

Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Pada Rem Otomatis Mobil Cerdas

Zulfikar Sembiring

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area
zoelsembiring@gmail.com

Abstrak

Logika Fuzzy telah banyak diterapkan dalam bidang kontrol otomatis dan industri, diantaranya digunakan sebagai pengontrol pemrosesan citra, kendali motor, kendali robot, kendali pesawat terbang dan lain-lain. Salah satu contoh adalah rem otomatis yang ada pada mobil cerdas. Pada tulisan ini dibahas mengenai penerapan salah satu metode *Fuzzy Inference System* yaitu metode fuzzy mamdani. Metode fuzzy mamdani yg dibahas menggunakan metode defuzzifikasi *centroid (composite moment)* dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy. Sedangkan fungsi keanggotannya menggunakan representasi kurva trapezium. Metode *fuzzy inference system* mamdani ini diharapkan dapat diterapkan pada teknologi rem otomatis mobil cerdas. Sehingga dapat dilihat bagaimana sistem rem otomatis ini disimulasikan kedalam program komputer.

Kata kunci : *Fuzzy Inference System, mamdani, defuzzifikasi, crisp, centroid.*

I. LATAR BELAKANG

Logika fuzzy telah banyak diterapkan dalam bidang kontrol otomatis dan industri, diantaranya digunakan sebagai pengontrol pemrosesan citra, kendali motor, kendali robot, kendali pesawat terbang dan lain-lain. Telah banyak aplikasi system kontrol dengan menggunakan sistem fuzzy, karena proses kendali ini relatif mudah dan fleksibel dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit dari sistem yang akan dikendalikan.

Salah satu contoh adalah rem otomatis yang ada pada mobil cerdas. Pada mobil yang menggunakan transmisi otomatis sering mengalami benturan pada kondisi jalanan yang padat merayap dikarenakan tidak adanya kompling yang bertujuan untuk

mengatur kecepatan mobil. Teknologi ini sangat membantu pengendara pada kondisi jalanan padat atau saat jalanan sedang macet atau dalam kecepatan rendah.

Jepang merupakan salah satu Negara yang telah mengaplikasikan teknologi rem otomatis pada sebuah mobil yang dikeluarkan oleh perusahaan otomotif Mazda. Teknologi ini menggunakan sebuah sensor yang ditempatkan pada kaca depan mobil yang berfungsi untuk mendeteksi objek yang datang dari arah depan.

Sistem Fuzzy logic dapat diterapkan pada teknologi rem otomatis ini. Sehingga dapat dilihat bagaimana sistem rem otomatis ini disimulasikan kedalam program komputer. Beberapa model yang

dapat diterapkan antara lain yaitu metode Tsukamoto, model Mamdani, dan model Sugeno.

Pembahasan yang dilakukan pada tulisan ini adalah mengenai penerapan system inferensi fuzzy mamdani pada teknologi rem otomatis yang terdapat pada mobil cerdas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

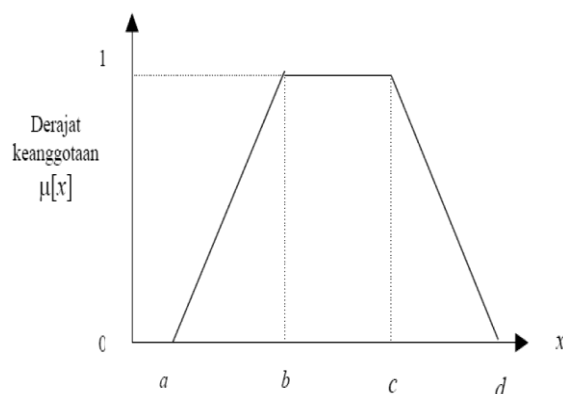
A. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*". Fuzzy logic atau logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk dari soft computing. Fuzzy logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar fuzzy logic adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, penerapan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan fuzzy logic tersebut.

B. Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Dalam bentuk fungsional, derajat keanggotaan dinyatakan sebagai fungsi matematis tertentu. Untuk mengetahui derajat keanggotaan dari masing-masing elemen dalam semesta pembicaraan memerlukan perhitungan.

Salah satu fungsi matematis yang biasanya digunakan yaitu fungsi trapesium. Fungsi keanggotaan trapezium mempunyai bentuk seperti pada Gambar berikut dan dispesifikasikan oleh empat parameter {a,b,c,d} .



