Pengaturan Kecepatan Dua Kereta Api Monorail Berbasis Pid Fuzzy

Arief Rachman Hakim[1], Hendik Eko Hadi S.[2], Suhariningsih[3]

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri PENS – ITS, Surabaya
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri PENS – ITS, Surabaya
3. Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri PENS – ITS, Surabaya

Kontak Person:
Arief Rachman Hakim
Jl. Ngagel Rejo 6L/11
Surabaya, 60245
Telp: +6285648765317, Email: ariefr37@gmail.com

ABSTRAK

Sekarang ini kemacetan diberbagai jalan-jalan utama pada beberapa daerah tidak dapat dihindari. Hal ini disebabkan karena jumlah kendaraan pribadi semakin meningkat. Untuk itulah diperlukan suatu angkutan umum yang mudah diakses dan terbebas dari kemacetan. Kereta api mono rail adalah salah satu solusinya. Pada proyek akhir ini, terdapat dua buah kereta api dalam suatu sistem mono rail yang dibentuk dalam suatu maket sederhana. Pengaturan kecepatan diperlukan apabila salah satu dari kereta ditambah atau dikurangi bebannya, untuk menghindari kedua kereta saling bertabrakan. Oleh karena itu diperlukan suatu sensor infra merah untuk mendeteksi kecepatan kereta. Tegangan input kereta berasal dari rangkaian basic switching yang dapat diatur ouput tegangannya. Sistem kontrol yang digunakan adalah PID-Fuzzy. Hasil dari system ini adalah kecepatan kereta api akan tetap konstan walaupun beban (gerbong) ditambah atau dikurangi.

Kata kunci : maket, mono rail, sensor infra merah, PID-Fuzzy, basic switching

ABSTRACT

Now crowded in many mainly road in several region cannot be avoided. There is because amount of private transportation become increase. For that is need a certain of public transportation that easily access and free from crowded. Mono rail train is one of the solution.. in this final project, there are two train in a certain of mono rail system that build in a simple model. Speed control is need if one of the train load is increase or decrease, for avoid between two of the train mutually crash. Because of that, need a infra red censor to detect speed of the train. Input voltage the train is come from basic switching circuit that it can be control the voltage. Control system that use is PID-Fuzzy. The result is speed of the train is still constant although the load (the railway coach) increase or decrease

Keywords : model, mono rail, infra red censor, PID-Fuzzy, basic switching

I. PENDAHULUAN

Sekarang ini jumlah volume kendaraan pribadi semakin meningkat drastis. Semakin mudahnya memperoleh kendaraan pribadi memicu setiap orang untuk memperolehnya. Dampaknya adalah semakin macetnya kondisi jalan-jalan protokol di berbagai wilayah dan kerugian yang ditimbulkan.

Untuk mengatasi kemacetan tersebut diperlukan suatu alat transportasi masyarakat yang mudah diakses dan bebas dari kemacetan. Salah satu solusinya adalah pembangunan mono rail dimana mono rail ini dibangun menggunakan rel yang tidak bersinggungan dengan jalan-jalan protokol. Sumber energi listrik dari mono rail ini ditransmisikan dari rel-nya.

Pada proyek akhir ini, dibuat maket sederhana dari kereta api mono rail. Sumber listrik dari kereta api ini berasal dari PLN yang disearahkan dengan rangkaian rectifier terkontrol satu fasa. Suatu PC diperlukan sebagai monotoring dari kecepatan mono rail. Dalam system kereta monorail ini, kereta satu dengan kereta lainnya tidak saling berhubungan, tetapi memiliki prinsip kerja yang sama, yaitu kecepatannya dijaga konstan jika ditambah atau dikurangi bebannya.

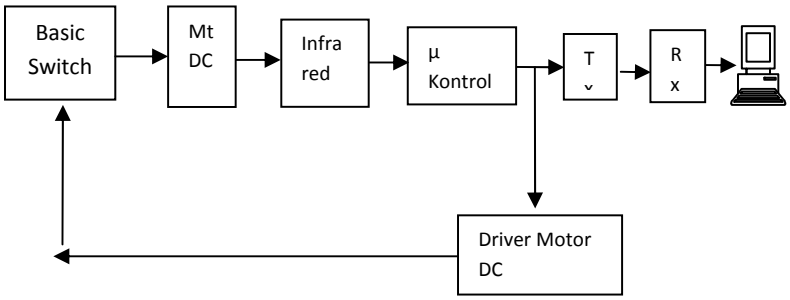
Diharapakan nantinya alat ini dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah kemacetan yang ada akibat pengaruh naikknya volume kendaraan pribadi.

Didalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral dan aksi kontrol derivative . Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan risetime yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* , dan aksi kontrol derivative mempunyai keunggulan untuk memperkecil *derror* atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan output dengan risetime

yang tinggi dan error yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID, dan pada makalah ini sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali PID digital.

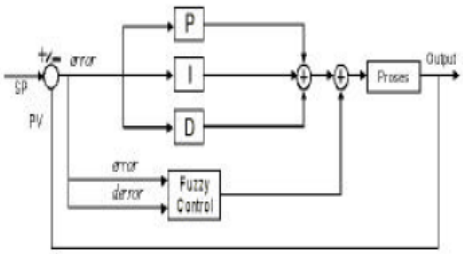
Di lain pihak juga berkembang suatu teknologi dimana kita tidak lagi memakai cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil yang kita inginkan dengan memakai persamaan matematika. Tetapi kita menerapkan suatu system kemampuan manusia untuk mengendalikan sesuatu , yaitu dalam bentuk aturan-aturan . Jika – maka (*If – Then Rules*), sehingga proses pengendalian akan mengikuti pendekatan secara linguistik, sistem ini disebut dengan system kendali logika fuzzy, yang mana sistem kendali logika fuzzy ini tidak memiliki ketergantungan pada variabel – variabel proses kendali. Sistem ini dikembangkan dalam bidang teknik kontrol, terutama untuk sistem nonlinier dan dinamis.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 2.1. *Blok Diagram Sistem*

Kontrol PID-fuzzy ini bertindak untuk meminimalkan error yang dihasilkan. Output dari PID Kontrol ini akan diatur tegangannya dengan limiter sesuai output yang dihasilkan Kontroller. Nilai ini kemudian digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM pada gate MOSFET melalui port mikrokontroler.



Gambar 2.2. *Blok Diagram Sistem Kontrol PID-Fuzzy*

III.HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Sistem Fuzzy Logic Control.

Fuzzy logic control memiliki empat bagian utama dalam pembuatan struktur dasar sistem kendali fuzzy, yaitu: Fuzzifikasi, Knowledge Base, Inferensi dan Defuzzifikasi.

- Fuzzifikasi

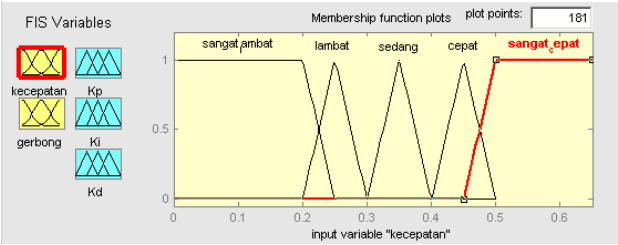
Pada sistem kontrol motor DC ini terdapat satu input masukan yang akan di fuzzifikasikan ke himpunan fuzzy dan menjadi fungsi keanggotaan fuzzy. Gambar 1 dan 2 dibawah merupakan fuzzifikasi dari input-input masukan yang dikeluarkan rangkaian sensor tegangan. Dipilih lima buah nilai linguistik untuk output infra merah yaitu Sangat Lambat (SL), Lambat (L), Sedang (S), Cepat (C) dan Sangat Cepat (SC).

- Sangat Lambat = 0 - 0.25 m/s.
- Rendah = 0.25 – 0.35 m/s.
- Sedang = 0.35 – 0.45 m/s.
- Tinggi = 0.45 – 0.55 m/s.
- Sangat Tinggi = 0.55 – 0.65 m/s.

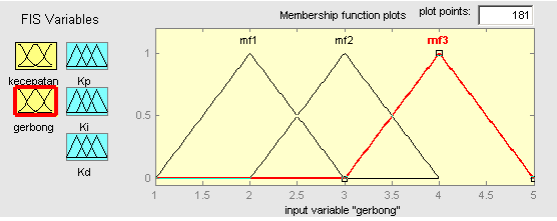
- nilai linguistik untuk output jumlah gerbong (beban) yaitu Ringan (R), Sedang (S), dan Berat (B). Untuk pembagian besar kelembaban nya adalah sebagai berikut :
  - Ringan = 1- 2.
  - Sedang = 2 - 3.
  - Berat = 4 - 5.

- Knowledge Base

Untuk sistem control motor DC ini, digunakan beberapa rule yang kemungkinan besar akan terjadi pada motor yang akan dikendalikan tersebut. Dalam pembuatan rule atau pernyataan ini, sebenarnya tidak memiliki batasan dalam jumlahnya, semakin banyak rule-rule yang dibuat semakin tepat dan detail kerja alat yang dirancang. Tabel 3.1 dibawah adalah rule-rule pernyataan pada sistem kontrol kecepatan kereta mengunakan sistem kendali fuzzy logic control yang berjumlah 5 rule.



Gambar 3.1. *Fungsi Keanggotaan kecepatan kereta*



Gambar 3.2. *Fungsi Keanggotaan Gerbong (Beban)*

- Inferensi

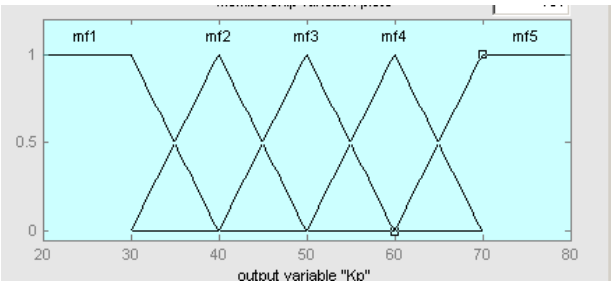
Selanjutnya, matrik Fuzzy Associative Memory dari rule-rule pernyataan diatas dipergunakan sebagai knowledge base atau basis pengetahuan untuk proses pada blok inferensi. Pada blok inferensi ini, digunakan penalaran MAX–MIN untuk mendapatkan hasil output dalam domain fuzzy. Hasil proses pada inferensi mengunakan penalaran MAX–MIN dapat dilihat pada lembar lampiran.

- Defuzzifikasi

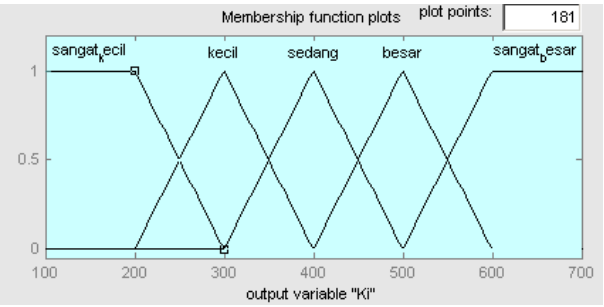
Pada proses defuzzifikasi ini juga terdapat grafik fungsi keanggotaan untuk menentukan batasan dari output fuzzy yang diinginkan. Dipilih lima buah nilai linguistik untuk menentukan kondisi dari Kp, Ki, dan Kd sebagaimana terlihat pada gambar 3.3, gambar 3.4, dan gambar 3.5

