

# MOBIL PINTAR DENGAN PID-FUZZY SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN BERDASARKAN KERAMAIAAN

Renny Rakhmawati, ST, MT

Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya  
Phone 031-5947280 eks 2114  
Email : renny@eepis-its.edu

## Abstrak

*Kata Kunci : Petunjuk penulisan, makalah, Seminar Nasional Teknoin 2008. Pada kondisi ramai, seringkali terjadi tabrakan yang diakibatkan oleh kelalaian pengemudi. Dengan mengaplikasikan sistem Fuzzy dan PID diharapkan mobil pintar mampu mereduksi kecepatan secara otomatis ketika mendeteksi suatu penghalang. Sistem fuzzy digunakan untuk menentukan nilai set point dari kontroller PID, sedangkan kontroller PID digunakan untuk mengatur respon kecepatan motor DC penggerak mobil pintar. Keluaran sistem fuzzy ditentukan oleh dua masukan, yaitu posisi pedal gas serta hasil pembacaan jarak dari sensor ultrasonik. Pengujian sistem Fuzzy PID pada mobil pintar dilakukan dengan mengatur posisi pedal gas. Kemudian setelah mobil pintar mencapai kecepatan maksimal, tiba-tiba diberikan suatu penghalang. Dari hasil pengujian diketahui bahwa sistem fuzzy mampu menghindarkan mobil pintar dari tabrakan pada saat posisi pedal gas maksimal 83% dan kecepatan maksimal motor sebelum berhenti adalah 262 rpm. Pemberian parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  masing-masing sebesar 0.2, 1.02 dan 0 mampu menghasilkan grafik respon motor tanpa overshoot dengan rise time sebesar 1.7.*

*Kata kunci : Mobil Pintar, Fuzzy, PID, set point*

## PENDAHULUAN

Pada kondisi keramaian yang terjadi di kota-kota besar, sering terjadi insiden-insiden yang menyebabkan terjadinya tabrakan antar kendaraan yang disebabkan oleh kelalaian pengemudi, sehingga diperlukan suatu sistem pengaman terhadap benturan (autobreak system) yang dapat meminimalisir kejadian tersebut. Dengan bantuan sensor jarak dan kontroller kecepatan yang dipasang pada kendaraan seperti mobil terjadinya tabrakan akibat kelalaian pengemudi dapat diminimalkan.

Proses pengaturan kecepatan mobil pintar ini ditentukan oleh dua masukan, yaitu dari operator dan hasil pendeteksian dari sensor jarak. Hasil pendeteksian sensor jarak tersebut digunakan untuk membatasi masukan dari operator. Sehingga dengan mengkombinasikan kedua masukan tersebut diperoleh kecepatan mobil yang sesuai dengan posisi mobil terhadap halangan disekitarnya.

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 sistem 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 sistem kendali logika fuzzy, yang mana sistem kendali logika fuzzy ini tidak memiliki ketergantungan pada variabel-variabel proses kendali. Dengan menggunakan logika Fuzzy, masukan dari operator dan masukan dari sensor jarak dapat dikombinasikan untuk menghasilkan set point kecepatan yang paling sesuai. Set point kecepatan yang dihasilkan kontroller Fuzzy ini juga merupakan set point dari kontroller PID.

Dalam paper ini, digunakan kontroller PID. Meskipun sederhana, kemampuannya untuk memberikan aksi kontrol masih cukup efektif untuk digunakan. Hal yang krusial pada desain kontroler PID ini ialah menentukan parameter kontroler yaitu kontroller proporsional, integral dan derivative. Masing-masing parameter kontroller ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana kontroller proporsional mempunyai keunggulan risetime yang cepat, kontroller integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil error, dan kontroller derivative mempunyai keunggulan untuk memperkecil error atau meredam overshoot/undershoot. Dengan menggabungkan ketiga kontroller ini, kita dapat menghasilkan output dengan risetime yang tinggi dan error yang kecil.

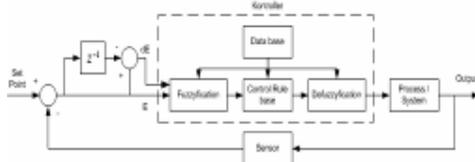
**PERENCANAAN SISTEM (SOFTWARE)**

**Sistem Fuzzy**

Penggunaan teknologi logika fuzzy dikarenakan sistem logika fuzzy memiliki kemampuan sebagai berikut :

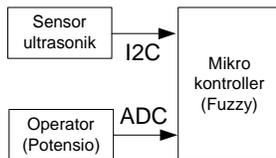
- Beroperasi tanpa campur manusia manusia secara langsung, tetapi memiliki efektivitas yang sama dengan pengendali manusia.
- Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linier dan tidak stasioner.
- Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja.
- Strukturnya sederhana, kuat dan beroperasi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

Struktur dasar sistem pengendalian logika fuzzy dalam pada mobil pintar ini ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 1 Struktur dasar sistem kontrol logika fuzzy

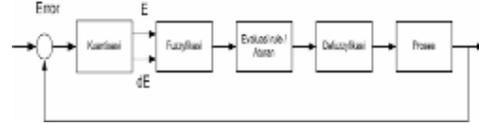
Dari struktur dasar sistem fuzzy pada Gambar 1 diatas, maka sebagai langkah awal ialah proses perancangan sistem fuzzy pada mobil pintar. Rancangan blok diagram dari sistem fuzzy yang diaplikasikan pada mobil pintar dapat ditunjukkan melalui Gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2 Blok Diagram Sistem Fuzzy Pada Mobil Pintar

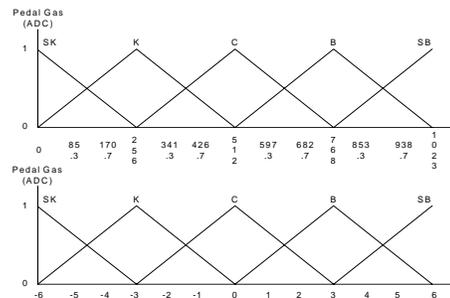
Pada Gambar blok diagram 2 diatas dapat dijelaskan bahwa terdapat dua buah sinyal masukan dari mikrokontroler (fuzzy). Masukan yang pertama didapatkan dari hasil konversi tegangan keluaran potensiometer (yang telah dikopel dengan pedal gas) menjadi nilai digital menggunakan ADC internal mikrokontroler. Sedangkan masukan yang kedua didapatkan dari hasil pembacaan (jarak) sensor ultrasonik SRF08 dengan menggunakan fasilitas komunikasi I2C. Masukan yang pertama mengindikasikan kecepatan yang diinginkan oleh pengemudi sedangkan masukan yang kedua mengindikasikan jarak antara penghalang dengan mobil pintar. Semakin jauh jarak penghalang dengan mobil pintar maka batas tingkat kecepatan yang ditentukan oleh pengemudi akan semakin besar dan sebaliknya, semakin dekat jarak penghalang dengan

mobil pintar maka tingkat kecepatan yang ditentukan oleh pengemudi akan semakin dibatasi. Struktur dasar sistem kontrol fuzzy dalam proses perancangan program fuzzy pada mobil pintar mengacu pada Gambar blok diagram 3 dibawah ini :

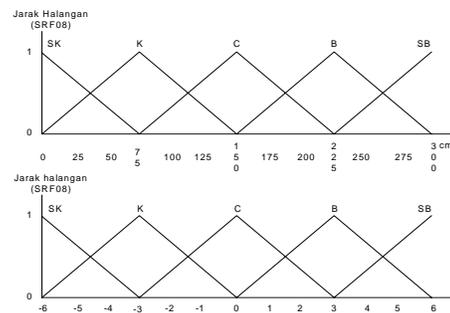


Gambar 3 Blok Diagram Sistem Pemrosesan Logika Fuzzy

Pada Gambar blok diagram 3 diatas dapat dijelaskan bahwa struktur pemrosesan menggunakan logika fuzzy terdiri atas beberapa tahap. Tahap pertama yaitu tahap kuantisasi, pada tahap ini, sinyal masukan yang berasal dari tegangan keluaran potensiometer dan hasil pembacaan sensor jarak SRF08 diubah menjadi sinyal yang terkuantisasi. Pada level kuantisasi terjadi penggolongan masukan menjadi daerah-daerah diskrit tertentu berdasarkan membership function input seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan 2.5 berikut ini :



