

---

## Perancangan Sistem Pengereman Mobil Menggunakan Mamdani *Fuzzy Logic Control*

*Illa Rizianiza<sup>1</sup>, Alfian Djafar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin/ Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan,  
Balikpapan. Email: *rizianiza@itk.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin/ Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan,  
Balikpapan. Email: *alfian.djafar@itk.ac.id*

---

### Abstract

Increase in the number of vehicles, especially cars can increase the chances of accidents. Accidents happen because caused by several factors, including human error, environmental and technical vehicle. Human error factor caused by the driver of the vehicle less focus so less appropriate in decision making at the time of driving. Therefore, vehicles that have technology that can reduce the occurrence of accidents. One technology of a potential car vehicle to be developed in order to reduce the number of accidents is the technology of the braking system. Car braking system is the most important safety system that it has. This paper provides an automatic car braking system using Mamdani Fuzzy Logic Control. This car braking system consist of two inputs and one output. Inputs are car position and car velocity. Car position represents the distance of the car from the obstacle detected and velocity represents the velocity of the car towards the obstacle. This output is brake that represents the car force to stop the car. The inputs use five membership funtions and the output use three membership functions. The car braking system designed uses twenty five rules. Performance analysis of the braking system is carried out on the braking system's ability to avoid obstacles. The result is the vehicle can brake at a distance 30m vehicle from the obstacle. The vehicle braking system began to brake the vehicle at 2.5 s with 9263 N up to 3.7 s.

Keywords: braking system, mamdani, fuzzy logic control

---

### Abstrak

Sistem pengereman merupakan salah satu sistem keamanan terpenting dari kendaraan mobil. Penelitian ini merancang sistem pengereman mobil otomatis dengan menggunakan Mamdani Fuzzy Logic Control. Sistem pengereman mobil terdiri dari dua input dan satu output. Variabel input adalah posisi mobil dan kecepatan mobil. Posisi mobil merepresentasikan jarak mobil dari rintangan yang terdeteksi. Variabel kecepatan merupakan kecepatan mobil saat menuju rintangan. Sedangkan variabel output pada sistem pengereman mobil adalah besarnya daya pengereman yang digunakan untuk menghentikan mobil. Variabel input menggunakan lima fungsi keanggotaan dan variabel output menggunakan tiga fungsi keanggotaan. Sistem pengereman mobil dirancang dengan menggunakan dua puluh lima *rule base*. Performansi sistem pengereman dipengaruhi oleh ak hal jarak dan kecepatan untuk mencegah tabrakan.

*Kata Kunci: sistem pengereman, mamdani, fuzzy logic control*

---

### 1. Pendahuluan

Jumlah pengguna mobil semakin bertambah seiring dengan perkembangan teknologi dan penambahan jumlah penduduk. Hal ini menyebabkan peluang terjadinya kecelakaan meningkat. Salah satu penyebab kecelakaan adalah tabrakan antar kendaraan atau dengan rintangan lain. Salah satu penyebabnya adalah adanya kelalaian pengemudi saat mengendarai mobil. Pengemudi kurang bisa mengendalikan kecepatan mobil dan sistem pengereman yang tidak akurat. Apabila mobil melaju dengan kecepatan tinggi, maka akan sulit untuk menghindari rintangan yang ada di depan. Berdasarkan Komite Nasional Keselamatan Transportasi Indonesia pada tahun 2016 dijelaskan bahwa sebesar 68% orang meninggal di Indonesia dari tahun 2010 sampai 2016 yang disebabkan oleh tabrakan.

