Keseimbangan

### Pemodelan Kontroler PID

*Input* pertama yang diberikan dalam perancangan PID diberi nama *error*. Untuk nilai yang digunakan untuk *input error* dalam aplikasi pengaturan kecepatan motor searah pada implementasi robot tersebut sebagai set point (SP).

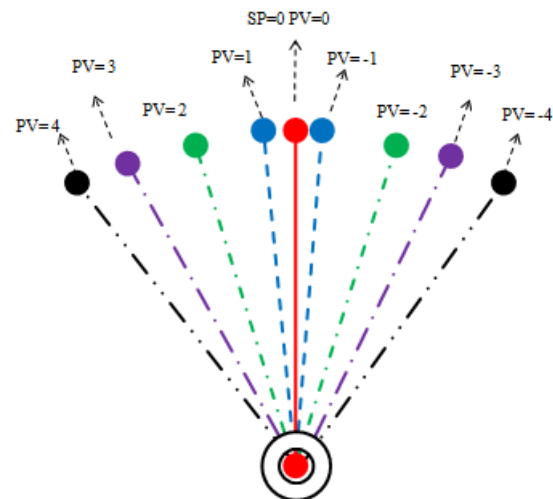
$$\text{Error} = \text{SP} - \text{PV}$$

Dimana:

Error adalah kesalahan, merupakan simpangan antara variabel terukur (PV) dengan nilai acuan (SP)

SP adalah set point, merupakan nilai acuan atau referensi agar diperoleh robot tegak.

PV adalah present value, suatu nilai dari sensor sebagai nilai umpan balik.



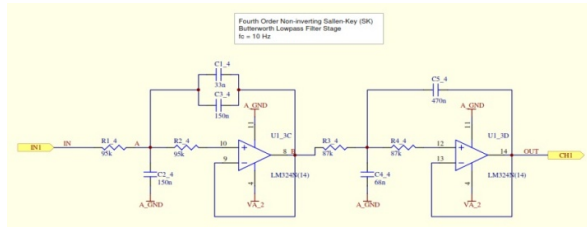
Gambar 3 Proses Pemetaan Keseimbangan

### Perancangan Alat

Perancangan ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain: rangkaian mikrokontroler, konstruksi mekanik, motor searah, sensor MMA7260, *display LCD*, driver *MOSFET*, *LPF Butterworth*.

### Low Pass Filter (LPF) Butterworth[4]

Dalam LPF menggunakan *Butterworth* orde 4 dengan frekuensi *cut – off* 10 Hz *non-inverting Sallen-Key* (SK). *LPF Butterworth* orde 4 dibuat untuk menapis pengaruh getaran yang ditimbulkan oleh motor.



Gambar 4 LPF Butterworth orde 4[6]

## IV. IMPLEMENTASI DAN ANALISA

### Pengujian Alat

Pengujian dari sistem dilakukan untuk mengetahui alat bekerja dengan benar dan mengalami kesalahan sekecil. Perubahan sudut kemiringan yang masuk mengubah performa dari metode PID yang telah diimplementasikan. Robot model *Segway* ini mampu berhenti pada saat mencapai seimbang, karena sistem dirancang *free running* dan masing-masing iterasi membutuhkan waktu  $\pm 12$  ms.

### Pengujian Kontroler PID

Dengan memberikan perubahan dari nilai *error* terhadap *output* yang digunakan untuk mengubah pwm motor.

Tabel 4 Inisialisasi PWM Motor

	Error	PWM Motor	Posisi Robot
$PV=4$	20	70	Maju Cepat
$PV=3$	10	65	Maju Sedang
$PV=2$	5	60	Maju Sedang
$PV=1$	3	40	Maju Pelan
$PV=0$	0	0	Berhenti
$PV=-1$	-2	20	Mundur Pelan
$PV=-2$	-4	39	Mundur Sedang
$PV=-3$	-10	55	Mundur Sedang
$PV=-4$	-20	70	Mundur Cepat

Robot keseimbangan bekerja dari sudut  $+8^0$  sampai  $-8^0$  pada kecepatan searah jarum jam sebesar 80 rpm (maksimum) dan berlawanan arah jarum jam sebesar 50 rpm (maksimum). Perbedaan ini dikarenakan *setting* sensor terhadap titik tengah robot.

### Pengujian Driver MOSFET

Pengujian driver motor dengan memberikan tegangan output dari mikrokontroler sebagai data pada motor searah. Pemberian data digunakan untuk mendapatkan kecepatan putaran roda motor searah. Pengujian kecepatan dengan mengeluarkan data PWM sebagai sinyal *pwm\_out* melalui PID.

## V. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa bahwa kontroler PID prediktif dapat mempertahankan keseimbangan robot dengan memberikan gangguan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan pengaturan estimator Kalman dapat membantu mempertahankan dari gangguan.
2. Robot bekerja pada sudut  $-8^0$  sampai  $+8^0$  untuk memperoleh kesimbangan dengan  $SP=0$ ,  $PV=0$

### Daftar Pustaka

- [1]. Data sheet MMA7260Q.
- [2]. Kalman, RE. (1960). "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problem<sup>1</sup>", Transaction of the ASME – Journal of basic engineering, series D.82. 34-45
- [3]. Kimberly Truck, 2007. "Tilt Sensing Using Linear Accelerometer", Freescale Semiconductor, Inc.
- [4]. Luethi, Peter. (2001). "4th Order Butterworth Filter Stage", page 3 of 8 Dietikom, Switzerland
- [5]. Purwono, Yusuf, (2011). "Perancangan Dan Implementasi Embedded PID Controller Menggunakan Mikrokontroler Untuk Pengaturan Kestabilan Gerak Robot Segway Mini". Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6]. Budianto, tri hendrawan (2012). "Perancangan Kontroler Fuzzy Prediktif Robot Model Segway". Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember.