

# Rancang Bangun Kursi Roda Dengan Sistem Navigasi Tanjakan Berbasis Fuzzy Logic Dan Turunan Untuk Meningkatkan Kenyamanan Pasien

Aqsha Amanah, Paulus Susetyo W, ST, Madyono S.ST  
Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

**Abstrak-** Kursi roda yang kami desain adalah kursi roda semi otomatis dimana ada penambahan tenaga kursi roda pada saat tanjakan menggunakan motor DC. Jadi pada saat ada tanjakan, motor memberi tenaga tambahan sesuai dengan kecepatan awal sebelum menanjak. Penambahan tenaga motor pada roda bertujuan agar kekuatan yang digunakan pendorong pada saat track datar dan track tanjakan sama, jadi kita harus bisa mengatur berapa penambahan kecepatan motor yang diperlukan.

Agar penambahan kecepatan motor bisa sesuai maka kami memakai sensor kemiringan dan kecepatan. Sensor miring berguna untuk mendeteksi adanya kemiringan dan sensor kecepatan ini berguna untuk menganalisa dan menentukan berapa kecepatan putar motor yang diperlukan. Jadi untuk penentuan nilai kecepatannya kami menggunakan metode Fuzzy Logic dimana ada 2 parameter input yaitu error kecepatan awal dan delta error. Sensing kami lakukan pada roda dari kursi roda, kemudian kecepatan roda terdeteksi diumpanbalikkan kembali ke controller untuk diproses kembali.

**Kata kunci :** Kemiringan, Fuzzy, Kecepatan, Kursi Roda

## I. PENDAHULUAN

Dunia kedokteran berperan vital dalam sebuah kehidupan manusia, dimana sebuah kesehatan dan kesembuhan sangat utama. Untuk itu dibangunnya sebuah rumah sakit sebagai suatu sarana/fasilitas untuk penyembuhan terutama untuk pasien-pasien yang harus bisa dipantau oleh dokter setiap saat. Namun sayangnya pembangunan rumah sakit itu sendiri sedikit banyak ada beberapa kelemahan antara lain track tanjakan di rumah sakit seperti di rumah sakit haji Surabaya (RSH), sebenarnya track tanjakan ini berfungsi untuk saat darurat jika ada pasien di lantai atas yg mengalami gangguan. Akan tetapi untuk pasien lumpuh diatas kursi roda tanjakan tersebut akan sangat melelahkan.

Seiring perkembangan zaman terutama dalam bidang elektronika banyak alat elektronika yang mempermudah/meringankan pekerjaan manusia. Oleh karena itu kami mendesain suatu rancang bangun kursi roda dengan navigasi tanjakan yang membantu meringankan beban pendorong saat mendorong kursi roda di tanjakan di rumah sakit pada umumnya.

Kursi roda ini kami rancang dengan menggunakan sebuah motor penambah tenaga jika kursi roda menanjak. Pada intinya kami mengharapkan kekuatan orang yang mendorong pada saat track datar dan pada saat tanjakan adalah sama.

Cara kerja sistem secara garis besar pertama adalah mengukur berapa kecepatan awal sebelum menanjak lalu apakah ada tanjakan atau turunan, pada dasarnya kita harus mengetahui kecepatan awal sebagai parameter tambahan kecepatan motor yang harus kita tambahkan dengan kemiringan yang terdeteksi. Kami berharap pada akhirnya alat ini akan bisa membantu baik mengurangi penggunaan tenaga pada saat tanjakan dengan mengeluarkan kekuatan yang sama pada track tanjakan ataupun datar serta memberi kenyamanan pada pemakai kursi roda ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fuzzy Logic

Kontroller logika fuzzy dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika fuzzy memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroller konvensional. Secara umum kontroller logika fuzzy memiliki kemampuan sebagai berikut:

- Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroller manusia.
- Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linier dan tidak stasioner.
- Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja.
- Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi *real time*.

