

## PERANCANGAN PROTOTIPE KURSI RODA NAIK TANGGA PADA STASIUN SEBAGAI ALAT BANTU ORANG BERKEBUTUHAN KHUSUS

Fathurrozi Winjaya<sup>1</sup>,email: fathurrozi@ppi.ac.id

Arief Darmawan<sup>2</sup>,email: darmawan@ppi.ac.id

<sup>1,2</sup>Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

### ABSTRAK

Kursi roda cerdas adalah media sandar bermotor yang dirancang untuk membantu pengguna dengan keterbatasan fisik, dimana sistem kontrol buatan ditambahkan atau pun digunakan untuk menggantikan kontrol pengguna. Tujuannya adalah untuk mengurangi atau menghilangkan tugas pengguna mengendarai kursi roda bermotor. Pada stasiun masih banyak terdapat tempat yang masih belum dapat dijangkau oleh penyandang difabel. Seperti perbedaan antara peron dengan tinggi kereta, biasanya terdapat tangga yang menunjang untuk masuk dalam kereta. Maka dari itu penulis membuat inovasi agar dapat mempermudah bagi penyandang difabel agar dapat naik tangga dengan kursi roda. Perancangan desain kursi roda menggunakan tipe crawler dengan bantuan universal plat dari Tamiya, gearbox menggunakan Twin Motor dengan rasio putaran 204:1. Pada kursi dipasang motor servo yang ditunjang sensor gyro sebagai penyeimbang pada kursi disaat posisi kursi naik ataupun turun. Pada motor DC dan servo ditambahkan metode PID (Proporsional, Integral, Derivative) agar perubahan gerak bisa menjadi halus. PID dipasang saat pengujian kesimbangan didapatkan hasil sedikit osilasi stabil pada  $K_p=0.27$ ,  $K_i=0.0004$ , dan  $K_d=0.0001$ , sedangkan saat pengujian kecepatan didapatkan kondisi paling stabil pada  $K_p=2$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=0.25$ .

**Kata Kunci:** Kursi roda, PID.

### ABSTRACT

*Intelligent wheelchairs are motorized resting media designed to help users with physical limitations, where an artificial control system is added or used to replace user controls. The aim is to reduce or eliminate the user's duty to drive a motorized wheelchair. At the station there are still many places that are still not accessible by persons with disabilities. As the difference between platform and train height, usually there are stairs that support to enter the train. Therefore the writer makes an innovation so that it can make it easier for people with disabilities to move up stairs in a wheelchair. The design of the wheelchair design uses a crawler type with the help of universal plates from Tamiya, the gearbox uses Twin Motor with a rotation ratio of 204: 1. Servo motor mounted on the seat which is supported by a gyro sensor as a counterweight to the chair when the position of the chair up or down. In the DC motor and servo PID (Proporsional, Integral, Derivative) method is added so that the motion changes can be smooth. PID is installed when testing the equilibrium results obtained a little stable oscillation at  $K_p = 0.27$ ,  $K_i = 0.0004$ , and  $K_d = 0.0001$ , while when testing the speed obtained the most stable conditions at  $K_p = 2$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.25$ .*

**Keywords:** chairwheel, PID.

## 1 LATAR BELAKANG

Kursi roda cerdas dirancang untuk berbagai jenis pengguna. Beberapa platform dirancang untuk pengguna dengan gangguan kognitif, seperti demensia, di mana kursi roda biasanya menerapkan teknik-menghindari tabrakan untuk memastikan bahwa pengguna tidak sengaja memilih perintah kemudi yang menghasilkan tabrakan. Platform lain fokus pada pengguna hidup dengan cacat motorik parah, seperti cerebral palsy, atau dengan quadriplegia, dan peran dari kursi roda pintar adalah untuk menafsirkan aktivasi otot kecil sebagai perintah tingkat tinggi dan mengeksekusi mereka. Platform tersebut biasanya menggunakan teknik dari kecerdasan buatan, seperti jalan-perencanaan.

