

KONTROL POSISI ROBOT MOBIL MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY DENGAN SENSOR ULTRASONIK

Darwison, M. Ilhamdi Rusydi dan Rico Fajri

Laboratorium Elektronika Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan membuat kontrol posisi robot mobil dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai pengukur jarak dan encoder untuk penghitung kecepatan robot mobil. Dengan menerapkan metoda logika fuzzy akan membuat pergerakan servomotor DC dari robot mobil bergerak lebih halus. Logika fuzzy merupakan suatu hubungan ketidakpastian sesuatu yang tidak mempunyai suatu batas jelas kedalam suatu persamaan matematis yang mudah dimengerti. Fungsi keanggotaan menggunakan segitiga dan dinyatakan secara numerik serta Metoda *inference* yang digunakan adalah metode Mandani. Hasil-hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin dekat jarak akan membuat pergerakan robot mobil semakin lebih halus. Encoder mempunyai rata-rata persentase kesalahan sebesar 22.38% dan sensor ultrasonik mempunyai rata-rata perubahan waktu per 2 cm yaitu 0.114546 ms dengan kesalahan sebesar 4,14%.

Kata Kunci : robot mobil, logika fuzzy dan kontrol posisi.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot mobil adalah tipe robot yang paling populer dalam dunia penelitian robot. Manfaat robot mobil antara lain dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, dan eksplorasi tanpa awak. Menurut Endra[1], untuk fokus penelitian dalam domain robotik dapat dikelompokkan kedalam analisa dinamik yaitu untuk mendapatkan disain kontrol yang lasak (robust) yang mampu meredam gangguan dengan baik dan analisa kinematik yaitu konfigurasi robot yang benar-benar baru dengan mengkaji persamaan kinematik dan kontrol dasarnya. Namun pada penelitian terkini tentang kontrol robot dengan aplikasi kecerdasan buatan lebih banyak dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh kontrol kinematik yang lebih canggih, seperti kemampuan untuk menghindari tabrakan sesama robot. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian untuk merancang dan Implementasi Kontrol posisi Robot Mobil Menggunakan Logika Fuzzy dengan Sensor Ultrasonik.

1.2 Tujuan Penelitian

Ada dua tujuan penelitian, yakni:

1. Agar dapat merancang dan membuat sebuah sistem kontrol posisi servomotor DC.
2. Agar dapat robot mobil bergerak lebih halus dengan bantuan logika fuzzy.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah suatu usaha untuk dapat memberlakukan servomotor dc sebagai pengendali posisi dengan menerapkan logika fuzzy. Keberhasilan metoda ini sebagai materi penelitian diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih efektif tanpa membutuhkan formulasi matematis yang rumit dalam menyelesaikan masalah, sehingga dapat berguna untuk kemajuan dunia industri dan khususnya bidang yang berhubungan dengan masalah kontrol servomotor dc.

1.4 Batasan Masalah

Adapun masalah yang akan diteliti yaitu Bagaimana merancang kontrol posisi (melibatkan sensor ultrasonik dan encoder) agar dapat menjadi input logika fuzzy, sehingga menghasilkan pergerakan robot mobil yang lebih halus.

II. TINJAUAN PUSTAKA

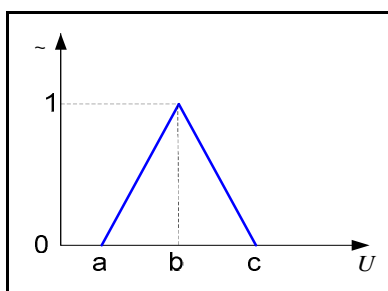
Sebagai bahan perbandingan antara lain oleh Muhammad I.R. (2004) dengan judul penelitian “Perancangan Dan Implementasi Sistem Kendali PID Adaptif Pada Pergerakan SYNCBOT” dengan encoder sebagai penentuan kecepatan motor. Dan penelitian tentang kontrol posisi yaitu oleh Ahmad Rivai (2008) dengan judul “Perancangan Dan Implementasi Kendali Cerdas Logika Fuzzy Pada Kontrol Posisi Motor Servo AC”. Serta penelitian dengan menggunakan sensor ultrasonik oleh Febry Yadi Z (2009) dengan judul “Robot Cerdas Pengangkut Box dengan Sensor Ultrasonik Sebagai Navigasi Berbasis Mikrokontroler”.

2.1 Logika Fuzzy

Teori tentang *fuzzy set* atau himpunan samar pertama kali dikemukakan oleh Lotfi Zadeh sekitar tahun 1965 pada sebuah makalah yang berjudul “Fuzzy Sets” yaitu dapat merepresentasikan dan menangani masalah ketidakpastian yang dalam hal ini bisa berarti keraguan, ketidakpastian, kekurangan lengkapan informasi, dan kebenaran yang bersifat sebagian[5].

Fungsi-fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan memakai fungsi segitiga untuk merepresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat, seperti gambar 1.



Gambar 1 Fungsi segitiga

$$Triangular(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < a, x > c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ \frac{-(x-c)}{c-b}; & b < x < c \end{cases}$$

Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Sistem berbasis aturan fuzzy terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification*.

Fuzzification

Fuzzification mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam *fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu.

Inference

Inference melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai:

IF *antecedent* THEN *consequent*.

Terdapat dua model aturan *fuzzy* dan pada penelitian ini memakai model Mamdani.

- **Model Mamdani**

Pada model ini, aturan *fuzzy* didefinisikan sebagai:

IF x_1 is A_1 AND ... AND x_n is A_n THEN y is B

dimana A_1, \dots, A_n , dan B adalah nilai-nilai linguistik dan “ x_1 is A_1 ” menyatakan bahwa nilai variabel x_1 adalah anggota *fuzzy set* A_1 .

Defuzzification

Defuzzification mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Terdapat berbagai metode *defuzzification* yang telah berhasil diaplikasikan untuk berbagai macam masalah dan pada penelitian ini menggunakan metoda *weighthed average*.

- **Weighthed Average**

Metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Sehingga y^* didefinisikan sebagai:

$$y^* = \frac{\sum \tilde{\mu}(y)y}{\sum \tilde{\mu}(y)}$$

dimana y adalah nilai *crisp* dan $\mu(y)$ adalah derajat keanggotaan dari nilai *crispy*.

2.2 Komponen Utama Robot

Aktuator yang sesungguhnya hanya dapat dioperasikan dalam ketelitian gerak hingga sekian derajat saja dan dengan linieritas yang sangat terbatas. Sensor riil juga selalu tidak sempurna seperti definisi teoritisnya. Noise, non-linieritas, dan keterbatasan jangkauan operasi hampir selalu mengiringi instalasi sensor dalam rangkaian (Endra Pitowarno, 2006).

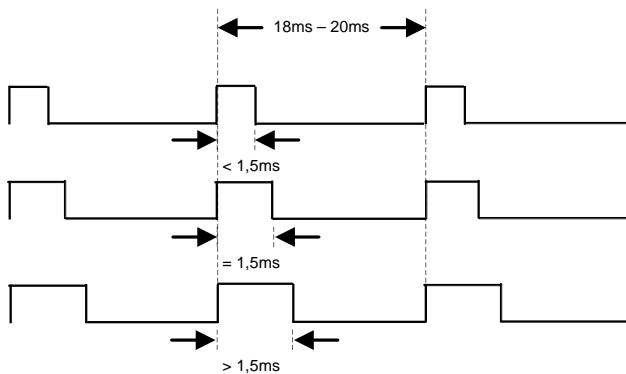
2.2.1 Sistem Aktuator

Aktuator adalah perangkat elektromekanik yang digunakan untuk melakukan gerakan, seperti servomotor DC pada gambar 2.

Servomotor DC

Servomotor DC adalah motor DC dengan torsi besar yang memiliki kemampuan yang baik dalam hal posisi, kecepatan dan akselerasi.

Secara umum terdapat 2 jenis motor servo. Yaitu motor servo standard dan motor servo Continuous. Motor servo standard sering dipakai pada sistim robotika misalnya untuk membuat “ Robot Arm” (Robot Lengan) sedangkan motor servo Continuous sering dipakai untuk robot mobil[6].



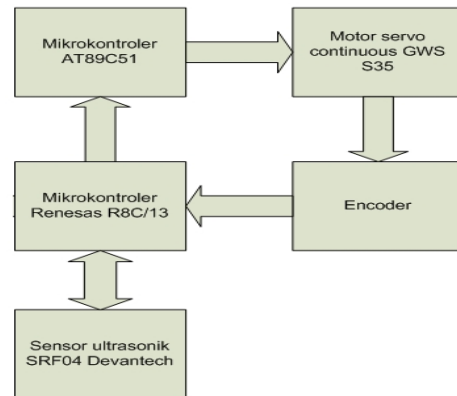
Gambar 2 Penggunaan motorsevo DC

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Garis Besar Perancangan Sistem

Adapun diagram blok penelitian seperti gambar 3, yang terdiri dari sensor kecepatan yaitu encoder dan sersor jarak yaitu sensor ultrasonik SRF04. Robot dikendalikan oleh

mikrokontroler Renesas R8C/Tiny yang dapat dioperasikan dalam bahasa C dan Assembly. Dan penggerak robot digunakan 2 servomotor continiuos GWS S35 pada masing-masing roda[7].