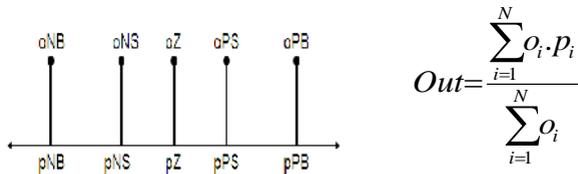
Berbeda dengan sistem kontrol biasa, dimana harga yang dihasilkan diolah dan didefinisikan secara pasti, atau dengan istilah lain hanya mengenal logika 0 dan 1 atau bekerja pada daerah ON dan OFF, sehingga didapatkan perubahan yang kasar. Pada sistem logika fuzzy, nilai yang berada antara 0 dan 1 dapat didefinisikan, sehingga kontroller dapat bekerja seperti sistem syaraf manusia yang bisa merasakan lingkungan eksternalnya, yakni kurang, agak, biasa, dan sangat atau bahkan pengaburannya bisa lebih dari kategori tersebut dengan menambah faktor linguistik yang terhimpun dalam pengaburan derajat keanggotaan. Jadi dengan menggunakan

kontroller logika fuzzy akan diperoleh kemudahan-kemudahan yang tidak dimiliki oleh sistem kontrol konvensional.

Logika Fuzzy yang kami gunakan untuk pengaturan kecepatan agar kecepatan putar motor DC tetap stabil sesuai dengan set point pada saat menanjak. Untuk pentabelan logika fuzzy kami akan menggunakan 2 parameter input yaitu error dan delta error dari kecepatan terhadap set point yang ada.

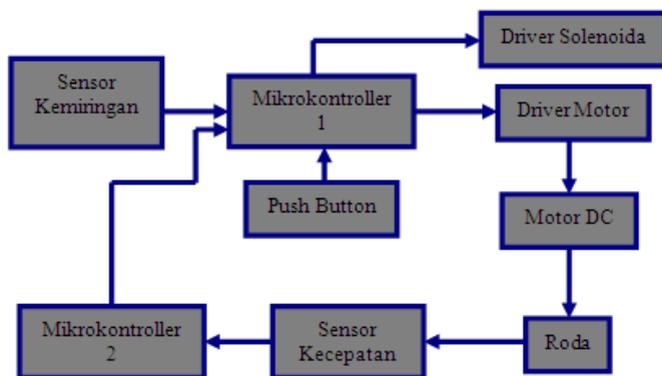
Metode Fuzzy yang kami gunakan disini adalah metode sugeno dimana memiliki output single tone dengan perhitungan output sebagai berikut :

$$Out = \frac{oNBpNB + oNSpNS + oZpZ + oPSpPS + oPBpPB}{oNB + oNS + oZ + oPS + oPB}$$



### III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### A. Perancangan Sistem



Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem

Perancangan sistem dari proyek akhir yang berjudul "Rancang Bangun Kursi Roda Dengan Sistem Navigasi Tanjakan Berbasis *Fuzzy Logic* Dan Turunan Untuk Meningkatkan Kenyamanan Pasien" ini memiliki konfigurasi blok diagram seperti yang tampak pada gambar 3.1 dengan alur kerja plant / sistem sebagai berikut :

1. Sensor kemiringan berfungsi mendeteksi adanya tanjakan turunan, disini sensor kemiringan kami memasang potensiometer. Setelah sensor kemiringan mendeteksi adanya perubahan plant (dalam hal ini tanjakan atau turunan) terjadi proses berikutnya.
2. Setelah sensor kemiringan mendeteksi tanjakan sesaat sebelum menanjak kecepatan roda yang dibaca oleh sensor kecepatan akan diproses pada mikrokontroler 2 lalu oleh mikrokontroler 2 data

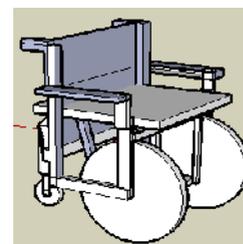
dikirim ke mikrokontroler 1 untuk disimpan sebagai kecepatan referensi untuk kontroller.

3. Mikrokontroler mengaktifkan driver motor yang kecepatannya akan diatur oleh kontroller fuzzy.
4. Pada saat proses menanjak jika membutuhkan pengereman mendadak maka disediakan push button. Perlu diingat saat terjadi pengereman bukan berarti ada rem akan tetapi kontroller menghentikan perputaran motor yang memaksa kursi bergerak maju, dan yang menghentikannya adalah si pendorong sendiri.
5. Jika track tanjakan sudah selesai dan kembali lagi menuju track datar maka motor off, kursi roda siap didorong lagi tanpa bantuan motor.
6. Pada proses menurun sensor kemiringan akan mendeteksi sekarang track menurun, maka dari itu mikrokontroler 1 akan menginstruksikan kepada driver solenoida untuk mengaktifkan 2 solenoida kanan dan kiri untuk mereduksi sedikit kecepatan roda pada saat turun. Setelah di track datar maka 2 solenoida tersebut akan off.
7. Fungsi dari push button kami ini berfungsi untuk mundur sebab perancangan mekanik yang kami desain tidak memungkinkan kursi roda bergerak mundur jika motor tidak berputar mundur.

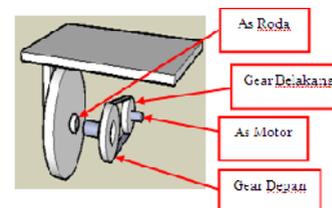
Dari konfigurasi sistem seperti yang kami terangkan diatas bisa kita ketahui bahwa sistem terintegrasi antara mekanik, sensor, aktuator dan kontroller. Jadi jika salah satu dari sistem tersebut tidak berjalan maka sistem tidak akan bisa berjalan sesuai sebagaimana yang kita inginkan.

#### B. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik ini merupakan salah satu dari 3 bagian besar sistem yang dimana perannya dalam sistem sangat penting. Dimana tanpa terdesainnya mekanik dengan benar maka sistem tidak akan berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Kami memiliki 2 bagian mekanik yaitu mekanik keseluruhan dan mekanik gear, berikut gambarnya :



Gambar 3.2 Mekanik Keseluruhan

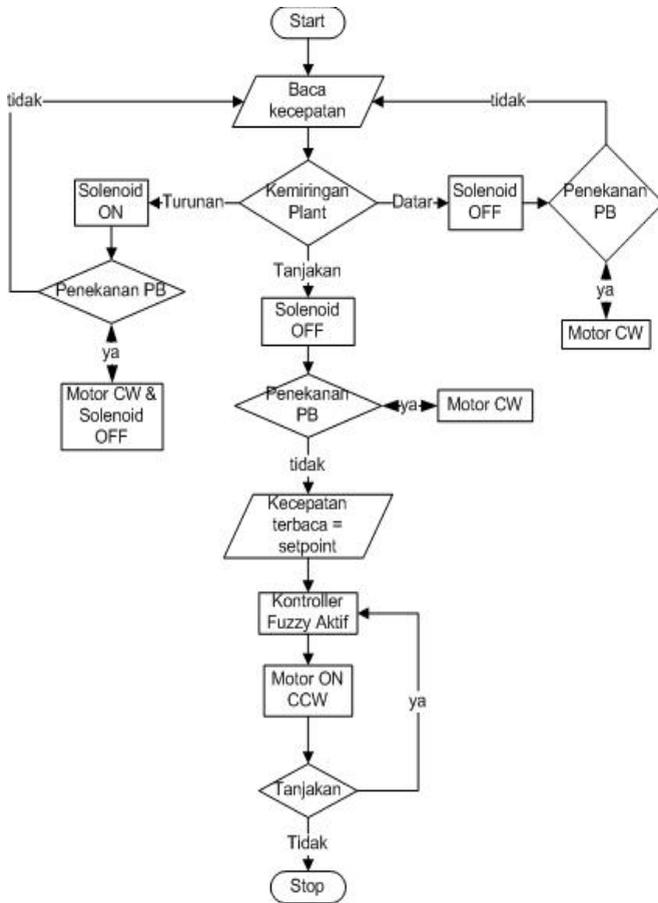


Gambar 3.3 Mekanik Gear

### C. Perancangan Software

Perancangan software disini akan kami bagi menjadi 2 bagian yaitu konfigurasi sistem software dan perancangan pentabelan fuzzy logic.

#### Konfigurasi Sistem Software



Gambar 3.4 Flowchart Software Sistem

Dari gambar 3.4 diatas dapat kita lihat flowchart sistem kami secara keseluruhan, berikut penjelasan secara lebih detail :

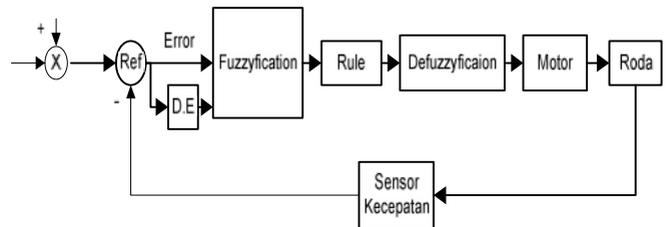
1. Proses awal setiap kursi roda mulai dijalankan adalah pembacaan kecepatan yang dilakukan sensor rotary encoder, karena kecepatan adalah kunci dasar dari sistem control kami.
2. Kemudian mengecek sensor kemiringan untuk mengetahui kemiringan plant sekarang memasuki kategori menanjak, menurun atau datar.
3. Jika terdeteksi plant adalah datar maka kemudian solenoid menjadi OFF(tidak mengerem). Kemudian pengecekan penekanan push button apakah ada penekanan atau tidak, jika ada penekanan pertama maka motor mundur, jika ada penekanan kedua maka motor OFF, kemudian proses kembali ke awal lagi.
4. Jika plant yang terdeteksi adalah turunan maka solenoid ON(mengerem). Kemudian pengecekan penekanan push button, jika ada penekanan pertama

maka motor berputar mundur dan solenoid OFF, jika kemudian ada penekanan kedua maka motor OFF dan solenoid ON, kembali ke proses awal.