Tangga merupakan media yang menerapkan prinsip kerja bidang miring sebagai alat bantu manusia untuk berpindah dari suatu tingkat ketinggian ke tingkat ketinggian yang lain. Tangga dimaksudkan untuk mengurangi sudut kemiringan suatu perpindahan beban, karena semakin tidak miring maka tenaga yang dikeluarkan semakin bertahap. Beban yang diangkat secara vertikal akan membutuhkan tenaga utuh yang sebanding dengan massa beban dan gravitasi bumi, namun beban yang dipindahkan pada bidang miring memiliki tenaga yang bertahap karena sebagian bebannya dipindahkan pada bidang miring tersebut. Tangga tidak hanya berada pada rumah dan gedung, tangga juga terdapat di fasilitas umum seperti: taman kota, trotoar, dan jembatan penyeberangan.

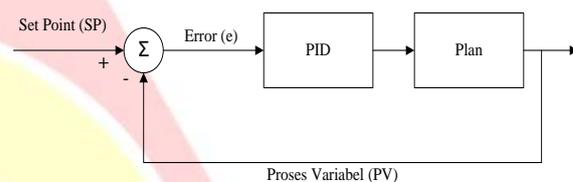
Pada saat ini banyak di stasiun-stasiun belum mempunyai fasilitas lengkap untuk penyandang difabel. Untuk fasilitas di kamar mandi umum di stasiun sudah banyak yang sudah melengkapi untuk mempermudah penyandang disabilitas dalam pemakaian. Sedangkan disaat masuk ke keretanya masih ada perbedaan ketinggian antara peron dan lantai kereta api sehingga perlu ditambahkan tangga portable, jadinya untuk penyandang disabilitas kesulitan masuk ke kereta api. Sehubungan dengan masalah diatas, penulis memiliki inovasi agar membuat kursi roda yang dapat naik tangga sehingga mempermudah bagi penyandang disabilitas. Tidak lupa pula ditambahkan kontrol keseimbangan agar dapat bisa lebih nyaman dan aman dalam penggunaannya.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kontrol PID

Kontrol PID (proportional, Integral, Derivatif) adalah mekanisme kontrol dengan *loop* umpan balik yang digunakan secara luas dalam sistem kontrol industri.

Kontrol PID bertujuan untuk memperbaiki *error* antara nilai dari proses variabel (PV) terukur dengan *set point* (SP) yang diinginkan dengan cara mengalkulasi dan mengeluarkan aksi korektif pada plan. Diagram blok sistem kontrol PID sederhana ditunjukkan pada gambar dibawah. Perhitungan pada kontroler PID terdiri dari tiga parameter yaitu nilai proporsional, integral dan derivatif. Nilai proporsional mempengaruhi reaksi pada *error* yang sedang berlangsung, integral mempengaruhi reaksi atas penjumlahan *error* terbaru sedangkan derivatif menentukan reaksi kecepatan perubahan *error*. Bobot penjumlahan dari tiga aksi ini digunakan untuk mengatur proses melalui elemen kontrol.



Gambar 1. Kontrol PID Plant

Keluaran kontrol PID merupakan penjumlahan dari nilai proporsional, integral dan derivatif. Dengan demikian keluaran kontrol PID dapat dinyatakan dengan Persamaan 1,

$$Output_{PID} = K_p e + KI \int edt + K_D \frac{de}{dt} \quad (1)$$

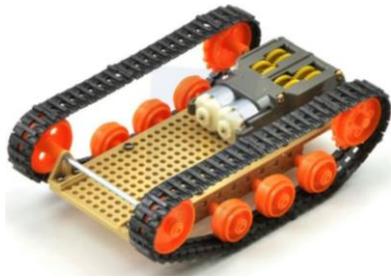
dimana *e* adalah eror yang merupakan selisih antara set poin dengan umpan balik keluaran atau output,  $K_p$  adalah konstanta untuk Proportional,  $K_I$  adalah konstanta Integral,  $K_D$  adalah konstanta untuk Derivative.