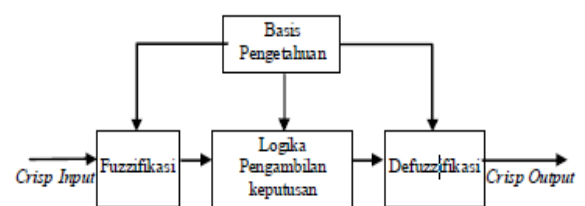
Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Trapesium

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Persamaan (1)

C. Sistem Logika Fuzzy

Konfigurasi dasar dari sistem logika fuzzy yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi Dasar System Fuzzy

Konfigurasi sistem logika fuzzy terdapat 4 komponen utama, yaitu unit fuzzifikasi, basis pengetahuan yang terdiri dari basis data dan basis aturan, logika pengambilan keputusan, dan unit defuzzifikasi.

Proses fuzzifikasi dipergunakan untuk mengubah data masukan tegas kedalam bentuk derajat keanggotaan. Basis pengetahuan dipergunakan untuk menghubungkan himpunan masukan dengan himpunan keluaran. Logika pengambilan keputusan dipergunakan untuk mengkombinasi aturan-aturan yang terdapat pada basis aturan kedalam suatu pemetaan dari suatu himpunan fuzzy *input* ke suatu himpunan fuzzy *output*. Defuzzifikasi adalah langkah terakhir dalam suatu sistem logika fuzzy dimana tujuannya adalah mengkonversi setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke suatu bilangan real.

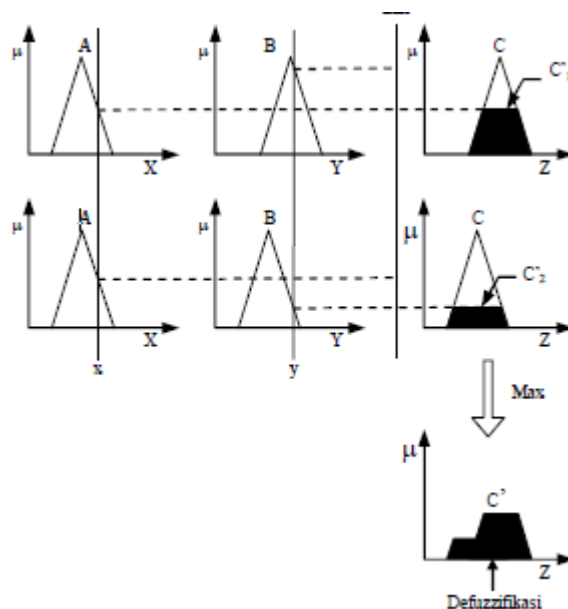
D. Logika Pengambilan Keputusan

Logika pengambilan keputusan atau dapat disebut penyimpulan fuzzy (*fuzzy inference*) mengaplikasikan aturan-aturan fuzzy pada masukan fuzzy kemudian mengevaluasi setiap aturan. Prinsip logika fuzzy digunakan untuk mengkombinasi aturan-aturan JIKA-MAKA (IFTHEN) yang terdapat dalam basis aturan kedalam suatu pemetaan dari suatu himpunan *fuzzy input* kesuatu himpunan *fuzzy output*. Logika pengambilan keputusan merupakan langkah kedua dalam pemrosesan logika fuzzy. Terdapat beberapa

metode pengambilan keputusan dalam logika fuzzy diantaranya yaitu metode Mamdani.

Fungsi implikasi yang digunakan pada pengambilan keputusan dengan metode Mamdani dengan menggunakan MIN dan dalam melakukan komposisi dengan menggunakan MAX. Metode komposisi ini sering disebut MAX-MIN. Contoh dalam penggunaan pengambilan keputusan dengan metode Mamdani ditunjukkan pada Gambar 3 dengan memisalkan fungsi keanggotaan masukan dan keluaran menggunakan fungsi segitiga dan mempunyai 2 aturan fuzzy, yaitu:

- IF Kesalahan adalah Nol dan Beda kesalahan adalah Positif maka Keluaran adalah Positif.
- IF Kesalahan adalah Nol dan Beda kesalahan adalah Nol maka Keluaran adalah Nol.



Gambar 3. Proses pengambilan keputusan metode Mamdani

Langkah pertama pengambilan keputusan metode Mamdani adalah melakukan proses fuzzifikasi untuk memetakan data tegas masukan kesalahan dan beda kesalahan kedalam data fuzzy sesuai dengan tipe dan bentuk fungsi keanggotaan. Langkah kedua adalah melakukan proses terhadap kedua data fuzzy tersebut dengan operator AND yang akan mengambil nilai paling minimal dari dua data tersebut. Langkah ketiga dengan implikasi MIN akan memotong fungsi keanggotaan keluaran setelah melalui operator AND sehingga didapatkan daerah fuzzy.