5. Dan jika yang terdeteksi adalah tanjakan maka, solenoid OFF(tidak mengerem).
6. Pengecekan apakah ada penekanan push button atau tidak, jika ada motor mundur kemudian jika ada penekanan kedua motor off.
7. Jika tidak ada penekanan push button maka, kecepatan terakhir yang terdeteksi oleh kursi roda sesaat sebelum menanjak, di simpan sebagai set point kecepatan yang harus dikejar pada saat menanjak.
8. Kemudian kontroller fuzzy aktif.
9. Motor ON maju dengan kecepatan yang diatur kontroller fuzzy.
10. Pada saat itu dicek kembali apakah plant masih sebuah tanjakan atau tidak, jika ya maka diumpan balik kembali ke kontroller fuzzy, jika tidak proses berhenti dan berulang dari awal lagi.

#### Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika fuzzy dalam proyek akhir kami yang berjudul 'Rancang Bangun Kursi Roda Dengan Sistem Navigasi Tanjakan Berbasis Fuzzy Logic Dan Turunan Untuk Meningkatkan Kenyamanan Pasien' memfokuskan penggunaan kontroller fuzzy pada kontrol kecepatan motor. Kontroller fuzzy ini hanya bekerja pada saat terjadi proses tanjakan. Berikut Blok diagram kontroller fuzzy dapat anda lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Blok Diagram Fuzzy

Kontroller fuzzy yang kami rancang menggunakan 2 parameter input yaitu error dan delta error. Tampak pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. setelah ada set point maka berlanjut ke proses kuantisasi yaitu proses pengambilan masukan suatu numerik input yaitu error dan delta error kemudian mengubah menjadi tingkat kuantisasi.
2. Masuk ke proses fuzzyfication untuk mengubah variabel non-fuzzy (numerik) menjadi variable fuzzy (linguistik) melalui membership function
3. Setelah variabel fuzzy didapatkan input mulai diolah oleh rule-rule yang telah ditetapkan didalam kolom rule.
4. Output yang telah didapatkan setelah diolah oleh rule yang berupa variabel fuzzy akan mengalami proses defuzzyfication untuk diubah ke variabel numerik

menggunakan metode yang disebut Center Of Gravity (COG) atau Sigle Tone untuk metode fuzzy sugeno.

5. Variabel numerik yang telah didapatkan kemudian dioutputkan ke sistem yang berupa motor. Motor memberikan kecepatan sesuai yang diinstruksikan kontroller menuju roda yang juga didorong seseorang.
6. Sensor kecepatan mensensing kecepatan roda sekarang untuk diumpun balikkan ke kontroller.

Sistem pengambilan set point oleh kontroller sendiri memiliki sedikit perbedaan dengan sistem kontrol kecepatan motor menggunakan logika fuzzy pada umumnya. Pada sistem kami saat menajak roda mendapat tambahan kecepatan dari pendorong dan motor sehingga kami langsung mensensing roda kursi roda.

Referensi yang digunakan oleh motor berasal dari pengurangan referensi kecepatan roda dengan kecepatan roda yang terdeteksi pada saat menajak, jadi dapat dirumuskan sebagai berikut :

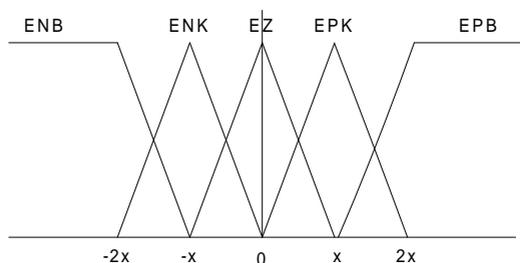
$$\text{Ref Motor} = \text{Ref Kec Roda Saat Menajak} - \text{Kec Roda Sekarang}$$

Bisa dikatakan jika referensi kecepatan motor harus terus diupdate agar sistem bisa berjalan sesuai dengan harapan. Hal ini juga dikarenakan jika terjadi perubahan *Kec Roda Sekarang* kontroller dapat langsung merespon..