Gambar 4 Membership Function Input Untuk Potensiometer (Pedal Gas)



Gambar 5 Membership Function Input Untuk Sensor SRF08

Jadi dalam proses kuantisasi terjadi penggolong-golongan masukan menjadi daerah-daerah diskrit tertentu seperti yang tampak pada Tabel 3. Berdasarkan

Gambar membership function Input 4 dan 5 diatas dapat dibuat level kuantisasinya melalui Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1 Tabel Level Kuantisasi

Simbol		Nilai-nilai Kuantisasi											
ADC (potensial)	0	85.3	170.7	256	341.3	426.7	512	597.3	682.7	768	853.3	938.7	1023
E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SRF08	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
KE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Pada proses Fuzzyfikasi, Level kuantisasi yang ditunjukkan pada Tabel 1 diatas dapat diimplementasikan melalui fungsi keanggotaan yang dinyatakan dalam bentuk diskrit seperti tampak pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2 Fungsi Keanggotaan Dari Membership Function Input

ADC / SRF08	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.7	1
B	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.7	1	0.7	0.3	0
C	0	0	0	0	0.3	0.7	1	0.7	0.3	0	0	0	0
K	0	0.3	0.7	1	0.7	0.3	0	0	0	0	0	0	0
SK	1	0.7	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aturan-aturan yang dipakai pada program fuzzy untuk mobil pintar dapat dijelaskan melalui Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3 Aturan-Aturan Yang Disusun

		E (ADC)				
		SK	K	C	B	SB
	SK	SK	SK	SK	SK	SK
	K	SK	K	K	K	K
dE(SRF08)	C	SK	K	C	C	C
	B	SK	K	C	B	B
	SB	SK	K	C	B	SB

Setelah hasil dari proses evaluasi rule aturan-aturan didapatkan, selanjutnya dilakukan proses defuzzyfikasi. Dalam proses defuzzyfikasi, penulis menggunakan metode COA (Center Of Area) untuk menghasilkan keluaran fuzzy berupa nilai set point dari kontroller PID. Setelah hasil dari proses evaluasi rule aturan-aturan diatas kemudian dilakukan proses defuzzyfikasi. Untuk proses defuzzyfikasi, menggunakan metode COA (Center Of Area). Dengan rumusan sebagai berikut :

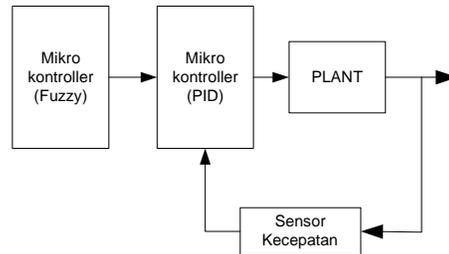
$$V_o = \frac{\sum_{k=1}^m V_k \mu_v(V_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_v(V_k)}$$

Dimana :

- $V_o$  = nilai keluaran
- $m$  = tingkat kuantisasi
- $V_k$  = elemen ke-k
- $\mu_v(V_k)$  = derajat keanggotaan elemen- elemen pada fuzzy set v
- $V$  = semesta pembicaraan

### Kontroller Pid Digital

Konfigurasi sistem kontrol PID pada mobil pintar dapat dijelaskan melalui Gambar blok diagram 6 dibawah ini :



Gambar 6 Konfigurasi Sistem Kontrol PID

Pada Gambar blok diagram 6 diatas dapat dijelaskan bahwa pada sistem kontroller PID yang dirancang oleh penulis terdapat tiga komponen pendukung selain komponen pemroses (mikrokontroller PID) yaitu : komponen masukan (mikrokontroller fuzzy), komponen keluaran (plant : PWM, Buck konverter dan motor DC) serta komponen umpan balik berupa sensor kecepatan (rotary encoder).