Ketiga proses tersebut juga diterapkan pada aturan-aturan fuzzy berikutnya. Setelah semua

aturan fuzzy telah dieksekusi, dilakukan proses komposisi dengan metode MAX yaitu solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikan ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Setelah proses implikasi dan komposisi telah dilakukan maka proses selanjutnya adalah proses defuzzifikasi.

E. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut, sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai keluarannya.

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, diantaranya yaitu.

1. Metode Centroid (*composite moment*)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy, secara umum dirumuskan :

$$z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (2)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (3)$$

2. Metode Bisector

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{z_1}^p \mu(z) dz = \int_p^{z_n} \mu(z) dz \quad (4)$$

3. Metode Mean Of Maximum (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. *Metode Largest Of Maximum (LOM)*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5. *Metode Smallest Of Maximum (SOM)*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

III. PEMBAHASAN

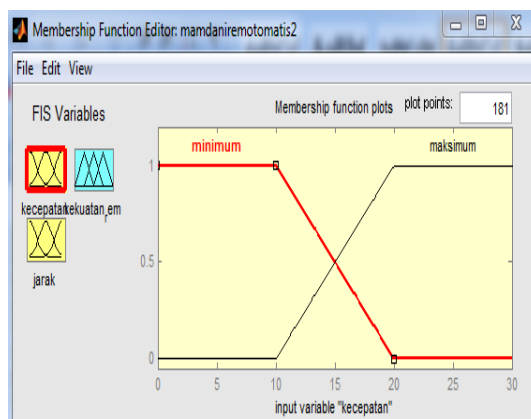
Pada tulisan ini, digunakan logika fuzzy mamdani untuk mendapatkan keluaran berupa keputusan kekuatan rem. Digunakan alat bantu untuk perhitungan sistematis metode fuzzy Mamdani yaitu dengan menggunakan program aplikasi matlab 2009b.

Dalam tulisan ini aturan yang digunakan pada rem otomatis ini adalah jarak yang dapat dibaca oleh sensor antara 40 cm sampai 7 meter. Dan hanya bekerja pada kecepatan diantara 4 km/jam sampai 30 km/jam.

Untuk mendapatkan output berupa kekuatan rem pada metode mamdani ini diperlukan beberapa proses tahapan.

1. Menentukan Himpunan Fuzzy dan Fungsi Keanggotaan

Untuk variabel kecepatan, terdiri dari 2 himpunan yaitu maksimum dan minimum dan memiliki nilai himpunan crips adalah 18 km/jam. Berikut adalah gambar fungsi keanggotaan untuk kecepatan.



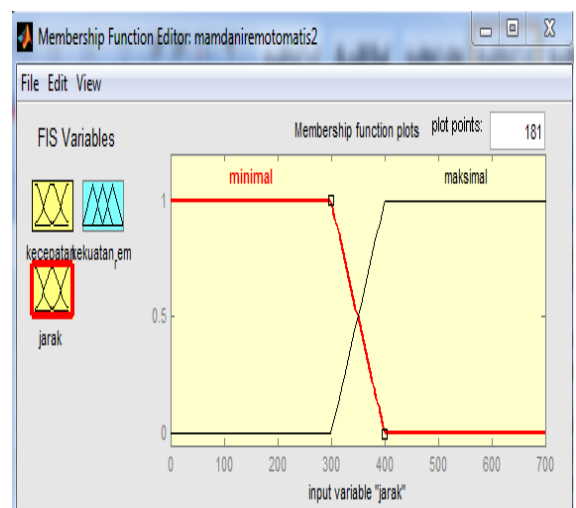
Gambar 4. Fungsi keanggotaan Kecepatan

Jika diketahui kecepatan kendaraan adalah 18 km/jam maka dapat dihitung nilai keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{KecMinimum}[18] = (20 - 18) / (20 - 10) = 0.2$$

$$\mu_{KecMaksimum}[18] = (18 - 10) / (20 - 10) = 0.8$$

Untuk variabel jarak terdiri dari 2 himpunan yaitu maksimal dan minimal, seperti gambar berikut.