Tabel 3.1 *bentuk matrik FAM sistem kontrol motor DC*

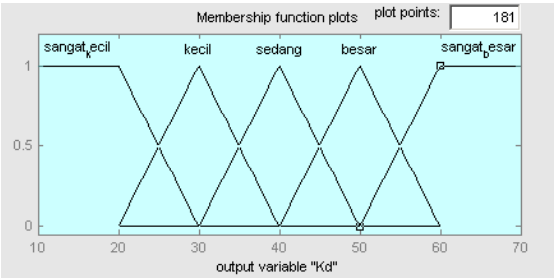
Kecepatan / Beban	Sangat Lambat (SL)	Lambat (L)	Sedang (S)	Cepat (C)	Sangat Cepat (SC)
Ringan	Sangat Besar (SB)	Besar (B)	Sedang (S)	Kecil (K)	Sangat Kecil (SK)
Sedang	Kecil (K)	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)	Besar (B)
Berat	Sangat Besar (SB)	Besar (B)	Sedang (S)	Kecil (K)	Sangat Kecil (SK)



Gambar 3.3. *Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy (Kp)*



Gambar 3.4. *Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy (Ki)*



Gambar 3.5. *Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy (Kd)*

3.2. Perancangan Hardware

Hardware merupakan perangkat yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang berbentuk fisik dan dapat dilihat secara visual. Perangkat keras ini digunakan untuk interfacing dengan prosesor tempat dilakukannya pengolahan software. Beberapa hardware yang digunakan pada sistem kontrol motor DC ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Catu Daya (Power Supply)

Rangkaian catu daya berfungsi untuk mensuplai sumber daya yang dibutuhkan pada setiap rangkaian pada sistem, yang dituntut untuk memberikan tegangan output yang konstan dan sumber yang variabel. Catu daya yang konstan yang digunakan adalah catu daya 5 volt DC. Catu daya ini digunakan sebagai penyupply rangkaian minimum sistem mikrokontroller dan

rangkaian sensor. Catu daya yang variable adalah untuk suplai dari motor DC yang berasal dari rangkaian buck konverter dimana suplai akan berubah-ubah tergantung dari pembacaan sensor tegangan.

3.2.3 Sensor Infra Merah

Sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi objek (kereta) yang melintas pada rel kereta. Pada jalur dari kereta terdapat 5 titik inframerah sebagai detector kecepatan kereta dan posisi dari kedua kereta, sehingga total sensor yang dibutuhkan berjumlah 10 buah.

3.2.4. Rangkaian Minimum System ATMega 8535

Mikrokontroler tidak dapat bekerja tanpa adanya komponen dasar pendukung, yang terdiri dari rangkaian oscillator dan rangkaian reset. Rangkaian reset digunakan untuk menjalankan kembali mikrokontroler ke kondisi awal. Hal ini diperuntukkan apabila terjadi error dan tidak dapat diperbaiki dan pada saat mikrokontroler mulai dinyalakan.

Rangkaian osilator digunakan sebagai pembangkit denyut clock yang membuat mikrokontroler bekerja. Rangkaian osilator terdiri dari 1 buah x-tal dan 2 buah kapasitor filter. X-tal adalah komponen pembangkit frekuensi atau disebut juga sebagai resonator. AT MEGA8535 mampu bekerja dengan x-tal maximum 4 MHz dan pada proyek akhir ini digunakan x-tal 4 MHz.

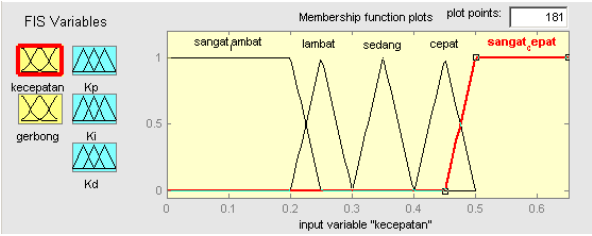
3.3 Perancangan Software.