Permasalahan terbesar dalam desain kontroller PID terletak pada proses menentukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Untuk mendapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dari kontroller PID terdapat dua cara. Pertama ialah dengan mengetahui model matematika (transfer function) dari sistem. Kedua yaitu dengan melakukan eksperimen (uji identifikasi) terhadap sistem. Dikarenakan kondisi motor DC yang digunakan telah aus (dibuktikan berdasarkan grafik respon dari hasil uji identifikasi motor). Maka penulis harus melakukan langkah yang pertama, yaitu dengan mengetahui model matematika (transfer function) dari motor menggunakan metode analitik. Sehingga perlu dicari terlebih dahulu konstanta motor yang digunakan, agar dapat dimasukkan ke dalam program PID digital pada mikrokontroller. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran parameter motor, maka diperoleh konstanta motor sebagai berikut :

Parameter mekanik

Momen inersia :

$$J = M.r^2$$

Dimana :

- $J$  = momen inersia
- $r$  = jari-jari motor
- $M$  = massa rotor
- massa rotor = 6.75 Kg

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008  
Bidang Teknik Elektro**

jari-jari=0.05 m

$$j = M.r^2$$

$$j = 6,75.0,02^2$$

Maka momen inersia  $j = 0.0027$

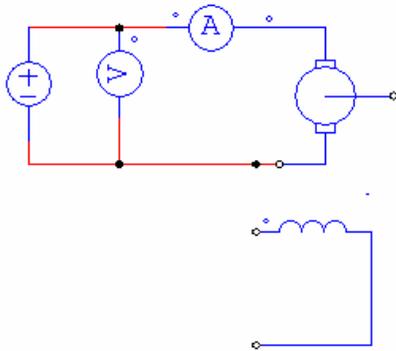
**Koefisien Gesekan**

Untuk Koefisien gesekan dianggap bernilai mendekati nol atau

Koefisien gesekan  $b \approx 0$

**Parameter Elektrik**

Untuk mengetahui tahanan jangkar ( $R_a$ ) penulis melakukan pengujian dengan tegangan DC dan rotor terkunci.



Gambar 7 Rangkaian Untuk Perhitungan Tahanan Jangkar

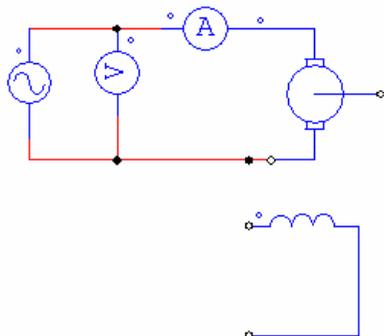
$$V_a = I_a.R_a$$

$$V_a = 12V$$

$$I_a = 4A$$

$$R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{12V}{4A} = 3\Omega$$

Untuk mengetahui induktansi jangkar ( $L_a$ ) penulis menggunakan pengujian dengan tegangan AC dan rotor terkunci.



Gambar 2.8 Rangkaian Untuk Perhitungan Induktansi Jangkar

$$V = 15V; I = 4A$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{15V}{4A} = 3,75\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$X_L = \sqrt{14,0625 - 9} = 2,25$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{2,25}{2.3,14.50} = 0,007H$$

Konstanta motor

$$RPM = 1440 \text{ rpm}$$

$$V_a = 40 \text{ V}$$

$$V_f = 40 \text{ V}$$

$$I = 0.6 \text{ A}$$

$$\omega = \frac{2\pi Nr}{60} = \frac{2\pi.1440}{60}$$

$$\omega = 150,72 \text{ rad / sec}$$

$$P_{out} = V.I - I^2.R_a$$

$$= 40.0,6 - 0,6^2.3$$

$$= 22,92W$$

$$T = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{22,92}{150,72} = 0,152Nm$$

$$T = K.I$$

$$K = \frac{T}{I} = \frac{0,152}{0,6} = 0,25VArad / sec$$

State space dari motor DC :

$$j\dot{\theta} + b\dot{\theta} = Ki$$

$$j\ddot{\theta} = -b\dot{\theta} + Ki$$

$$\ddot{\theta} = -\frac{b}{j}\dot{\theta} + \frac{K}{j}i$$

$$L\frac{di}{dt} + Ri = V - K\dot{\theta}$$

$$L\frac{di}{dt} = -K\dot{\theta} - Ri + V$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{K}{L}\dot{\theta} - \frac{R}{L}i + \frac{1}{L}V$$

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut :

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b}{j} & \frac{K}{j} \\ -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V$$

Transfer function dari motor :

$$S(Js + b)\theta(s) = K.I(s)$$

$$(Js + b)I(s) = V - Ks.\theta(s) \rightarrow I(s) = \frac{V - Ks.\theta(s)}{(Js + b)}$$

$$S(Js + b)\theta(s) = K \cdot \left( \frac{V - Ks.\theta(s)}{(Js + b)} \right)$$

$$S(Js + b)\theta(s).(Js + b) = K.V - Ks^2.\theta(s)$$

$$S(Js + b)\theta(s).(Js + b) + Ks^2.\theta(s) = K.V$$

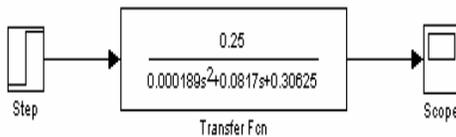
$$((Js + b)(Js + b) + K^2)\theta(s) = K.V$$

$$\frac{((Js + b)(Js + b) + K^2)\theta(s)}{K} = V$$

$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Js + b) + K^2}$$

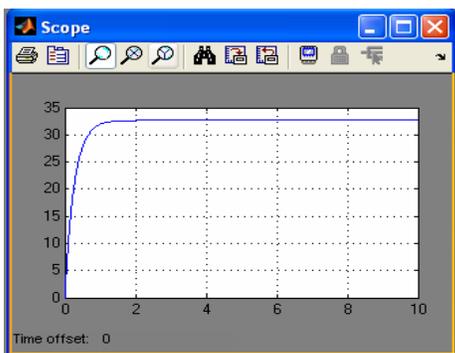
$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{JLs^2 + (JR + Lb)s + (Rb + K^2)}$$

Setelah nilai transfer function didapatkan, maka langkah berikutnya ialah melakukan simulasi secara open loop pada Matlab guna mengetahui grafik respon dari motor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 9 Rangkaian Simulasi Open Loop Dari Transfer Function Motor

Dengan nilai set point sebesar 40 diperoleh kurva respon pada Gambar 10 dibawah ini :



Gambar 10 Gelombang Keluaran Respon Motor

Dari Gambar 10 diatas dapat diketahui bahwa gelombang keluaran yang didapat tidak mencapai set point yang diinginkan karena terdapat beban internal yang menjadi bawaan motor. Sehingga diperlukan suatu kontroller agar keluaran yang dihasilkan sesuai dengan set point yang diinginkan.

### Pid Digital

PID Digital pada dasarnya merupakan suatu proses dari suatu program yang dijalankan/diexecute dengan menggunakan komputer, dimana kita memasukkan nilai Setting Point (SP) dan Present Value (PV), yang kemudian data yang didapatkan diproses sehingga error yang didapatkan sama dengan 0, atau nilai Setting Point = Present Value. Untuk dapat mengimplementasikan sistem kendali PID pada komputer, PID harus diubah ke dalam persamaan diskrit :

$$V_o = Kp e + Ki \int edt + Kd \frac{de}{dt}$$

kemudian diturunkan

$$\frac{dV_o}{dt} = Kp \frac{de}{dt} + Ki \frac{d}{dt} \left( \int edt \right) + Kd \frac{d^2e}{dt^2}$$

$$\frac{dV_o}{dt} = Kp \frac{de}{dt} + Kie + Kd \frac{d}{dt} \left( \frac{de}{dt} \right)$$

dikali dengan Ts, sehingga

$$\frac{\Delta V_o}{T_s} = Kp \frac{\Delta e}{T_s} + Kie + Kd \frac{\Delta}{T_s} \left( \frac{\Delta e}{T_s} \right)$$

$$\Delta V_o = Kp \Delta e + Kie T_s + Kd \Delta \left( \frac{\Delta e}{T_s} \right)$$

Harga  $\Delta V_o$  merupakan harga perubahan output yang didapat dari output sekarang dikurangi dengan output sebelumnya.