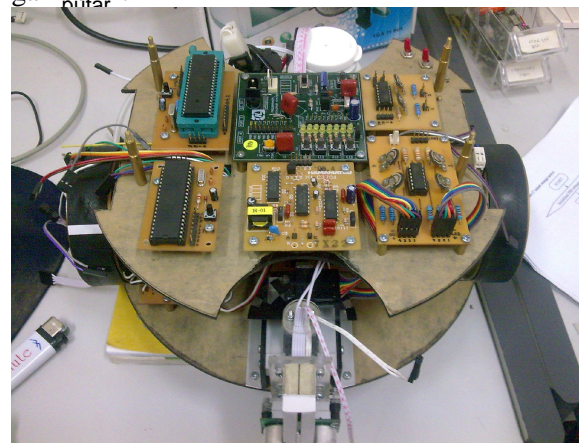


Gambar 3 Perancangan sistem

3.2 Perancangan Perangkat Keras

3.2.1 Perancangan Mekanik

Perancangan robot ini menggunakan dua buah roda aktif yang digerakkan oleh servomotor continiuos serta dua roda pasif yang dapat bergerak ke segala arah sebagai penahan keseimbangan robot. Sebagai penentu jarak digunakan sebuah sensor jarak ultrasonik yang terletak tepat di depan robot. Sebagai penghitung kecepatan diletakkan encoder pada salah satu roda penggerak pada robot, seperti gambar 4.

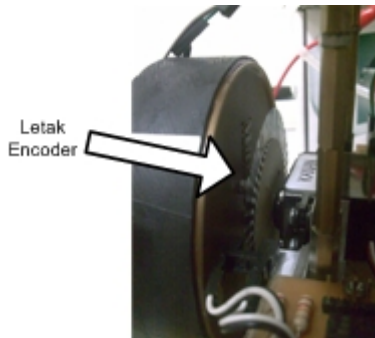


Gambar 4 Foto robot mobil

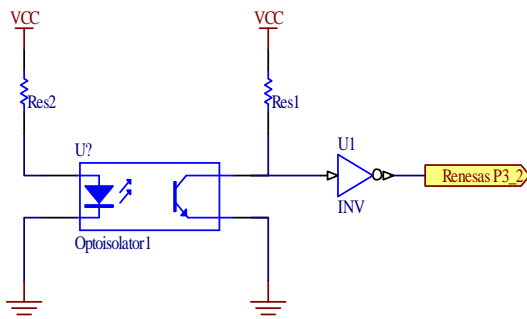
Perancangan Rangkaian Encoder

Pada penelitian ini encoder digunakan sebagai penghitung kecepatan *real* dari motor sehingga encoder yang tepat digunakan adalah

incremental encoder. Encoder dibagi kedalam 100 divisi yang terdiri dari 50 divisi yang transparan dan 50 divisi tidak transparan seperti gambar 5 dan 6.