Membership function :

E dan DeltaE

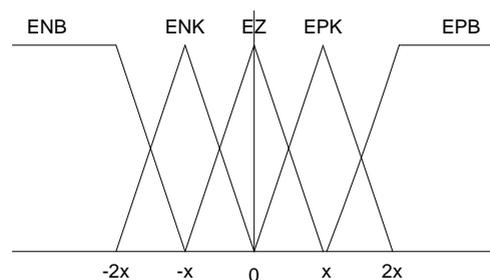
- E dibagi EPB, EPK, EZ, ENK, ENB
- EPB : Error positif besar
  - EPK : Error positif kecil
  - EZ : Error zero
  - ENK : Error negatif kecil
  - ENB : Error negatif besar



Gambar 3.6 Tabel Keanggotaan Error

DE(Delta Error) dibagi DEPB, DEPK, DEZ, DENK, DENB

- DEPB : Delta error positif besar
- DEPK : Delta error positif kecil
- DEZ : Delta error zero
- DENK : Delta error negatif kecil
- DENB : Delta error negatif besar



Gambar 3.7 Tabel Keanggotaan Delta Error

Pembuatan tabel logika fuzzy kami berupa matriks 5x5 dengan konfigurasi output sebagai berikut :

- PZ : PWM Zero
- PNK : PWM Diperlambat Kecil
- PNB : PWM Diperlambat Besar
- PPK : PWM Dipercepat Kecil
- PPB : PWM Dipercepat Besar

Jika parameter input error dan delta error dimisalkan sebagai berikut :

- EPB : Sangat Lambat
- EPK : Lambat
- EZ : Zero
- ENK : Cepat
- ENB : Cepat Sekali

Dan Delta error sebagai berikut :

- DENB : Semakin Cepat Sekali
- DENK : Semakin Cepat
- DEZ : Zero
- DEPK : Semakin Lambat
- DEPB : Semakin Lambat Sekali

E/DE	NB	NK	Z	PK	PB
PB	PZ	PPK	PPB	PPB	PPB
PK	PNK	PZ	PPK	PPB	PPB
Z	PNB	PNK	PZ	PPK	PPB
NK	PNB	PNB	PNK	PZ	PPK
NB	PNB	PNB	PNB	PNK	PZ

Tabel 3.1 Tabel Fuzzy Logic

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

### A. Pengujian Sensor Kemiringan

Pada tahap ini kami melakukan pengujian terhadap sensor kemiringan atau bandul potensiometer. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran tegangan potensiometer terhadap tampilan ADC pada LCD dan perhitungan menurut teori. Berikut table hasil pengujiannya :

No	Vin (Volt)	Data ADC (LCD)	Data ADC (hitung)	%Error
1	0,5	26	26,01	0%
2	1	52	52,03	0%
3	1,5	79	78,04	-1%
4	2	105	104,06	-1%
5	2,5	132	130,08	-1%
6	3	158	156,09	-1%
7	3,5	184	182,11	-1%
8	4	210	208,13	-1%
9	4,5	235	234,14	0%
10	5	256	256	0%

Tabel 4.1 Hasil Pengujian ADC

Berdasarkan perhitungan teori dengan rumusan sebagai berikut :

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} * 256 \quad (\text{untuk ADC 8 bit})$$

### B. Pengujian Sensor Kecepatan

Pada bagian ini sensor kecepatan kami adalah rotary encoder akan diuji agar diketahui seberapa ketelitian dan respon yang dapat dijangkau oleh sensor ini dengan kecepatan tertentu. Sebagai indikator digunakan sebuah LCD.

Putaran	Hitungan Sebenarnya		Hitungan Rotary Encoder		% Error	
	L	R	L	R	L	R
1 putaran	100	100	100	100	0%	0%
2 putaran	200	200	200	200	0%	0%
3 putaran	300	300	300	300	0%	0%

Tabel 4.2 Pengujian Rotary Encoder

### C. Pengujian Driver Motor

Motor yang kami gunakan disini adalah motor DC power window, yang mana akan kami drive dengan H-Bridge Mosfet driver. Dimana untuk pengaktifan MOSFET membutuhkan tegangan gate-source ( $V_{GS}$ ) ~10V. Karena tegangan input 24V maka 10V digunakan untuk pengaktifan MOSFET dan 14V range yang diatur oleh PWM, Berikut rumus perhitungan nilai tegangan output yang dihasilkan dengan nilai  $T_{on}$  tertentu :