Nilai  $K_p$ ,  $K_I$  dan  $K_D$  merupakan parameter kontrol PID. Pengaturan ketiga parameter ini yang sesuai akan menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, keluaran menyimpang atau terjadi osilasi.

## 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Desain

Desain roda tank yang digunakan merupakan produksi Tamiya, dengan nomer seri 70100 dan menggunakan bantuan universal plate Tamiya dengan nomer seri 70098. Gearbox yang digunakan adalah Twin motor gearbox produksi Tamiya, dengan nomer seri 70097. Dengan rasio putaran motor : putaran roda yaitu 204:1.



Gambar 2. Desain roda tipe crawler

Motor yang digunakan merupakan motor DC mabuchi produksi Tamiya. Memiliki spesifikasi sebagai berikut:

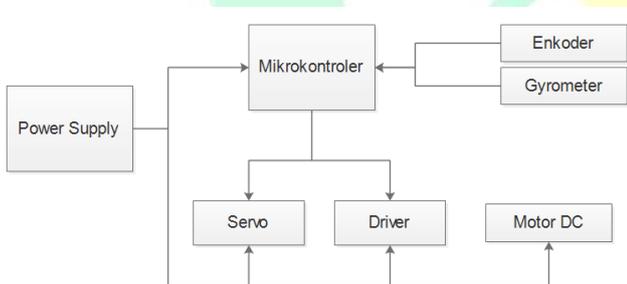
- Tegangan operasional :3,00 volt
- Putaran bebas 3v :12.300,00 rpm
- Arus putaran bebas :150,00 mA
- Arus putaran stall :2100,00 mA
- Torsi stall :0,50oz.inch/0,00558 kg.cm

Servo Bracket terdiri dari dudukan motor servo beserta lengan sepanjang 3cm, yang terbuat dari aluminium. Driver motor, menggunakan 2 buah IC L293D. Memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Arus per kanal : 600,00 mA
- Tegangan suplai : 4,5-36 volt

### 3.2 Perancangan Sistem

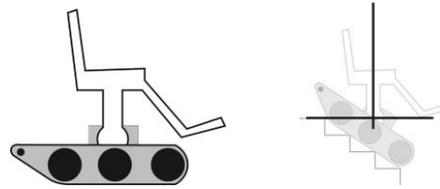
Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengontrol adalah mikrokontroler ATMEGA 328, yang dikemas dalam papan Arduino Uno. Mikrokontroler ini mendapat input sinyal dari Enkoder dan gyroscope. Mikrokontroler nantinya mengolah sinyal tersebut dan memberikan tanggapan pada motor servo dan driver motor DC seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem

#### 3.2.1 Perangkat Keras

Aktuator terdiri dari roda tank dan motor servo, roda tank berguna untuk menaiki tangga, sedangkan motor servo berguna untuk menggerakkan kursi sehingga tetap berada pada sudut vertikal bumi.



a.) saat dilantai datar, b.) saat naik turun tangga

Gambar 4. Bentuk aktuator

Saat diatas permukaan datar, kursi tegak lurus terhadap roda tank dan sumbu horizontal bumi (Gambar 4a.). Sedangkan saat naik turun tangga, ataupun pada permukaan miring, kursi tetap tegak lurus terhadap garis horizontal bumi, namun tidak lagi tegak lurus terhadap roda tank (Gambar 4b.). Hal ini ditujukan agar sebaran berat beban tetap berada pada tengah sistem, sehingga kursi roda tidak akan jatuh waktu naik turun tangga.

Sensor gyroscope berada pada kursi, sehingga saat kursi bergerak, gyroscope juga ikut bergerak dan memberikan feed back berupa sudut kursi. Sensor kecepatan atau enkoder optik berada pada roda tank, sensor tersebut membaca lubang pada roda tank, dan memberikan informasi pada mikrokontroler berupa kondisi high atau low.