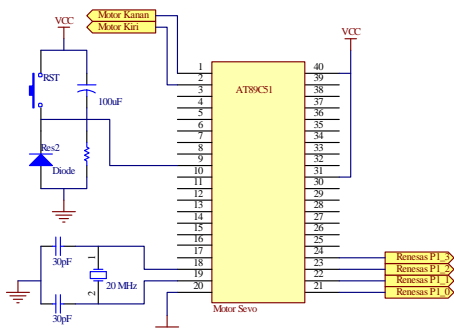
Gambar 5 Letak encoder



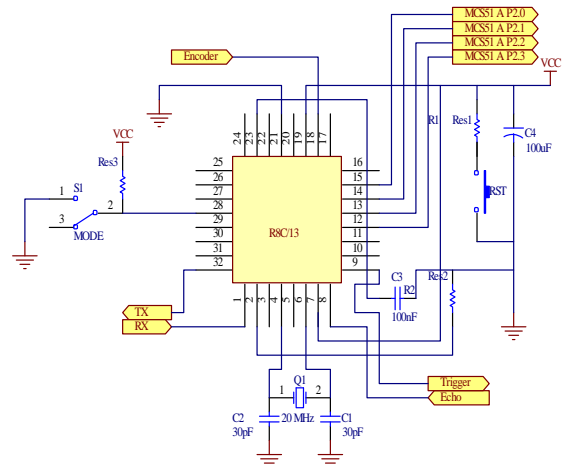
Gambar 6 Schematic rangkaian encoder

3.2.2 Perancangan Sistem Minimum

Mikrokontroler Atmel digunakan pada penelitian ini sebagai penggerak dari motor servo continuous, seperti gambar 7 dan sebagai pembantu mikrokontroler utama yaitu Renesas R8C/13, seperti gambar 8.



Gambar 7 Schematic rangkaian mikrokontroler AT89C51[8]



Gambar 8 Schematic rangkaian mikrokontroler renesas[9]

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

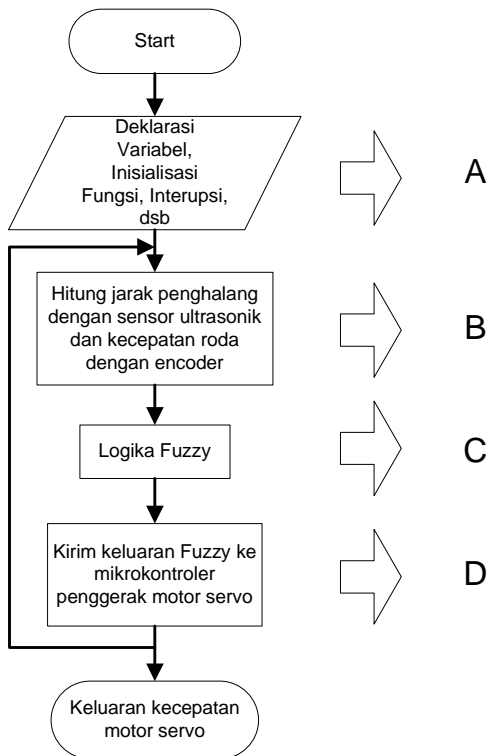
Dalam penulisan program, Renesas telah menyediakan program developer terpadu berbasis Windows yang diberi nama **HEW (High-performance Embedded Workshop)**. Seluruh fasilitas **HEW** versi gratis berfungsi sepenuhnya untuk pemrograman mikrokontroler R8C/13. **HEW** memadukan seluruh fasilitas program seperti fasilitas untuk pembuatan kerangka program, penyetingan *compiler*, pengeditan program, manajemen file, *download*, dan pelacakan kesalahan.

Pada mikrokontroler *slave* yang digunakan yaitu keluaran Atmel, *assembly* merupakan bahasa pemrograman yang digunakan. Program ditulis pada *notepad*, kemudian di-*compile* dan *download* ke dalam mikrokontroler yang digunakan.

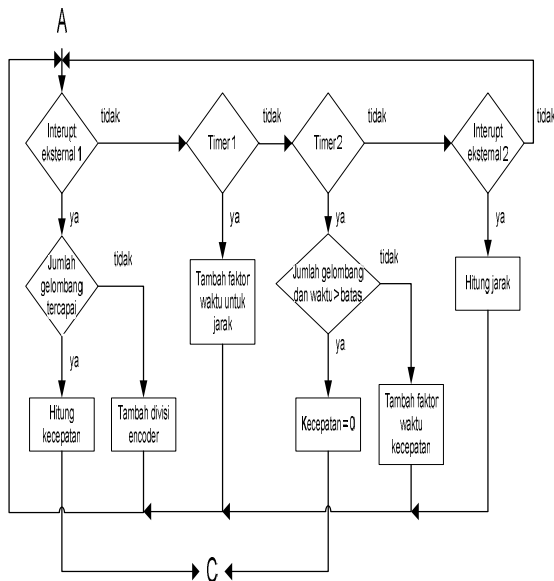
Berikut merupakan perancangan program yang digunakan seperti gambar 9.

3.3.1 Perancangan Program Perhitungan Jarak dan Kecepatan

Sensor encoder dan sensor ultrasonik digunakan untuk memperoleh data kecepatan dan jarak. Berikut perancangan program perhitungan jarak dan kecepatan seperti gambar 10.



