

PENGEMBANGAN PENGENDALI KECEPATAN DENGAN INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA *BRAIN-CONTROLLED WHEELCHAIR*

Dicky Aria Pamungkas

NRP : 1322009

E-mail : dickyariapamungkas@gmail.com

ABSTRAK

Brain-controlled wheelchair merupakan salah satu inovasi berbasis sistem *electroencephalography* (EEG) yang sedang dikembangkan saat ini untuk penderita disabilitas. Pengendalian kecepatan merupakan fokus pengembangan pada *brain-controlled wheelchair* sebagai keamanan pengguna. Pada Tugas Akhir ini dirancang sistem pengendali kecepatan menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) pada kemiringan mendatar, menurun dan menaik.

Pada Tugas Akhir ini membahas perancangan dan implementasi pengendali kecepatan menggunakan kontroler PID. Kontroler PID ini terdiri dari 3 parameter, yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Ketiga parameter ini didapat menggunakan *tuning* PID. Metode *tuning* PID yang digunakan adalah metode Ziegler-Nichols I dan Ziegler-Nichols II. *Tuning* PID digunakan pada 3 kondisi yaitu kondisi permukaan mendatar, menurun, dan menaik. Untuk kondisi permukaan mendatar dan menaik digunakan metode Ziegler-Nichols I sedangkan untuk kondisi permukaan menurun digunakan metode Ziegler-Nichols II. Selanjutnya dilakukan *tuning* kembali menggunakan *trial and error*.

Penerapan kontroler PID pada sistem berhasil dilakukan sebagai pengendali kecepatan, sehingga mencapai kestabilan pada beberapa kemiringan. Parameter PID pada kondisi mendatar dengan nilai Kp sebesar 12, Ki sebesar 20 dan Kd sebesar 5 dapat dipakai pada kemiringan sebesar 2° menurun sampai dengan 2° menaik. Parameter PID pada kondisi menaik dengan nilai Kp sebesar 7.5, Ki sebesar 10 dan Kd sebesar 6.5 dapat dipakai pada kemiringan berkisar 8°-11° sedangkan parameter PID pada kondisi menurun dengan nilai Kp sebesar 4, Ki sebesar 0.75 dan Kd sebesar 3 masih belum mampu membuat sistem stabil pada beberapa penurunan.

Kata kunci: *brain-controlled wheelchair*, kontroler PID, Ziegler-Nichols, *tuning*, *trial and error*

SPEED CONTROLLER DEVELOPMENT WITH INERTIAL MEASUREMENT UNIT ON THE BRAIN-CONTROLLED WHEELCHAIR

Dicky Aria Pamungkas

NRP : 1322009

E-mail : dickyariapamungkas@gmail.com

ABTRACT

Brain-controlled wheelchair is one of the innovations based on electroencephalography system which is being developed for disabilities people. Speed control is the focus of development on brain-controlled wheelchair for safety of users. In this final project was designed speed control system using Inertial Measurement Unit sensor on horizontal level, down, and upward position.

This final project discusses the design and implementation of speed controller using PID controller. The PID controller consists of 3 parameters, namely proportional, integral, and derivative. These parameters are obtained by using PID tuning. The PID tuning method used are the Ziegler-Nichols I and Ziegler-Nichols II. PID tuning is used in 3 conditions, that are horizontal level, down and upward position. The condition of horizontal and upward position is used Ziegler-Nichols I method, while for down position is used Ziegler-Nichols II method. Then PID controller is tuned again by trial and error.

The application of PID controller to the system is successfully as a speed controller, so the system can reach stability at some levels. PID parameters on horizontal conditions with the value of K_p is 12, K_i is 20 and K_d is 5 can be applied at 2° down position to 2° upward position. PID parameters in the upward condition with the value of K_p is 7.5, K_i is 10 and K_d is 6.5 can be applied on slope ranging from 8° - 12° . For down condition, PID parameters with the value of K_p is 4, K_i is 0.75 and K_d is 3 still not be able to make the system stable.