$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

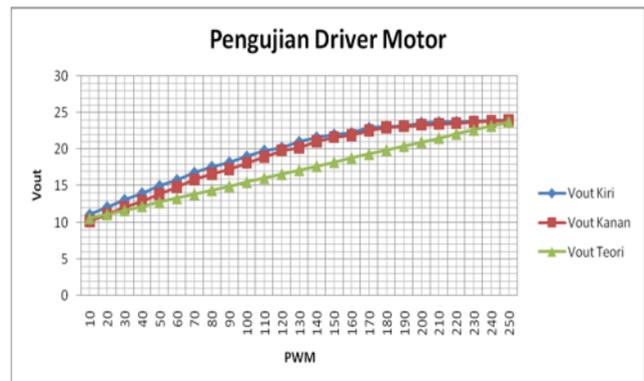
$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on} + T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Dimana :

$$T_{total} = 255$$

$$V_{in} = 24V - 10V = 14V$$

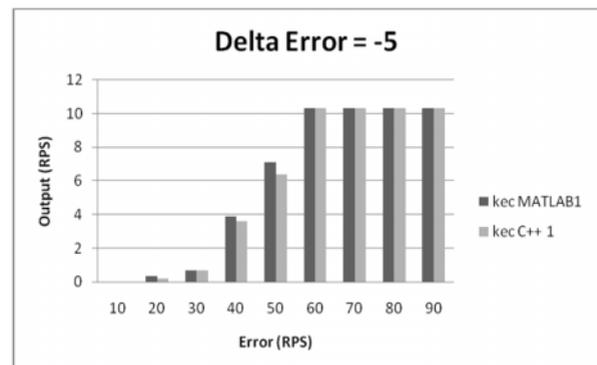


Gambar 4.1 Grafik Nilai PWM Terhadap Tegangan Output Motor

Dari data hasil pengujian diatas, dapat dibuat grafik perubahan nilai PWM yang diberikan terhadap tegangan output yang dihasilkan motor kanan maupun kiri seperti. Dan tampak juga bahwasannya motor kiri dan motor kanan kecepatannya tidak identik.

### D. Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian kali ini kami membandingkan nilai output dari formula fuzzy sistem kami yang telah fix (real) dengan nilai output dengan formula yang sama akan tetapi menggunakan MATLAB sebagai acuan yang dasar (teori).

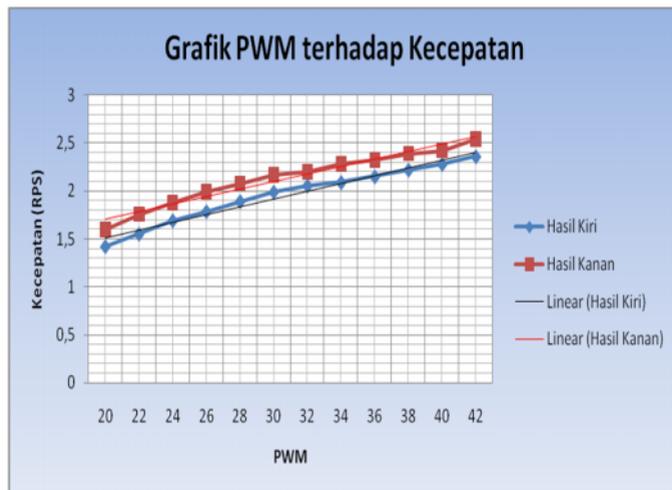


Gambar 4.2 Grafik Output Terhadap Error dan Delta Error

Dalam Sistem fuzzy yang kami gunakan adalah rule fuzzy 5x3 dimana pada awalnya kami mendesain untuk memakai rule 5x5. Akan tetapi jika memakai rule 5x5 respon fuzzy lebih lama dibanding 5x3, hal ini dikarenakan dalam proses fuzzifikasi rule 5x3 memiliki waktu yang lebih cepat karena lebih sedikit dan osilasi yang tidak terlalu besar

### E. Sampling Kecepatan

Pada tahap ini kami melakukan pengujian terhadap sensor kecepatan, driver motor dan mikrikontroller. Pengujian kali ini diperlukan sebab kita tidak mengetahui konversi dari nilai PWM dalam program ke nilai RPS (sebenarnya).