Untuk mengimplementasikan kontrol PID pada mikrokontroler PID harus dirubah ke dalam persamaan dikrit:

$$V_0 = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt}$$

$$\frac{dV_0}{dt} = K_p \frac{de}{dt} + K_i \frac{d}{dt} \left( \int e dt \right) + K_d \frac{d^2 e}{dt^2}$$

$$\frac{dV_0}{dt} = K_p \frac{de}{dt} + K_i e + K_d \frac{d}{dt} \left( \frac{de}{dt} \right)$$

dikali dengan Ts, sehingga

$$\frac{\Delta V_0}{Ts} = K_p \frac{\Delta e}{Ts} + K_i e + K_d \frac{d}{dt} \left( \frac{de}{dt} \right)$$

$$\Delta V_0 = K_p \Delta e + K_i e Ts + K_d \Delta \left( \frac{\Delta e}{Ts} \right)$$

Dengan;

$$\Delta V_0 = V_{on} - V_{on-1}$$

$$\Delta e = e_n - e_{n-1}$$

Sehingga persamaanya menjadi:

$$V_o - V_{on-1} = K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n Ts + \frac{K_d}{Ts} (\Delta e_n - \Delta e_{n-1})$$

Pada kondisi akhir, perubahan pada error sebelum-nya dapat didistribusikan menjadi:

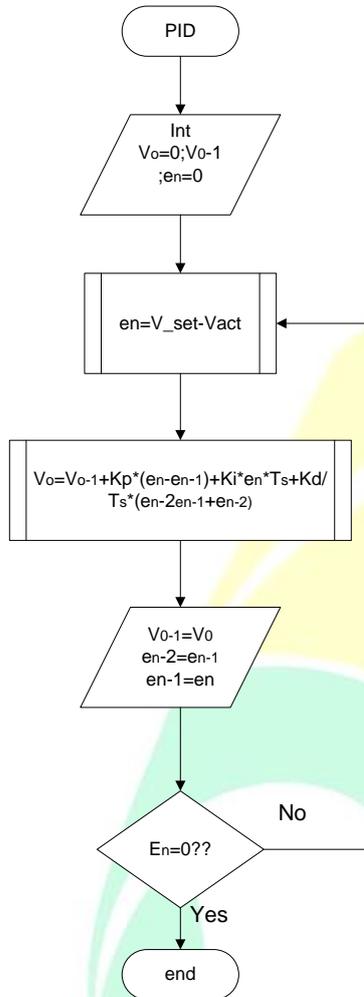
$$\Delta e_n = e_n - e_{n-1}$$

$$\Delta e_{n-1} = e_{n-1} - e_{n-2}$$

Kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan, menjadi:

$$V_0 - V_{0n-1} = K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T_s + \frac{K_d}{T_s} [(e_n - e_{n-1}) + (e_{n-1} - e_{n-2})]$$

$$V_o = V_{on-1} + K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n T_s + \frac{K_d}{T_s} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})$$



Gambar 5. Flowchart pemrograman PID

**4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sistem kursi roda ini membutuhkan tegangan 5 volt dan 3,3 volt, sedangkan sumber tenaga berasal dari baterai *Lithium Polymer* 2 sel dengan tegangan operasional sekitar 7,4 volt. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian suplai yang berguna membagikan dan meregulasi tegangan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sudah tepat atau tidaknya nilai dari tegangan keluaran dari rangkaian suplai. Mengingat ketepatan suplai daya mempengaruhi kinerja aktuator, kesetabilan mikrokontroler, dan ketepatan sinyal sensor.