Gambar 9 Diagram alir robot



Gambar 10 Diagram alir perhitungan jarak dan kecepatan

3.3.2 Perancangan Program Fuzzy Logic

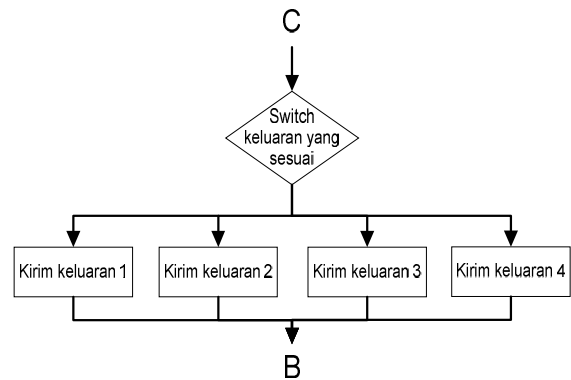
Fuzzy Logic merupakan kendali cerdas yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan robot mobil. Berikut diagram alir yang digunakan untuk fuzzy logic seperti gambar 11.



Gambar 11 Diagram alir fuzzy logic

3.3.3 Perancangan Program Keluaran

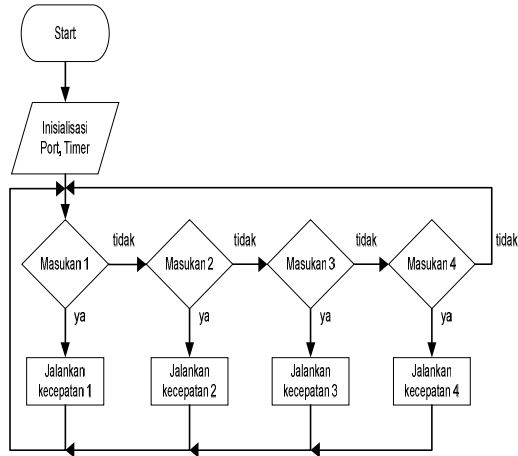
Dari pengolahan fuzzy, hasil keluaran akan dikirim ke mikrokontroler penggerak servomotor. Berikut diagram alir yang digunakan untuk mengirimkan keluaran ke mikrokontroler Atmel seperti gambar 12.



Gambar 12 Diagram alir pengiriman keluaran

3.3.4 Perancangan Program Penggerak Motor Servo

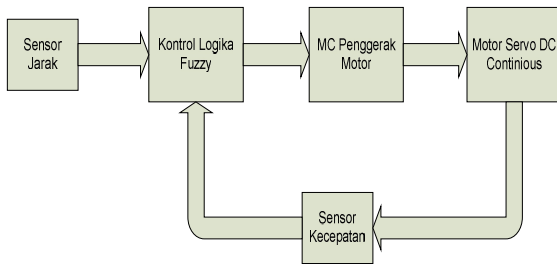
Sebagai penggerak motor servo continuous digunakan mikrokontroler yang berbeda dari mikrokontroler pengolah fuzzy. Berikut diagram alir pada mikrokontroler Atmel sebagai penggerak motor servo seperti gambar 13.



Gambar 13 Diagram alir penggerak motor servo

3.4 Kontrol Logika Fuzzy

Pada penelitian ini digunakan kontrol logika fuzzy sebagai pengendali dari robot mobil dengan diagram blok seperti gambar 14.

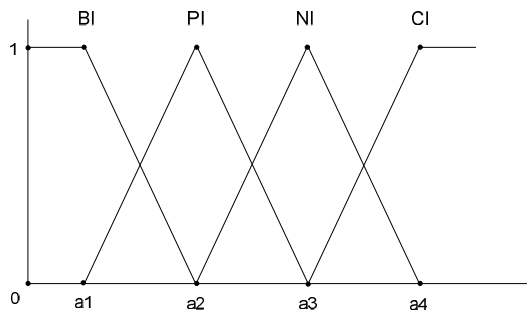


Gambar 14 Diagram blok kendali fuzzy

Pada sistem fuzzy terdapat beberapa langkah atau proses yang digunakan, yaitu:

a. Fuzzification

Pada langkah ini, input yang diterima yaitu jarak dan kecepatan real masing-masing dibagi kedalam empat fungsi keanggotaan. Pada jarak, fungsi keanggotaannya yaitu: *Berhenti (BI)*, *Pelan (PI)*, *Normal (NI)*, *Cepat (CI)*, a1, a2, a3 & a4 serta merupakan nilai variabel pada fungsi keanggotaan seperti gambar 15.