Gambar 4.3 Grafik PWM Terhadap Kecepatan

Tampak Gambar 4.3 grafik PWM terhadap Kecepatan, kita lihat bahwasannya grafik tidak sepenuhnya linier. Maka dari itu kami linearisasi dengan menambahkan trendline pada masing-masing grafik, baik grafik motor kanan maupun motor kiri. Dengan menggunakan rumus persamaan garis lurus untuk mencari gradien kita bisa mendapatkan nilai pengali/pembagi untuk konversi dari PWM ke Kecepatan (RPS). Berikut rumus dan perhitungannya :

Dapat kita lihat pada gambar 4.9,

Trendline kanan  $\rightarrow (X_1, Y_1) = (20, 1.71) \Leftrightarrow (X_2, Y_2) = (42, 2.56)$

Trendline kiri  $\rightarrow (X_1, Y_1) = (20, 1.5) \Leftrightarrow (X_2, Y_2) = (42, 2.4)$

Dengan rumus :

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ atau } m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

Didapatkan :

M Kiri = **0,041**

M Kanan = **0,0386**

Dengan persamaan standard :  $Y = MX + c$  didapatkan :

Persamaan Motor Kiri :  $Y = 0,041X + 0,68$

Persamaan Motor Kanan :  $Y = 0,0386X + 0,94$

Dimana :

X = Nilai PWM dalam program

Y = Output berupa kecepatan (RPS)

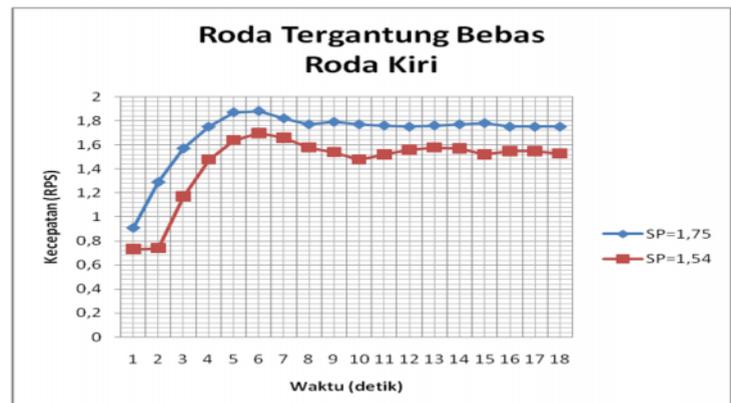
Jadi dengan adanya persamaan diatas kita dapat mengkonversi nilai PWM dalam program ke kecepatan sebenarnya (RPS).

### F. Pengujian Sistem Terintegrasi

Dalam pengujian kali ini kami akan melakukan sebuah pengintegrasian sistem dan pengujian sistem dalam plant, baik terbeban maupun tidak. Dengan menggrafikkan kecepatan terhadap waktu kita dapat melihat bagaimana respon kontroller, efisiensi serta kehandalan kontroller dalam mengejar setpoint yang ada.



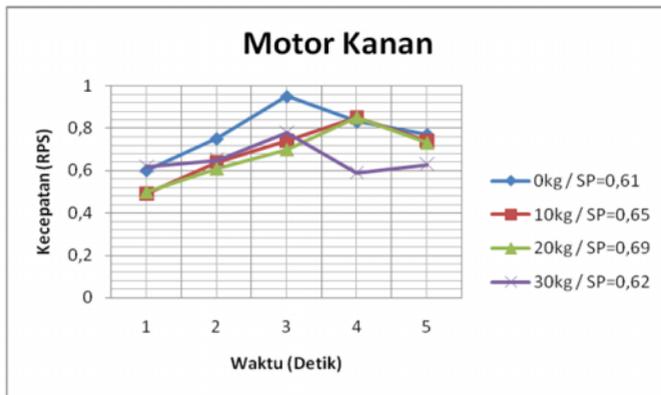
Gambar 4.4 Grafik Fuzzy Roda Kanan Tergantung Bebas



Gambar 4.5 Grafik Fuzzy Roda Kiri Tergantung Bebas

Dari gambar grafik diatas dapat kita lihat pergerakan kecepatan terhadap waktu dimana rata-rata pencapaian set point berada pada detik ke 11. Dari formula fuzzy yang kami rancang dapat anda lihat osilasi yang dihasilkan sangat minimal, ini menunjukkan kehandalan controller fuzzy dalam mencapai set point yang diinginkan. Jadi kesimpulannya adalah controller sudah bisa bekerja sesuai yang diharapkan. Hanya saja pada pencapaian set point 1,00 terjadi osilasi yang sedikit jauh lebih besar.