$\Delta V_o = V_{on} - V_{on-1}$ , begitu juga pada perubahan error

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

Sehingga persamaannya menjadi :

$$V_o - V_{on-1} = Kp(e_n - e_{n-1}) + Kie T_s + \frac{Kd}{T_s} (\Delta e_n - \Delta e_{n-1})$$

Pada kondisi akhir, perubahan  $\Delta$  pada error sebelumnya 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 :

$$V_o - V_{on-1} = Kp(e_n - e_{n-1}) + Kie T_s + \frac{Kd}{T_s} ((e_n - e_{n-1}) - (e_{n-1} - e_{n-2}))$$
 Hasil

akhir dari persamaan PID yaitu :

$$V_o = V_{on-1} + Kp(e_n - e_{n-1}) + Kie T_s + \frac{Kd}{T_s} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})$$
 Dimana

:

$V_o$  = Output

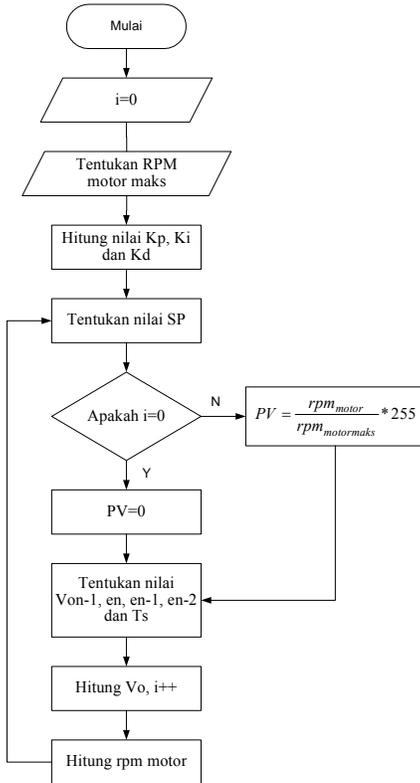
$V_{on-1}$  = Ouput sebelumnya

$Kp$  = Konstanta Proporsional

$Ki$  = Konstanta Integral

- $K_d$  = Konstanta derivative
- $e_n$  = Error sekarang
- $e_{n-1}$  = Error 1 kali sebelumnya
- $e_{n-2}$  = Error 2 kali sebelumnya
- $T_s$  = Time Sampling

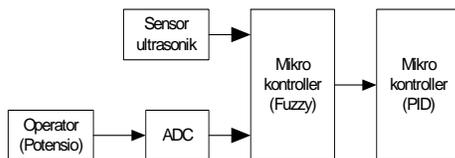
Dari hasil akhir dari persamaan PID diatas dapat dibuat flowchart dari program PID seperti pada Gambar 11 sebagai berikut :



Gambar 11 Flowchart Program PID Digital

**Perancangan Mikrokontroler Pid-Fuzzy**

Blok diagram dari sistem kontrol PID-fuzzy yang digunakan pada mobil pintar ini dapat dijelaskan melalui gambar 2.12 sebagai berikut :



Gambar 12 Blok diagram mikrokontroler Fuzzy dan PID

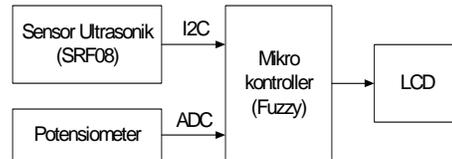
**PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM**

Setelah perencanaan dan pembuatan alat dilakukan maka dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem yang sudah dirancang sudah berjalan sesuai

dengan yang direncanakan atau belum. Dalam Bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari sistem yang dibuat. Pengujian pertama-tama dilakukan secara terpisah, kemudian baru dilakukan ke dalam satu sistem yang telah terintegrasi. Pengujian yang dilakukan dalam bab ini antara lain :

**Pengujian Kontroler Fuzzy**

Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui apakah rangkaian kontroler Fuzzy sudah dapat bekerja dengan baik.