Sinyal yang dikeluarkan oleh gyroscope MPU6050 memiliki nilai konstan, saat gyroscope tersebut berada pada kondisi diam. Namun pada kondisi bergerak, dengan pergerakan sesuai salah satu sumbu gyroscope, sinyal yang dihasilkan akan mengandung derau pada

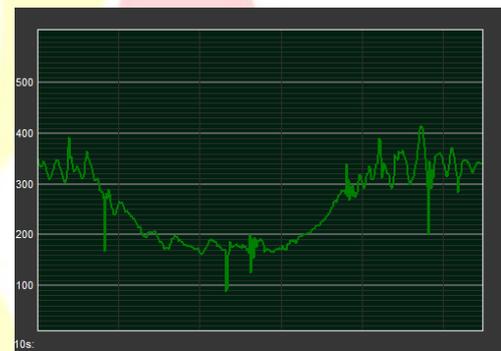
sumbu tersebut. Untuk meredam derau, maka dibutuhkan penambahan filter. Filter yang dimaksud adalah filter Low pass. Filter ini nantinya akan meredam derau dengan frekuensi diatas nilai cutoff, dan membolehkan sinyal dengan frekuensi dibawah nilai cutoff. Nilai cutoff sangat berpengaruh pada keluaran sinyal, nilai yang terlalu besar akan memberikan sedikit redaman, sedangkan nilai cutoff yang terlalu kecil dapat mengurangi informasi yang dibawa oleh sinyal. Oleh karena itu, dibutuhkan perhitungan yang tepat untuk menentukan nilai cutoff, yaitu seperti pada persamaan berikut.

Nilai dari resistor dan kapasitor yang digunakan ditentukan oleh persamaan *lowpass filter* berikut:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c}$$

Dari gambar yang diambil (gambar 6a) terlihat bahwa derau memiliki frekuensi cukup tinggi, sedangkan sinyal yang dibutuhkan hanya memiliki frekuensi rendah. Dari analisis, ditentukan nilai dari frekuensi *cutoff* adalah 14,5 Hz.



a. Sebelum difilter



b. Setelah difilter

Gambar 6. Sinyal keluaran gyroscope pada sudut 90°-180° -90°;

Dari persamaan pada metode analisis, dapat ditentukan nilai R yang digunakan adalah 10K ohm dan 2.2u F. Pada gambar hasil filter, terlihat bahwa dengan filter *lowpass* pasif menggunakan resistor 10K ohm dan kapasitor 2.2uF, dapat mereduksi derau tanpa mengurangi informasi sinyal.

Setelah gyroscope difilter, maka langkah selanjutnya adalah mencatat nilai ADC yang dihasilkan oleh gyroscope pada setiap sudut dalam satu putaran. Pengujian dilakukan dengan memposisikan Gyroscope pada busur, memutar pada sudut kelipatan 45 derajat, lalu mencatat nilai ADC-nya. Sudut 0° merupakan sudut gyroscope pada saat garis antara pin input dan ujung gyroscope sejajar dengan garis vertikal bumi. Karena tegangan suplai dari gyroscope bernilai 3,3 volt, maka nilai ADC maksimal tidak sampai 1023.

Tabel 1. Pengujian Gyroscope

No	Sudut Gyroscope	Nilai ADC
	0°	478
2	45°	440
3	90°	321
4	135°	212
5	180°	166
6	225°	220
7	270°	325
8	315°	450
9	360°	478

Terlihat dari tabel pengujian gyroscope nilai terbesar berada pada sudut 0°, dan pada sudut 180° nilai ADC berada pada nilai terkecil sekaligus berbalik nilainya.

Enkoder optik yang digunakan dalam sistem, membaca lubang pada rantai roda tank. Sedangkan roda yang digunakan untuk menggerakkan rantai, terdiri dari 16 gigi. Oleh karena itu, untuk menghitung kecepatan putaran roda per menit, maka nilai lubang yang terbaca dikali 60 detik dan dibagi 16 gigi. Perhitungan tersebut menghasilkan nilai seperti pada Tabel 2 berikut.