3.3.1 Simulasi Menggunakan Matlab 7.0.1

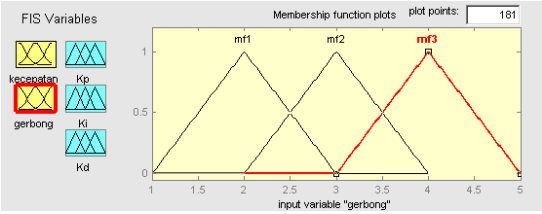
Pada simulasi tugas akhir ini, aplikasi yang dipakai pada matlab adalah Fuzzy Logic Toolbox. Fasilitas yang tersedia pada software ini yaitu :

1. FIS Editor : digunakan untuk menangani variabel masukan dan keluaran sistem berupa penentuan jumlah dan nama variabel.
2. MF Editor : digunakan untuk mendefenisikan bentuk fungsi keanggotaan tiap variabel termasuk di dalamnya penentuan range variable masukan dan keluaran, nama serta parameter variabel-variabel linguistic dari masing-masing variabel masukan dan keluaran.
3. Rule Editor : digunakan untuk menentukan daftar aturan yang sesuai dengan kinerja system.
4. Rule Viewer : digunakan untuk melihat tampilan dari proses inferensi, untuk melihat aturan mana yang sedang aktif, untuk mengetahui pengaruh bentuk fungsi keanggotaan terhadap hasil dengan memasukan nilai-nilai tepat variabel masukan.
5. Surface Viewer : berfungsi untuk menampilkan keterkaitan antara masukan dan keluaran dalam bentuk tampilan grafik 3 (tiga) dimensi.

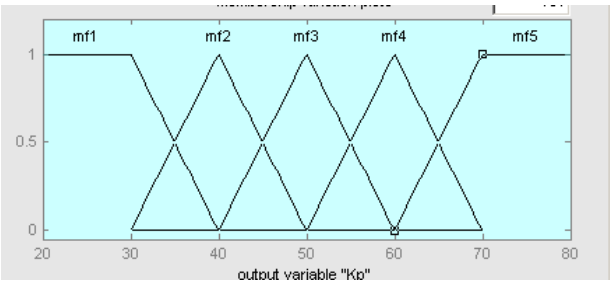
Sistem Fuzzy yang digunakan adalah sebagai berikut:



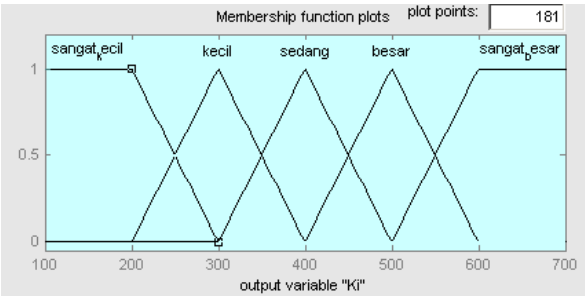
Gambar 3.6. *Membership kecepatan kereta*



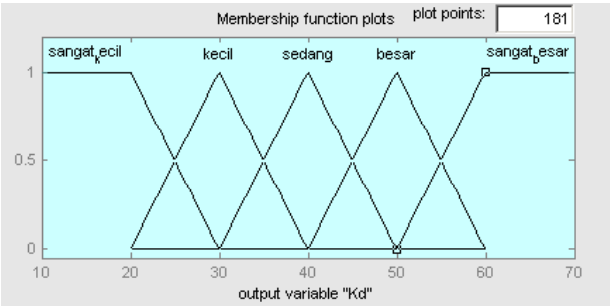
Gambar 3.7. *Fungsi Keanggotaan Gerbong (Beban)*



Gambar 3.8. *Membership function output (Kp)*



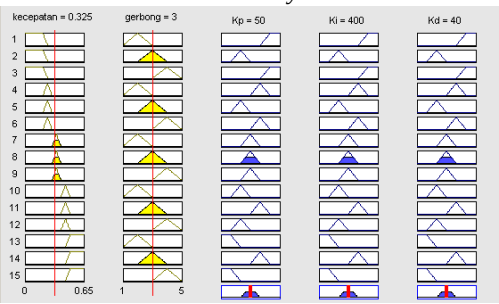
Gambar 3.9. *Membership function output (Ki)*