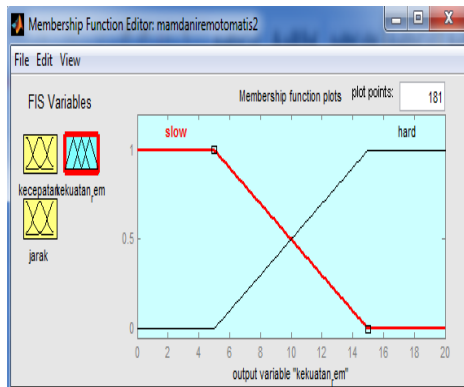
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Jarak

Diketahui nilai crisp dari jarak adalah 340 cm atau 3.4 meter maka dapat dihitung nilai keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{jarakmin}[340] = (400 - 340) / (400 - 300) = 0.6$$

$$\mu_{jarakmak}[340] = (340 - 300) / (400 - 300) = 0.4$$

Sedangkan untuk variabel kekuatan rem terdiri dari 2 himpuna yaitu Hard dan Slow seperti berikut.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan kekuatan Rem

2. Pembentukan Aturan

Setelah pembentukan variabel dan himpunan fuzzy, dibentuk aturan yang bersesuaian dengan mengambil data-data berdasarkan pengalaman keputusan dari pembuat keputusan. Misal: Jika kecepatan maksimum dan jarak maksimal maka kekuatan rem hard (keras). Kondisi yang berbeda-beda tadi kemudian dikombinasikan sehingga menghasilkan keputusan yang berbeda pula. Pembentukan aturan dihasilkan dari kombinasi tiap kondisi tersebut yang dikenal dengan aturan (*rule*) keputusan. Sebagai berikut:

1. IF Kecepatan MAKSIMUM And Jarak MAKSIMAL Then Kekuatan Rem HARD.
2. IF Kecepatan MINIMUM And Jarak MINIMAL Then Kekuatan Rem SLOW.
3. IF Kecepatan MINIMUM And Jarak MAKSIMAL Then Kekuatan Rem SLOW.
4. IF Kecepatan MAKSIMUM And Jarak MINIMAL Then Kekuatan Rem HARD.

3. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada proses ini diawali dengan mengaplikasikan fungsi implikasi untuk setiap aturan. Karena menggunakan metode mamdani, maka fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi MIN.

[R1] IF Kecepatan MAKSIMUM And Jarak MAKSIMAL Then Kekuatan Rem HARD

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \mu_{\text{KecMaks}} \wedge \mu_{\text{jarakMak}} \\ &= \text{Min} (\mu_{\text{KecMaks}} (18), \mu_{\text{jarakMak}} (340)) \\ &= \text{min} (0.8; 0.4) \\ &= 0.4 \end{aligned}$$

[R2] IF Kecepatan MINIMUM And Jarak MINIMAL Then Kekuatan Rem SLOW

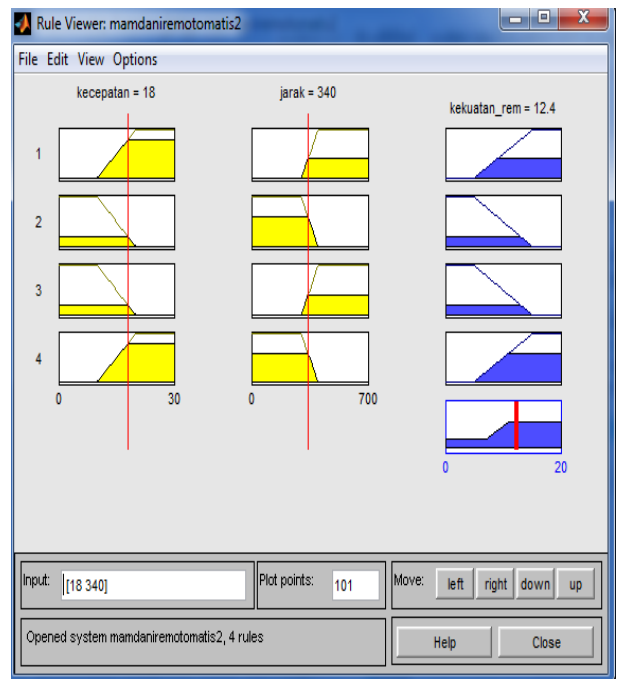
$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat2} &= \mu_{\text{KecMin}} \wedge \mu_{\text{jarakMin}} \\ &= \text{Min} (\mu_{\text{KecMin}} (18), \mu_{\text{jarakMin}} (340)) \\ &= \text{min} (0.2; 0.6) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