Keywords: *brain-controlled wheelchair, PID controller, Ziegler-Nichols, tuning, trial and error*

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN

PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Pembatasan Masalah	2
I.5 Spesifikasi Alat	3
I.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II LANDASAN TEORI

II.1 <i>Electroencephalogram</i>	5
II.2 Brain-Controlled Wheelchair	6
II.3 Proporsional Integral Derivatif (PID)	8
II.3.1 Kontroler Proporsional	9
II.3.2 Kontroler Integral	12
II.3.3 Kontroler Derivatif	13
II.4 Tuning PID	15
II.4.1 Metode Ziegler Nichols 1 (<i>Open-loop</i>)	16

II.4.2 Metode Ziegler Nichols 2 (<i>Closed-loop</i>)	17
II.5 Pengertian Inertial Measurement Unit	18
II.6 Arduino Mega 2560	20
II.7 Arduino IDE	23

BAB III PERANCANGAN SISTEM

III.1 Perancangan dan Realisasi <i>Brain-Controlled wheelchair</i>	25
III.1.1 Perancangan alat <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	25
III.1.2 Sistem Kontrol <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	28
III.2 Perancangan Sistem kontrol pada Proses permukaan Mendatar	30
III.3 Perancangan Sistem kontrol pada Proses permukaan Menaik	33
III.4 Perancangan Sistem kontrol pada Proses permukaan Menurun	36
III.5 Perancangan Algoritma <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	41
III.5.1 Perancangan Algoritma Pengolahan Sinyal	42
III.5.2 Perancangan Algoritma Arduino Mega 2560	44

BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISIS

IV.1 Pengujian pada Kemiringan Mendatar	49
IV.1.1 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Mendatar	51
IV.1.2 <i>Tuning</i> dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Mendatar	52
IV.1.3 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Mendatar	53
IV.1.4 Hasil <i>Tuning</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i> pada permukaan Mendatar	54
IV.2 Pengujian pada Kemiringan Menaik 9°	55
IV.2.1 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Menaik	56
IV.2.2 <i>Tuning</i> dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Menaik	57
IV.2.3 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Menaik	58
IV.2.4 Hasil <i>Tuning</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i> pada permukaan Menaik	59
IV.3 Pengujian pada Kemiringan Menurun 9°	61

IV.3.1 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Menurun	62
IV.3.2 <i>Tuning</i> dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Menurun	63
IV.3.3 <i>Tuning</i> dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Menurun	64
IV.3.4 Hasil <i>Tuning</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i> pada Permukaan Menurun	65
IV.4 Pengujian pada Kemiringan Menaik yang Berbeda.....	67
IV.5 Pengujian pada Kemiringan Menaik yang Berbeda.....	68
IV.6 Pengujian pada Kemiringan yang Berbeda.....	69
 BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Simpulan	71
V.2 Saran.....	72
 DAFTAR REFERENSI	73
LAMPIRAN A SYNTAX PROGRAM	A-1

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Aktifitas Potensi Listrik dalam Sel	6
Gambar II.2 Sistem Mitsar-EEG dan <i>electrocap</i>	7
Gambar II.3 <i>Brain-Controlled Wheelchair</i> (2017)	8
Gambar II.4 Diagram Blok Kontroler PID	9
Gambar II.5 Diagram Blok kontroler proporsional	10
Gambar II.6 <i>Proportional band</i> kontroler proporsional tergantung penguatannya	11
Gambar II.7 Blok diagram kontroler integral	12
Gambar II.8 Perubahan keluaran sebagai akibat penguatan dan kesalahan	13
Gambar II.9 Blok diagram kontroler derivatif	14
Gambar II.10 Kurva waktu hubungan <i>input-output</i> kontroler derivatif	14
Gambar II.11 Respon step sistem dan hasil kurva s	16
Gambar II.12 Kurva Respons s	16
Gambar II.13 Sistem <i>Closed-loop</i> dengan kontroler P	17
Gambar II.14 Kurva respon close-loop ketika berosilasi	18
Gambar II.15 Sudut <i>roll</i> , <i>pitch</i> dan <i>yaw</i>	19
Gambar II.16 Diagram Blok <i>Inertial Measurement Unit</i>	20
Gambar II.17 Arduino Mega 2560	22
Gambar II.18 Tampilan Arduino IDE	24
Gambar III.1 Diagram Blok Perancangan alat <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	27
Gambar III.2 Konfigurasi Komunikasi Arduino Mega, sensor infrared dan IMU	28
Gambar III.3 Diagram Blok Sistem <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	29
Gambar III.4 Diagram Blok open loop Sistem <i>Brain-Controlled Wheelchair</i>	30
Gambar III.5 Kurva Respons berbentuk s permukaan datar	31
Gambar III.6 Kurva Respons berbentuk s dengan dua konstanta permukaan datar	32
Gambar III.7 Kurva Respons Keluaran Sistem pada permukaan Mendatar	33
Gambar III.8 Kurva Respons berbentuk s permukaan menaik 9°	34