Gambar 15 Himpunan fuzzy kecepatan riil

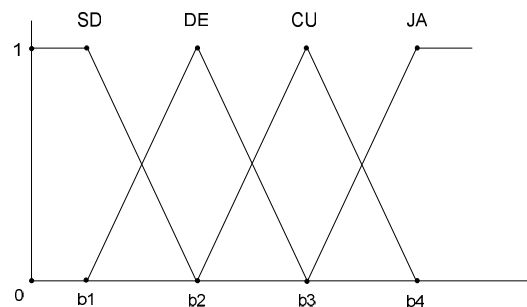
$$BI(x) = \begin{cases} 1; x \leq a1 \\ -\frac{(x-a2)}{a2-a1}; a1 < x < a2 \\ 0; x \geq a2 \end{cases}$$

$$PI(x) = \begin{cases} 0; x < a1, x > a3 \\ \frac{x-a1}{a2-a1}; a1 < x < a2 \\ -\frac{(x-a3)}{a3-a2}; a2 < x < a3 \\ 0; x \geq a3 \end{cases}$$

$$NI(x) = \begin{cases} 0; x < a2, x > a4 \\ \frac{x-a2}{a3-a2}; a2 < x < a3 \\ -\frac{(x-a4)}{a4-a3}; a3 < x < a4 \\ 0; x \geq a4 \end{cases}$$

$$CI(x) = \begin{cases} 0; x < a3 \\ \frac{x-a3}{a4-a3}; a3 < x < a4 \\ 1; x \geq a4 \end{cases}$$

Sedangkan pada kecepatan, fungsi keanggotaannya terbagi kedalam *Sangat Dekat (SD)*, *Dekat (DE)*, *Cukup (CU)*, dan *Jauh (JA)* serta b1, b2, b3 & b4 sebagai nilai variable dari fungsi keanggotaan seperti gambar 16.



Gambar 16 Himpunan fuzzy jarak

$$SD(x) = \begin{cases} 1; x \leq b1 \\ -\frac{(x-b2)}{b2-b1}; b1 < x < b2 \\ 0; x \geq b2 \end{cases}$$

$$DE(x) = \begin{cases} 0; x < b1, x > b3 \\ \frac{x-b1}{b2-b1}; b1 < x < b2 \\ -\frac{(x-b3)}{b3-b2}; b2 < x < b3 \\ 0; x \geq b3 \end{cases}$$

$$CU(x) = \begin{cases} 0; x < b_2, x > b_4 \\ \frac{x-b_2}{b_3-b_2}; b_2 < x < b_3 \\ \frac{-(x-b_4)}{b_4-b_3}; b_3 < x < b_4 \end{cases}$$

$$JA(x) = \begin{cases} 0; x < b_3 \\ \frac{x-b_3}{b_4-b_3}; b_3 < x < b_4 \\ 1; x \geq b_4 \end{cases}$$

b. Inference

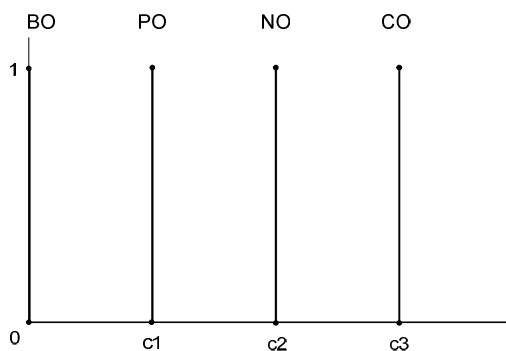
Pada proses ini, terdapat aturan-aturan yang digunakan menghubungkan input dan output dari sistem fuzzy. Output pada sistem kendali fuzzy ini adalah kendali kecepatan dari servomotor continuous. Tabel aturan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Tabel aturan fuzzy

Kecepatan	Jarak	SD	DE	CU	JA
BI		BO	PO	PO	PO
PI		BO	PO	NO	NO
NI		BO	PO	CO	CO
CI		BO	NO	CO	CO

c. Defuzzification

Pada proses defuzzifikasi dilakukan pengubahan output fuzzy menjadi output berupa nilai crisp yaitu nilai yang mewakili besarnya kecepatan servomotor continuous yang dikendalikan. Pada penelitian ini, defuzzifikasi menggunakan Height Method seperti pada gambar 17.