Gambar 3.10. *Membership function output (Kd)*

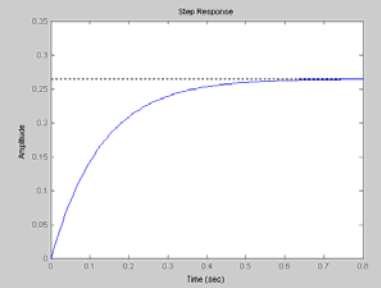
Rule Base hasil fuzzy

Gambar 3.9. *Rule Base Fuzzy*

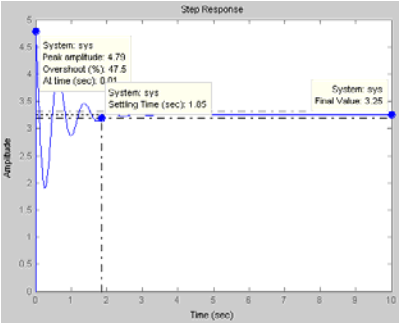


Gambar 3.10. *Rule Viewer Fuzzy*

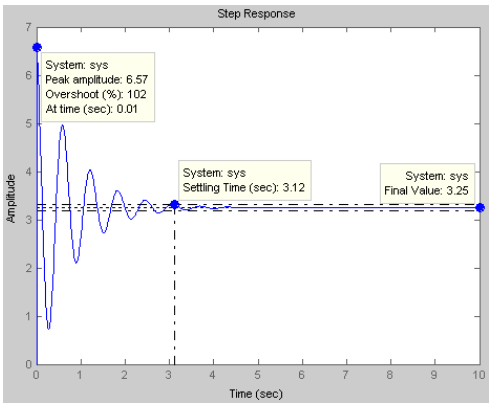
Respon dari motor adalah sebagai berikut:



Gambar 3.11. *Grafik respon motor terhadap waktu tanpa kontrol*



Gambar 3.12. *Respon motor DC saat Vdc = 6volt*

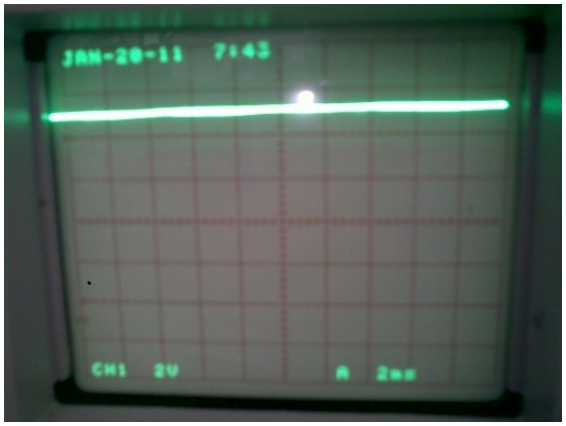


Gambar 3.13. *Respon motor DC saat Vdc = 9 volt*

IV. Pengujian Alat

Pengujian terhadap seluruh sistem rangkaian yang telah dibuat dilakukan setelah semua rangkaian disusun secara keseluruhan berdasarkan perencanaan pada blok diagram sistem. Pengujian dimaksudkan untuk mendapatkan evaluasi terhadap setiap rangkaian dalam sistem agar diperoleh kinerja yang lebih baik. Kinerja yang lebih baik didapatkan dengan melakukan perbaikan terhadap setiap komponen rangkaian yang mengalami kekeliruan yang diketahui saat melakukan pengujian.

Pengujian Catu Daya (Power Suplai)



Gambar 4.1. output dari power suplai

Tegangan output *power supply* :

Volt/div = 2 Volt
V peak = 2,5 div
V dc = 5.78Volt
Time/div = 2 ms

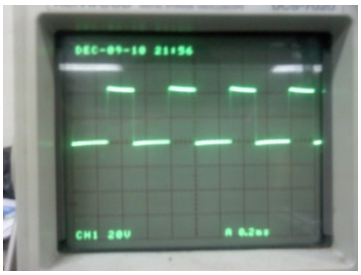
Pengujian Basic Switching

Data yang diambil pada rangkaian Basic Switching adalah data tegangan output yang dihasilkan dangan pemakaian motor DC 9 volt dengan pemberian PWM dengan duty cycle yang berbeda beda.