Gambar 13 Blok Diagram Pengujian Program Kontroler Fuzzy



Gambar 14 Tampilan Output Program Fuzzy Logic Pada LCD

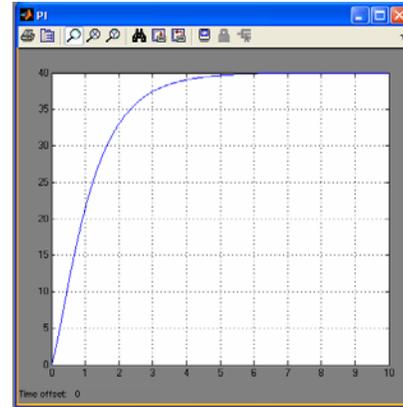
Tampilan sisi kiri LCD pada Gambar 3.2 menunjukkan hasil konversi tegangan potensiometer oleh ADC Internal mikrokontroler dan hasil pembacaan jarak dari sensor ultrasonik SRF08. Sedangkan tampilan pada sisi kanan LCD menunjukkan hasil proses dari sistem fuzzy. Dengan memberikan parameter konstan pada salah satu masukan fuzzy yaitu pedal gas, diperoleh hasil keluaran fuzzy seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 15 berikut ini :

Tabel 4 Tabel Hasil Pengujian Program Kontroler Fuzzy

Pedal gas (ADC)	SRF08 (jarak)	Output (Fuzzy)
500	20	0
500	30	23.9
500	100	63.7
500	150	103.6
500	250	108.4



Gambar 15 Grafik Keluaran Controller Fuzzy



Gambar 18 Gelombang Keluaran Dengan  $K_p=0.2$   
 $K_i=1.02$   $K_d=0$

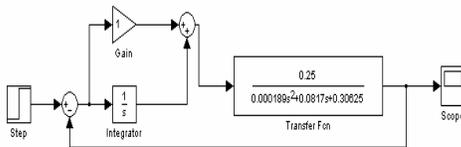
**Pengujian Kurva Respon Motor Setelah Dikontrol Pid Controller**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui grafik respon motor DC penggerak mobil pintar setelah diberi kontrol PID.

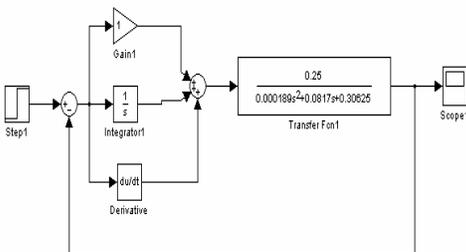
Diketahui transfer function dari motor ialah :

$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

Dari rangkaian simulasi Matlab pada Gambar 16 dan 17 berikut :

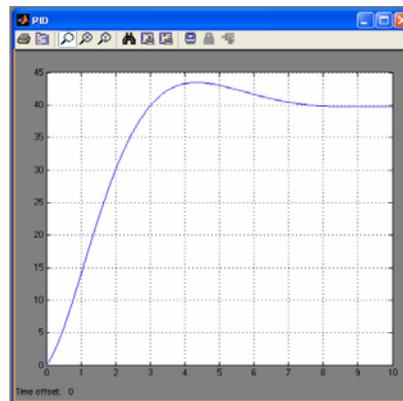


Gambar 16 Simulasi Transfer Function Motor Dengan  $K_p=0.2$   $K_i=1.02$   $K_d=0$



Gambar 17 Simulasi Transfer Function Motor Dengan  $K_p=0.2$   $K_i=1.02$   $K_d=0.002$

Diperoleh grafik respon pada Gambar 18 dan 19 dibawah ini :

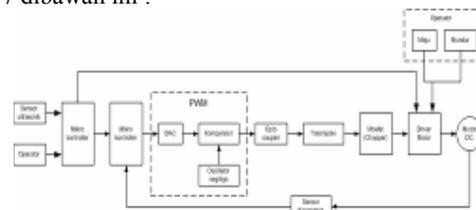


Gambar 19 Gelombang Keluaran Dengan  $K_p=0.2$   
 $K_i=1.02$   $K_d=0.002$

**Pengujian Sistem Fuzzy-Pid Pada Mobil Pintar**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem Fuzzy-PID untuk mengurangi kecepatan pada saat mobil pintar mendeteksi suatu penghalang.

Proses pengujian sistem Fuzzy PID pada mobil pintar dapat dilakukan jika seluruh sistem telah terintegrasi, seperti yang ditunjukkan melalui Gambar blok diagram 4.17 dibawah ini :



Gambar 20 Blok Diagram Sistem Pengatur Kecepatan Mobil Pintar

Pengujian mobil pintar dilakukan pada saat mobil pintar dijalankan dengan mengatur posisi pedal gas. Kemudian setelah mencapai kecepatan maksimal tiba-tiba mobil pintar diberi suatu penghalang.