Gambar 17 Himpunan fuzzy keluaran

Pada metode ini, output nilai crisp hanya bernilai satu pada fungsi keanggotaan tertentu. Dan keluaran yang digunakan sebagai kendali motor yaitu nilai keanggotaan tertinggi diantara fungsi keanggotaan yang didapat sebagai output dari output fuzzy.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data rata-rata hasil waktu ukur jarak dari sensor ultrasonik per 2 cm adalah 0.114546 ms. Bila dihitung menggunakan teori dimana s adalah jarak (cm), t_{in} adalah waktu kembali gelombang ultrasonic atau lamanya waktu pulsa high pada sensor ultrasonik, dengan kecepatan bunyi 344m/s maka didapat persamaan:

$$\text{Jarak (s)} = (t_{in} \times 344 \text{ m/s})/2$$

atau

$$t_{IN} = \left(\frac{2 \times s \times 10^{-2}}{344} \right)$$

maka rata-rata perubahan waktu ultrasonic per 2 cm yaitu 0.115020 ms. Dari kedua rata-rata yang didapat, maka diperoleh selisih waktu rata-rata per 2 cm yaitu 0.114546 ms - 0.115020 ms = 0.000474 ms atau kesalahan sebesar 4,14%.

4.1 Hasil Pengujian Encoder

Dalam menghitung kecepatan pada robot, digunakan encoder yang terletak pada motor kanan mobil robot. Dengan asumsi kecepatan motor servo kanan dan kiri adalah sama serta beban adalah nol. Untuk menghitung kecepatan linear motor dari encoder, yang perlu diperhatikan adalah waktu dari encoder untuk menghasilkan satu gelombang, yaitu sebuah pulsa "1" dan sebuah pulsa "0". Pada penelitian digunakan encoder 100 divisi yang berarti terdapat 50 gelombang. Dari waktu pada setiap gelombang didapatkan kecepatan sudut (), yaitu:

$$\dot{S} = \frac{rad}{t}$$

dimana : 1 rad = $\frac{180}{f}$

ω = kecepatan sudut, dan
 t = waktu yang diperoleh (s)

sedangkan hubungan kecepatan sudut dan kecepatan linier dapat dilihat sebagai berikut:

$$v = \omega \cdot r$$

dimana : v = kecepatan motor (cm/s)
 r = jari-jari roda (cm)

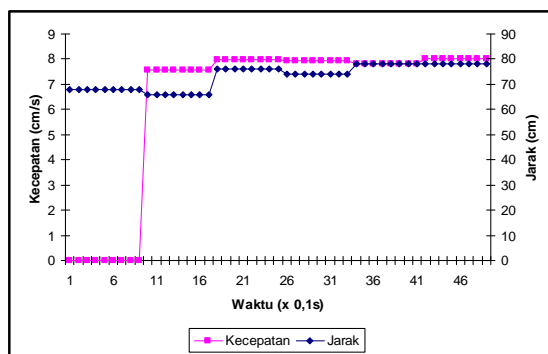
Dari hubungan diatas dan dari kecepatan yang diperoleh dari variasi pemberian pulsa pada motor servo maka data encoder untuk satu gelombang didapatkan rata-rata persentase kesalahan sebesar 22.38%. Hal ini dapat terjadi karena banyak faktor, antara lain gear yang kurang bagus pada motor servo continuous yang digunakan sehingga perputaran roda kurang baik mengakibatkan kecepatan sudut tidak konstan yang kemudian membuat pengukuran encoder untuk satu gelombang kurang baik.

4.2 Kontrol Kecepatan dengan Logika Fuzzy

Pengujian pengontrolan kecepatan dengan logika fuzzy dilakukan dengan menentukan jarak menggunakan sensor jarak robot mobil terhadap penghalang, dimana kondisi beban adalah nol.

4.2.1 Variasi Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik

Berikut jarak diambil menggunakan sensor ultrasonik dan dengan jarak 0.8m seperti gambar 18.

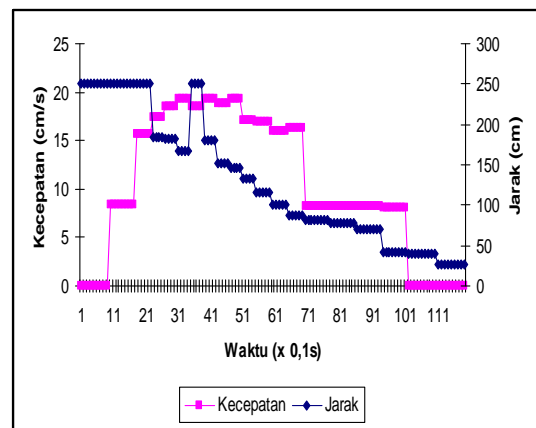


Gambar 18 Grafik kecepatan dan jarak terhadap waktu pengontrolan logika fuzzy pada jarak penghalang 0.8 meter

Dari grafik diatas dapat dilihat perubahan yang terjadi pada perhitungan jarak pada sensor ultrasonik serta perhitungan kecepatan riil pada encoder. Dengan menggunakan logika fuzzy dapat dilakukan perubahan kecepatan yang bertahap untuk menghindari slip pada roda akibat perubahan yang tiba-tiba.