Pada pengujian kali ini kami akan menguji controller kursi roda pada saat tanjakan tanpa beban sampai beban 35kg. Berikut grafiknya :



Gambar 4.6 Grafik Kontrol Kecepatan Motor Kanan

Dari grafik diatas kami asumsikan bahwasannya set point sama, dimana dalam pengujian sebenarnya susah didapatkan set point yang benar-benar sama dalam pengujian karena set point didapatkan dari dorongan manusia yang mana kecepatannya adalah relatif (menurut perasaan). Dari grafik yang kami dapatkan diatas dapat kita lihat dimana dengan set point yang sama, beban semakin berat maka kemampuan controller dalam mengejar set point semakin tinggi. Hal yang menyebabkan controller bekerja lebih cepat dalam mengejar set point pada saat beban lebih besar karena, respon kecepatan terhadap yang dikeluarkan controller pada motor seolah-olah cepat dan stabil. Karena misal, jika tanpa beban motor diberi PWM 50 dapat mencapai kecepatan 30 RPS maka semakin besar beban maka diberi PWM 50 kecepatan yang dikeluarkan jadi lebih kecil dari 30 RPS (<30RPS). Jadi pada intinya sistem yang sudah terintegrasi sudah bekerja sesuai dengan harapan, dimana diberi pembebanan kepada manusia sudah bekerja. Hanya saja pengujian terbatas hanya dengan tanjakan sepanjang 3,5 meter, jadi penambahan kecepatan belum bisa benar-benar stabil. Pada kenyataannya dirumah sakit sekitar 20-30 meter track tanjakannya. Jadi kami yakin controller sistem dapat mengejar set point jika melalui tanjakan sebenarnya dirumah sakit.

## V. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem, kemudian dilakukan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja alat, yaitu sebagai berikut :

- ❑ Sensing Kecepatan oleh rotary encoder telah bekerja sesuai harapan dimana error yang dihasilkan 0%.
- ❑ Kontroller kursi roda sudah dapat mengejar set point kecepatan yang diinginkan pada saat tanjakan hanya saja karena keterbatasan panjang track tanjakan yang bisa kami buat, set point yang dicapai masih beresilasi. Sedangkan pada pengujian roda

tergantung tanpa beban controller telah bekerja secara optimal, hanya saja waktu untuk mencapai kestabilan kurang lebih detik ke-10.

- ❑ Kursi roda telah bekerja dengan meringankan beban mendorong, dimana tenaga yang dikeluarkan mendorong pada saat track datar dan tanjakan adalah sama.

Sesuai dengan standar kemiringan track tanjakan pada rumah sakit adalah  $10^0$ , sistem telah bekerja sesuai harapan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Lingga Wardana. 2006. "Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega16, Simulasi Hardware dan Aplikasi", Yogyakarta: Andi
2. DeFatta, David J.; Lucas, Joseph G.; Hodgkiss, William S.; "Digital Signal Processing: A System Design Approach", Wiley, Canada, 1988
3. Jamsidi M.; Vadie, N.; Ross, T.; "Fuzzy Logic And Control", Prentice Hall, New Jersey, 1993
4. Kuswadi, Sonk; "Kendali Cerdas", EEPIS Press, 2000
5. Kwakernaak, Hibert; Sival, Raphael; "Modern Signals And Systems", Prentice Hall, New Jersey, 1991
6. Nie, Junhong; Linkens, Derek; "Fuzzy-Neural Control", Prentice Hall, Maylands Avenue, 1995
7. Tompkins, W.J., Webster, J.G.; "Interfacing Sensors to IBM PC", Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988
8. Ulsoy, A.Galip; DeVries, W.R., "Microcomputer Application in Manufacturing", Wiley, Canada, 1989
9. <http://www.iau.dtu.dk/~jj/pubs/logic.pdf>
10. Adrianto Heri, "Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega16", Informatika Bandung, Bandung, 2008.
11. <http://payztronics.blogspot.com/2009/08/komunikasi-usart-avr-mode-sinkron.html>.
12. <http://payztronics.blogspot.com/2009/08/komunikasi-usart-avr-mode-asinkron.html>.
13. <http://denumon.wordpress.com/2009/03/27/interface-rotary-encoder-ke-mikrokontroler-avratmega/>.
14. Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*, Malang, Indonesia.
15. Kusumadewi, Sri dan Purnomo, Hari. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Yogyakarta, Indonesia.