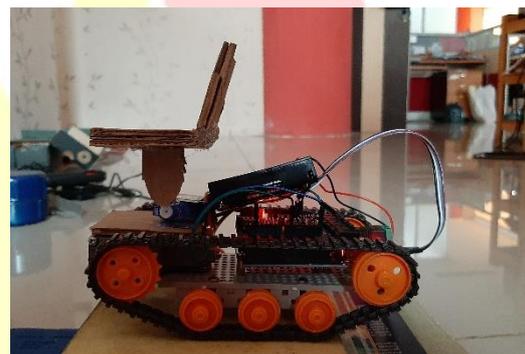
Tabel 2 Pengujian enkoder optic

No	Nilai ADC	Duty cycle (%)	Banyaknya Lubang / Detik	Kecepatan Putaran Roda (Rpm)
1	255	100	20	75
2	200	78,43	16	60
3	127	49,80	11	41
4	64	25,09	5	19
5	32	12,55	0	0

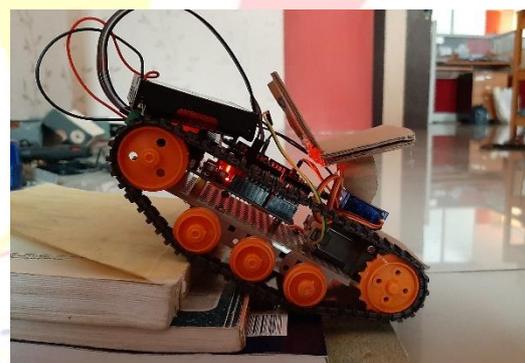
Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai kecepatan putaran roda pada saat PWM maksimal adalah sekitar 75 Rpm, sedangkan pada saat PWM bernilai 32, motor berada pada kondisi diam.

Penentuan nilai konstanta PID disebut tuning, tuning yang digunakan dalam sistem ini adalah tuning *trial and error*. Tuning diawali dengan mengkondisikan sistem seperti pada kondisi tanpa control, yaitu nilai penguatan 1, nilai integral nol, dan nilai turunan nol. Tuning dilanjutkan dengan memberikan penguatan atau pelemahan, tergantung kebutuhan. Setelah nilai penguatan yang sesuai ditemukan, lalu dilanjutkan dengan memberikan nilai integral. Sedangkan nilai turunan, dimulai dengan nilai sebesar seperempat dari nilai integral, mengadaptasi dari tuning Ziegler Nicole.

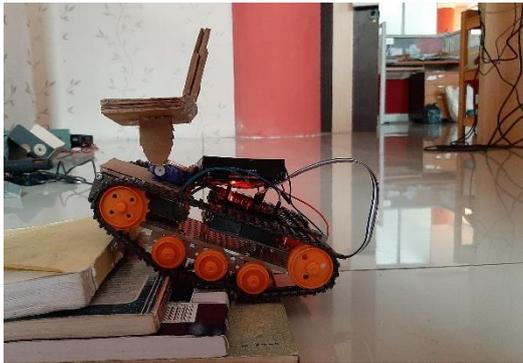
Selanjutnya ialah pengujian terhadap keseimbangan. Pada motor servo sendiri, telah memiliki kontrol PID sebelumnya, dimana potensiometer sebagai sensor penghasil *feed back*. *Feed back* dan kontrol PID di dalam motor servo nantinya akan mempertahankan sudut poros servo. Namun kecepatan servo konstan dan butuh kontrol lain untuk mengubahnya. Disini PID digunakan untuk mengubah sudut dan kecepatan tersebut. Dari trial error didapatkan data seperti pada Tabel 3.



a. posisi kursi disaat kondisi rata.



b. posisi kursi disaat kondisi naik



c. posisi kursi disaat kondisi turun.  
 Gambar 7. Posisi kursi disaat masing masing kondisi.