Tabel 4.1 Data Basic Switching

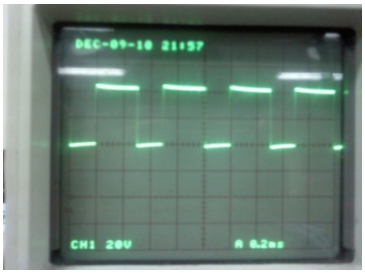
No.	Duty cycle (%)	V_{input} (Volt)	V_{output} (Volt)
1	20	15	3.2
2	40	15	5.35
3	60	15	8.65
4	80	15	12.05
5	100	15	14.87

Gambar 4.2 dan **4.3** merupakan gelombang PWM dengan duty cycle yang berbeda beda sebagai drive dari mosfet rangkaian Basic Switching.



Gambar 4.2 Duty cycle 40%

Penyulutan sinyal PWM dengan menggunakan mikrokontroler ATMega 8535. Sinyal PWM yang diberikan oleh mikro bernilai 102 dan output PWM mikro pada port B bit 3 adalah sebesar 2,1 volt



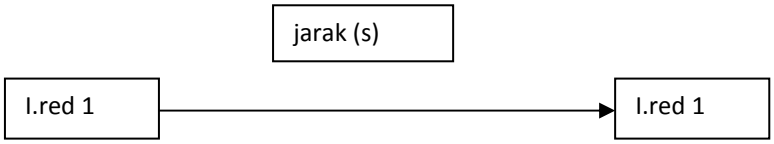
Gambar 4.3 Duty cycle 60%

Penyulutan sinyal PWM dengan menggunakan mikrokontroler ATMega 8535. Sinyal PWM yang diberikan oleh mikro bernilai 153, dan output PWM mikro pada port B bite adalah sebesar 3.07 volt

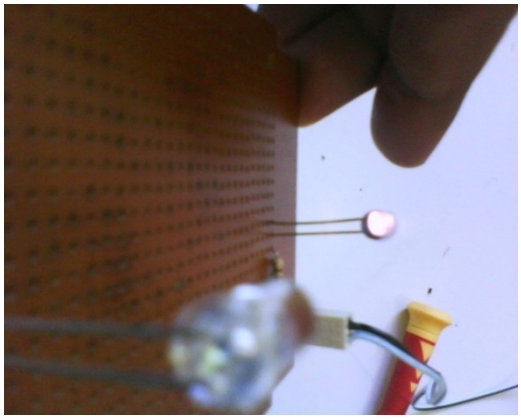
Pengujian Sensor Infra Merah

Sensor infra merah digunakan untuk mendeteksi posisi kereta dan kecepatan kereta, dimana untuk mendapatkan kecepatan kereta digunakan persamaan :

$$V.kereta\ (m/s) = \frac{Jarak\ Tempuh\ (m)}{Waktu\ Tempuh\ (s)} \quad \text{..... (4.1)}$$



Gambar 4.4. *Pengujian Sensor Infra Merah*



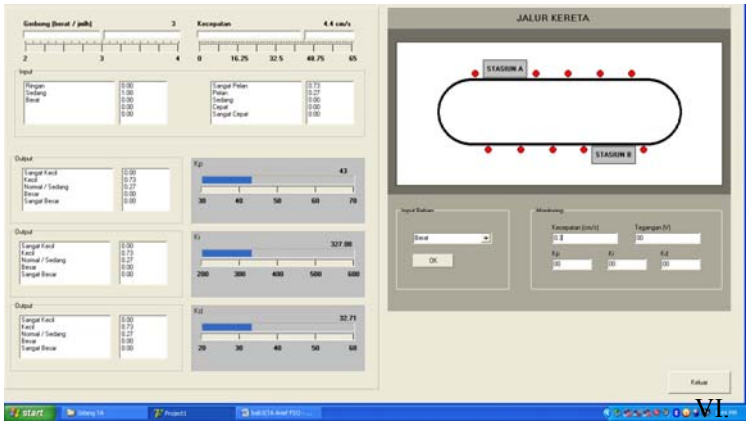
Gambar 4.5. *Nyala sensor infra merah dengan bantuan kamera*