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008  
Bidang Teknik Elektro**

Tabel 21 Hasil Pengujian Kemampuan Mobil Pintar Mereduksi Kecepatan Saat Mendeteksi Suatu Halangan

Uji ke ....	Posisi Pedal gas (%)	RPM (motor)	Hasil (jarak mobil dengan halangan; saat berhenti)
1	64	56	97 cm
2	68	136	60 cm
3	73	140	56 cm
4	78	236	30 cm
5	83	262	17 cm

Cat : Pengujian dilakukan saat mobil pintar dibebani (pengemudi) seberat ± 65 Kg.

**ANALISA**

Dari Tabel 21 diketahui bahwa saat mobil pintar dibebani penumpang seberat 65 Kg, mobil pintar mampu menghindari tabrakan jika posisi pedal gas maksimal adalah 83% dan kecepatan maksimal motor sebelum berhenti adalah 262 rpm. Sehingga dapat ditentukan bahwa tingkat keberhasilan dari sistem Fuzzy-PID pada mobil pintar ialah sebesar 83 %.

**KESIMPULAN**

Pada bab ini ada beberapa hal yang dapat Setelah proses perancangan dan pengujian software dilakukan. Maka dari seluruh mekanisme proses pembuatan software Fuzzy dan PID pada mobil pintar, membuktikan bahwa mobil pintar dapat mereduksi kecepatan bila mendeteksi suatu halangan. Dari hasil perancangan dan pengujian secara garis besar dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

- Keluaran sistem fuzzy pada mobil pintar memiliki grafik output yang tidak linier terhadap sinyal masukan.
- Pemberian parameter Kp, Ki dan Kd masing-masing sebesar 0.2, 1.02 dan 0 mampu menghasilkan grafik respon motor tanpa overshoot dengan rise time sebesar 1,7.
- Sistem kontrol yang paling sesuai untuk diaplikasikan pada motor DC penggerak mobil pintar ialah sistem kontrol PI, karena pemberian parameter Kd justru menyebabkan kurva respon mengalami overshoot.
- Tingkat keberhasilan dari sistem Fuzzy-PID untuk menghindarkan mobil pintar dari tabrakan ialah sebesar 83%.

Agar kemampuan sistem Fuzzy-PID untuk mereduksi kecepatan mobil pintar saat mendeteksi halangan semakin baik maka sebaiknya perlu diperhitungkan juga momen inersia dari motor dan roda penggerak mobil pintar.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Bejo Agus, 2008, C&AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C Dalam Mikrokontroller ATmega 8535, Graha ilmu

[2] Kuswadi Son, 2007, "Kendali Cerdas – Teori dan Aplikasi Praktisnya", Andi, Yogyakarta

[3] Budiharto Widodo, 2008, Panduan Praktikum Mikrokontroller AVR ATmega16, Elex media komputindo, Gramedia, Jakarta

[4] Charlotha, 2007, Pengontrol Motor DC Sebagai Pengoptimal Torsi, Proyek Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

[5] Firmansyah, E., 2001, Pengukur Jarak Dengan Gelombang Ultrasonik Memanfaatkan Mikrokontroller 68HC11A1FN, Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

[6] Hudallah, N., 2002, Kendali Logika Fuzzy Untuk Mengatur Kecepatan Motor DC Tinjauan Pada Pengaruh Penalaan Fungsi Keanggotaan, Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

[7] Oghata Katsuhiko, "Modern Control Engineering", Practice Hall International, 2002.

[8] Chairuzzani dkk, "Kontroler", Penerbit Erlangga, 1998.

[9] Felix Pasila, "Sistem Kendali Hybrid PID - Logika Fuzzy Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC", Tugas Akhir, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

[10] D. Petruzella, Frank, "Elektronik Industri", Andi, Yogyakarta, 2001

[11] [www.atmel.com/products/AVR/](http://www.atmel.com/products/AVR/)

[12] [http://en.wikipedia.org/wiki/Atmel\\_AVR](http://en.wikipedia.org/wiki/Atmel_AVR)