[R3] IF Kecepatan MINIMUM And Jarak MAKSIMAL Then Kekuatan Rem SLOW

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat3} &= \mu_{\text{KecMin}} \wedge \mu_{\text{jarakMak}} \\ &= \text{Min} (\mu_{\text{KecMin}} (18), \mu_{\text{jarakMak}} (340)) \\ &= \text{min} (0.2; 0.4) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

[R4] IF Kecepatan MAKSIMUM And Jarak MINIMAL Then Kekuatan Rem HARD

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat4} &= \mu_{\text{KecMaks}} \wedge \mu_{\text{jarakMin}} \\ &= \text{Min} (\mu_{\text{KecMaks}} (18), \mu_{\text{jarakMin}} (340)) \\ &= \text{min} (0.8; 0.6) \\ &= 0.6 \end{aligned}$$



Gambar 7. Proses Fungsi Implikasi

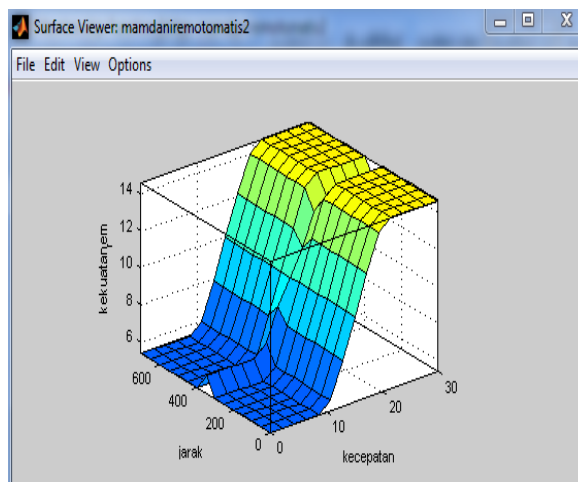
4. Komposisi Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi aplikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan.

5. Defuzzy

Metode penegasan (*defuzzy*) yang akan digunakan adalah metode centroid. Dengan rumus mencari nilai z^* (titik pusat) berdasarkan persamaan 2 dan 3 yang terdapat di landasan teori.

didapatlah hasil kekuatan rem yaitu 12,4 dari kecepatan 18 km/jam dan jarak 3.4 meter.



Gambar 8. Output model mamdani pada kekuatan rem mobil cerdas

Hasil perhitungan dengan kecepatan dan jarak sebagai inputannya menunjukkan bahwa metode *fuzzy* Mamdani memperkirakan kekuatan rem tersebut sebesar 12,4. Dengan asumsi kekuatan rem dari nilai 0 sampai 20. Sehingga didapatkan hasil dari perhitungan Fuzzy Inference System Model Mamdani menggunakan program MATLAB

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan, Karis, Niko., Rouf, Abdul. Purwarupa Sistem Kendali kecepatan Mobil Berdasarkan Jarak dengan sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto. Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems: Vol.3, No.2, October 2013, pp. 117~126
- [2] Kusumadewi, S. dan Hartati, S., 2006, Neuro-Fuzzy integras system fuzzy dan jaringan saraf tiruan, edisi 2, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- [3] Suyanto, 2011, Artificial Inteligent, edisi revisi, Penerbit Informatika, Bandung
- [4] Saleh, Alfa. Implementasi Metode Fuzzy mamdani Dalam Memprediksi Tingkat Kebisingan lalu Lintas. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia: ISSN 2302-3805, 2015.
- [5] Soelistyo, A.D.W., 2008, Prototipe Pendeteksi dan Pengaman Jarak Kendaraan Otomatis Berbasis Ultrasonik, Skripsi, Fakultas MIPA, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [6] Rosalin Sahu dan Laxman Sahoo, "Design & Implementation of Mamdani Fuzzy Inference System on an Automatic Train Braking System". Dalam International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET) ISSN 2278-0882 Volume 3 Issue 1, April 2014

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan,

1. Teknik FIS mamdani baik digunakan untuk menghitung nilai kekuatan rem pada mobil cerdas, hal ini dikarenakan FIS mamdani mencari nilai MIN dan MAX.
2. Perubahan himpunan tiap tiap variabel dan aturan – aturan yang digunakan dapat mempengaruhi hasil kekuatan rem.
3. Fuzzy inference system metode mamdani dapat diterapkan untuk menghitung kekuatan rem otomatis pada mobil cerdas.

B. Saran

Adapun saran dalam tulisan ini adalah,

1. Variabel yang digunakan pada tulisan ini masih dapat dikembangkan lagi
2. Teknik FIS yang digunakan dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan teknik lain.