4.2.2 Variasi Jarak dengan Kondisi Jarak Penghalang Berubah-ubah

Pada penelitian ini, dikondisikan mobil robot mendapat perubahan jarak yang semakin dekat dimana penghalang dimulai berada pada jarak 1.8m dan terus mendekat hingga kecepatan motor mencapai 0 cm/s seperti gambar 19.



Gambar 19 Grafik kecepatan dan jarak dengan jarak penghalang terus mendekat

V. KESIMPULAN

1. Penggunaan logika fuzzy pada robot mobil dapat membuat pergerakan robot mobil lebih halus dalam memulai bergerak hingga berhenti.
2. Encoder mempunyai rata-rata persentase kesalahan sebesar 22.38% dan
3. Sensor ultrasonic mempunyai rata-rata perubahan waktu per 2 cm yaitu 0.114546 ms dengan kesalahan sebesar 4,14%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pitowarno, Endra., *Robotika Disain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Andi Yogyakarta (2006).

- [2] Muhammad I.R., *Perancangan Dan Implementasi Sistem Kendali PID Adaptif Pada Pergerakan SYNCBOT*, Tugas Akhir (2004).
- [3] Ahmad Rivai, *Perancangan Dan Implementasi Kendali Cerdas Logika Fuzzy Pada Kontrol Posisi Motor Servo AC*, Tugas Akhir (2008).
- [4] Febry Yadi Z, *Robot Cerdas Pengangkut Box dengan Sensor Ultrasonik Sebagai Navigasi Berbasis Mikrokontroller*, Tugas Akhir (2009).
- [5] Kuswadi, Son., *Kendali Cerdas Teori dan Aplikasinya*, ANDI Yogyakarta (2007).
- [6] Malik, Moh. Ibnu., *Pengantar Membuat Robot*, Gava Media Yogyakarta (2006).
- [7] Sigit, Rianto., *Robotika, Sensor dan Aktuator*, Graha Ilmu Yogyakarta (2007).
- [8] Nalwan, Paulus Andi., *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT Elex Media Komputindo: Jakarta (2003).
- [9] Sulistiyanto, Nanang., *Pemrograman Mikrokontroler R8C/13*, PT Elex Media Komputindo: Jakarta (2008).

Biodata Penulis

Darwison, dilahirkan di Payakumbuh, Sumatera Barat Indonesia. Pendidikan SD sampai SMA dilalui di kota Padang Sumatera Barat. Lulus SMA melanjutkan S1 Teknik Elektro bidang studi Elektronika ke ITS Surabaya. Selama mengikuti perkuliahan di ITS banyak pengalaman praktik yang didapat melalui sebagai asisten Praktikum, lomba dan Tugas Akhir. Pernah mendapat pengalaman elektronika di beberapa perusahaan yang memproduksi antara lain semen, plastik, obat nyamuk bakar dan lain-lain. Tahun 1995 diterima sebagai dosen S1 Teknik Elektro di Universitas Andalas Padang sampai sekarang. Tahun 2002 menyelesaikan S2 Teknik Elektro bidang studi Sistem Isyarat Elektronik di UGM Yogyakarta. Aktif di laboratorium untuk penelitian di bidang kontrol, mekatronika dan biomedika, pembimbing penelitian PKMT mahasiswa. Tahun 2002 sebagai kepala labor Elektronika Industri sampai sekarang. Mata kuliah yang diajarkan di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas lain di Unand adalah Elektronika, Sistem kontrol, Interface, Operasional Amplifier, Sistem Digital dan Mikroprosesor & Mikrokontroller. Penelitian yang dilakukan masih berkaitan dengan mikrokontroller, antara lain kontrol PLTB (Bayu), akses Moving Sign via HP, robot, petir dan gempa. Pengabdian di KKN, mengadakan pelatihan interface & Mikrokontroller untuk mahasiswa / umum, dan pembinaan & pelatihan perancangan & pembuatan moving sign.