Data dari sensor infra merah:

Tabel 4.2 *Nilai analog dari sensor infra merah*

No	Nilai Output	Keterangan
1	0 volt	Jika infra merah tidak dihalangi
2	5 volt	Jika infra merah dihalangi

Gambar 4.6. *Output Infra Merah Ketika Dihalangi*



Gambar 4.8. Monitoring ketika beban ringan

Tabel 4.3 *Kecepatan kereta*

No	Beban (Gerbong)	Kecepatan (cm/s)
1	Ringan	297
2	Sedang	334
3	Berat	386

Analisis Kecepatan

- Ringan
  Jarak = 1 meter = 100 cm
  Kecepatan kereta = 297 cm/s
  Waktu tempuh kereta = $\frac{297}{100}$ = 2.97 detik

- Sedang
  Jarak = 1 meter = 100 cm
  Kecepatan kereta = 334 cm/s
  Waktu tempuh kereta = $\frac{334}{100}$ = 3.34 detik

- Berat
  Jarak = 1 meter = 100 cm
  Kecepatan kereta = 386 cm/s
  Waktu tempuh kereta = $\frac{386}{100}$ = 3.86 detik

V. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis dapat diambil kesimpulan bahwa system control PID-Fuzzy masih belum dapat mengontrol kecepatan kereta secara sempurna. Dari beban ringan(2 gerbong kereta) kecepatan kereta 297 cm/s, sedangkan setting point yang diinputkan dari fuzzy adalah 325 cm/s untuk beban dari setting point (sedang / 3 gerbong kereta). Begitu pula untuk beban berat (4 gerbong kereta) kecepatan dari kereta adalah 386 cm/s. Hal ini dipengaruhi oleh sensitivitas dari sensor infra merah dan pengaruh pengiriman data dari mikrokontroler ke PC secara serial. Selain itu, perlu juga diperhatikan suplai dari kereta, karena dengan suplai yang memiliki arus yang kecil, dapat menyebabkan suplai drop pada ujung dari rel kereta.

VI. Saran

- Menggunakan sensor infra merah yang memiliki sensitivitas yang lebih tinggi.
- Menggunakan mikrokontroler yang memiliki clock yang lebih tinggi, karena ATMega 8535 hanya menggunakan crystal 4 MHz dan ATMega 8535 hanya memiliki 8K-Byte In System Programable Flash.
- Harus diperhatikan mekanik dari kereta karena, gesekan atau rel yang tidak presisi dapat membuat kereta tergelincir
- Menggunakan suplai yang memiliki kapasitas arus yang tinggi.

VII. Daftar Pustaka

[1]. Anonim. "ATMega 8535.pdf". Atmel Corporation.

[2]. Irawan, Joni. "PID", Bengkulu : Teknik Elektro Universitas Bengkulu, 2006

[3]. Rashid, Muhammad H,. "Power Electronics Handbook". Canada: ACADEMIC PRESS, 2001

[4]. KL Monorail. Diakses tanggal 15 Juli 2010.http://translate.google.co.id/translate?hl=id&sl=ms&u=http://ms.wikipedia.org/wiki/KL_Monorail&ei=b10-TJzLJ4WiuQP2nriUDw&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=7&ved=0CDUQ7gEwBg&prev=/search%3Fq%3D%2522sistem%2Bkerja%2Bmono%2Brail%2522%26hl%3Did

[5]. Pasila, Felix, dkk. "Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kendali Hybrid PID-Fuzzy". **Proceeding Industrial Electronic.** IES '00, 2000.

[6]. Transportasi Kota Jakarta Mengkhawatirkan. Indonesia Environment Consultant. Diakses tanggal 04 Juli 2010.http://www.iec.co.id/berita/transportasi-kota-jakarta-mengkhawatirkan