Gambar III.9 Kurva Respons Berbentuk s dengan Dua Konstanta Permukaan Menaik 9°	35
Gambar III.10 Kurva Respon Keluaran Sistem pada permukaan Menaik 9°	36
Gambar III.11 Kurva Respon Berbentuk Parabolik pada permukaan Menurun 9°	37
Gambar III.12 Diagram Blok <i>close loop</i> metode Ziegler Nichols 2	38
Gambar III.13 Kurva respons osilasi pada permukaan turun.....	39
Gambar III.14 Kurva reaksi osilasi	40
Gambar III.15 Kurva Respon Keluaran Sistem pada permukaan Menurun 9°	41
Gambar III.16 Diagram Alir Klasifikasi Sinyal EEG	43
Gambar III.17 Diagram Alir Kontrol Arduino MEGA.....	45
Gambar III.18 Diagram Alir Kontrol PWM Motor	47
Gambar IV.1 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Mendatar dengan Kontroler PID.....	50
Gambar IV.2 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Mendatar	51
Gambar IV.3 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Mendatar.....	52
Gambar IV.4 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Mendatar.....	53
Gambar IV.5 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Mendatar dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	54
Gambar IV.6 Sinyal Keluaran Sistem pada permukaan Menaik dengan Kontroler PID	55
Gambar IV.7 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Menaik.....	57
Gambar IV.8 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Menaik.....	58
Gambar IV.9 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Menaik.....	59

Gambar IV.10 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Menaik dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	60
Gambar IV.11 Sinyal Keluaran Sistem pada permukaan Menurun dengan Kontroler PID	61
Gambar IV.12 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kp Berbeda pada Permukaan Menurun	63
Gambar IV.13 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Ki Berbeda pada Permukaan Menurun	64
Gambar IV.14 Sinyal Keluaran Sistem dengan Nilai Kd Berbeda pada Permukaan Menurun	65
Gambar IV.15 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Menurun dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	66
Gambar IV.16 Sinyal keluaran Sistem pada Kemiringan Mendekati nilai 0°	67
Gambar IV.17 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Menaik dengan Kemiringan Mendekati Nilai 9°	68
Gambar IV.18 Sinyal Keluaran Sistem pada Permukaan Menurun dengan Kemiringan Mendekati Nilai 9°	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Rumus Metode Ziegler Nichols 1	17
Tabel II.2 Rumus Metode Ziegler Nichols 2	18
Tabel IV.1 Karakteristik Hasil Keluaran Sistem pada Permukaan Mendatar dengan Metode Tuning Ziegler- Nichols I.....	50
Tabel IV.2 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Mendatar dengan Nilai K_p berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	51
Tabel IV.3 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Mendatar dengan Nilai K_i berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	52
Tabel IV.4 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Mendatar dengan Nilai K_d berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	53
Tabel IV.5 Karakteristik Sistem pada Permukaan Mendatar dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	54
Tabel IV.6 Karakteristik Hasil Keluaran Sistem pada Permukaan Menaik dengan Metode Tuning Ziegler- Nichols I.....	56
Tabel IV.7 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menaik dengan Nilai K_p berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	57
Tabel IV.8 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menaik dengan Nilai K_i berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	58
Tabel IV.9 Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menaik dengan Nilai K_d berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	59

Tabel IV.10	Karakteristik Sistem pada Permukaan Menaik dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	60
Tabel IV.11	Karakteristik Hasil Keluaran Sistem pada Permukaan Menurun dengan Metode Tuning Ziegler- Nichols II	62
Tabel IV.12	Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menurun dengan Nilai K_p berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	63
Tabel IV.13	Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menurun dengan Nilai K_i berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	64
Tabel IV.14	Perbandingan Karakteristik Sistem pada permukaan Menurun dengan Nilai K_d berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	65
Tabel IV.15	Karakteristik Sistem pada Permukaan Menurun dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	66
Tabel IV.16	Karakteristik Sistem pada kemiringan Mendekati Nilai 0°	67
Tabel IV.17	Karakteristik Sistem pada Permukaan Menaik dengan Kemiringan Mendekati Nilai 9°	69
Tabel IV.18	Karakteristik Sistem pada Permukaan Menurun dengan Kemiringan Mendekati Nilai 9°	70