Tabel 3. Pengujian keseimbangan

No	Nilai Konstanta			Kondisi Keluaran
	Kp	Ki	Kd	
1	1,0000	0,0000	0,0000	Diam
2	2,0000	0,0000	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
3	0,5000	0,0000	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
4	0,5000	1,0000	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
5	0,3000	1,0000	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
6	0,3000	0,1000	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
7	0,3000	0,0010	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
8	0,3000	0,0001	0,0000	Berosilasi, Tidak Stabil
9	0,3000	0,0004	0,0000	Berosilasi, Stabil
10	0,3000	0,0004	1,0000	Berosilasi, Stabil
11	0,3000	0,0004	0,0001	Berosilasi, Stabil
12	0,2700	0,0004	0,0001	Sedikit Osilasi, Stabil
13	0,2000	0,0004	0,0004	Terlalu Redam, Stabil
14	0,2300	0,0004	0,0004	Terlalu Redam
15	0,2500	0,0004	0,0004	Terlalu Redam

Pada Gambar 7 adalah gambaran pada pengambilan data disaat pengujian keseimbangan. Dilakukan 3 macam pengujian yaitu disaat kursi kondisi rata, turun, dan naik. Data yang diperhatikan adalah dari adanya isolasi dan stabilnya dari kondisi keseimbangan kursi tersebut.

Selanjutnya ialah pengujian terhadap kecepatan. Pemberian PID pada kecepatan naik turun tangga adalah untuk menstabilkan kecepatan sehingga sisten juga berada pada kondisi stabil dan tidak terjatuh. Dari trial dan error didapatkan data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian kecepatan

No	Nilai Konstanta			Kondisi Keluaran
	Kp	Ki	Kd	
1	1,0000	0,0000	0,0000	Tidak Stabil
2	2,0000	0,0000	0,0000	Tidak Stabil
3	3,0000	0,0000	0,0000	Tidak Stabil
4	3,0000	1,0000	0,0000	Tidak Stabil
5	3,0000	1,0000	1,0000	Tidak Stabil
6	3,0000	2,0000	1,0000	Tidak Stabil
7	3,0000	2,0000	1,0000	Tidak Stabil
8	2,0000	2,0000	1,0000	Tidak Stabil
9	2,0000	2,0000	0,5000	Tidak Stabil
10	2,0000	2,0000	0,2500	Tidak Stabil
11	2,0000	1,0000	0,2500	Relatif Stabil
12	1,0000	1,0000	0,2500	Tidak Stabil
13	4,0000	1,0000	0,2500	Tidak Stabil
14	3,0000	1,0000	0,2500	Tidak Stabil
15	2,0000	1,0000	0,2500	Tidak Stabil

### 5 KESIMPULAN

Dari pengujian dapat diketahui bahwa sistem servo sebagai pengatur keseimbangan, berada pada kondisi paling stabil pada saat nilai konstanta PID:  $K_p=0,27$ ;  $K_i=0,0004$ ; dan  $K_d=0,0001$  dan untuk hasil pengujian kecepatan naik turun tangga berada pada kondisi paling stabil pada saat nilai konstanta PID:  $K_p=2$ ;  $K_i=1$ ; dan  $K_d=0,25$ . Dari konstantan tersebut sudah dapat diterapkan dalam penggunaan realita pada kursi roda.

### REFERENSI

Aqsa Amanah dkk. 2011. Rancang Bangun Kursi Roda Dengan Sistem Navigasi Tanjakan Berbasis Fuzzy Logic Dan Turunan Untuk Meningkatkan Kenyamanan Pasien. PENS-ITS

Dwi Afiat Abrianto dkk. 2012. Kontrol Kursi Roda Cerdas Menggunakan Pergerakan Kepala .Universitas Diponegoro

Ghoffar Fistian Suhartono. 2012. Rancang Bangun Unit Kontrol Untuk Kursi Roda Yang Bisa Naik Tangga. FTI-ITS

Killian C.T. dan William, G.E., (2001), *Modern Control Technology: Components and Systems, 2nd edition*, Delmar Thomson Learning, Michigan Lawn, J.M., Sakai T., Kuroiwa, M and Ishimatsu, T. 2001. Development and practical application of a stair climbing wheelchair in Nagasaki, International Journal of HWRS-ERC.