Sistem pengereman merupakan salah satu faktor terpenting dalam kendaraan. Umumnya sistem pengereman mobil dioperasikan secara manual saat pengemudi mendorong pedal rem. Apabila rem gagal, maka hasilnya juga gagal. Dalam beberapa tahun terakhir, ada beberapa penelitian untuk mengembangkan sistem pengereman mobil. Perkembangan teknologi tentang pengereman pada kendaraan dapat meningkatkan tingkat keselamatan pengemudi pada saat berkendara (Mamat, 2009). Terdapat beberapa penelitian tentang sistem pengereman mobil yang menggunakan model matematik proses berkendara. Namun pada dasarnya perilaku pengemudi sebagian besar bergantung pada pengalaman pengendara bukan keakuratan model matematis. Sistem dinamik pada kendaraan merupakan sistem nonlinier sehingga sulit untuk didapatkan model matematis. Oleh karena itu, logika *fuzzy* telah digunakan untuk mengembangkan kontrol otomasi karena *fuzzy* mampu bekerja sesuai dengan kemampuan otak manusia. Salah satu kelebihan *fuzzy* adalah tidak memerlukan model matematis dari suatu sistem. Sistem *fuzzy* sangat kuat dan efektif untuk menangani ketidakpastian sistem dan nonlinieritas sistem seperti pada sistem pengereman (Wang, 2007).

*Fuzzy* dibedakan menjadi Sugeno Takagi dan Mamdani. *Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu tipe logika *fuzzy* yang diterima secara luas dan cocok untuk menangani masalah *intuitive* (Rane, 2017). Sehingga tipe Mamdani banyak digunakan untuk aplikasi pendukung keputusan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Sistem Pengereman Mobil

Pada studi kasus di penelitian ini, dirancang sistem pengereman otomatis pada mobil pada saat jarak rintangan semakin mendekat dan kecepatan kendaraan tinggi. Kecepatan mobil berkisar antara 0-100 km/jam sesuai dengan Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 bahwa kecepatan maksimum kendaraan adalah 100 km/jam atau 37,7 m/s. Pada perancangan sistem pengereman mobil, terdapat beberapa variabel yang diabaikan, diantaranya dinamika mesin dan gesekan (Mamat, 2009).

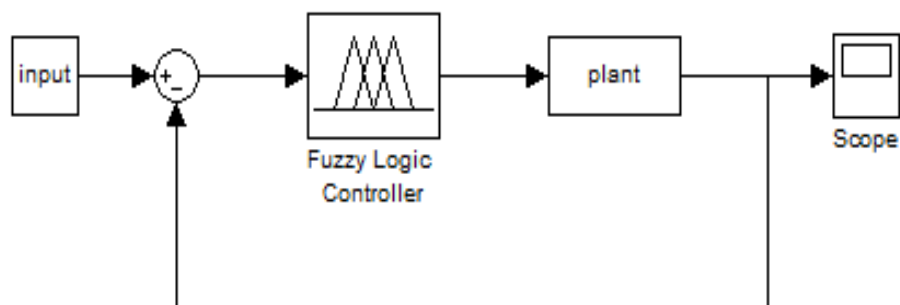
Nilai parameter dari sistem pengereman mobil:

Massa mobil : 2000 kg  
Posisi mobil saat akan mengerem : -30 m  
Kecepatan awal mobil : 10 km/s (2.7 m/s)  
Daya pengereman : 9263 N

Penentuan posisi mobil untuk memulai pengereman didasarkan pada jarak aman berkendara sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012. Menurut Hukum Newton II bahwa gaya menyebabkan percepatan, sehingga dalam penelitian ini digunakan asumsi bahwa besarnya gaya pengereman pada sistem pengereman otomatis sebesar 9263 N.

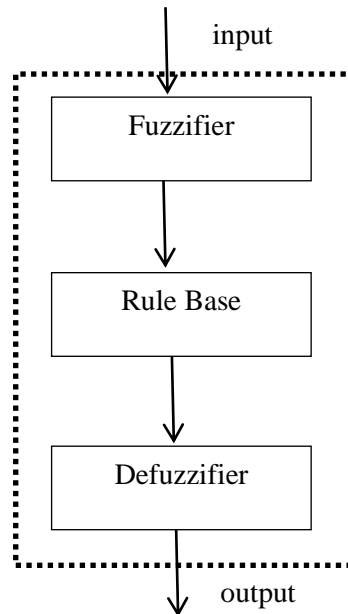
### 2.2 Mamdani Fuzzy Logic Control

Sistem pengereman mobil dirancang menggunakan Mamdani Fuzzy Logic Control. Mamdani adalah salah satu jenis metode inferensi fuzzy. Pada inferensi fuzzy mamdani, aturan If-Then didefinisikan oleh fuzzy set. Output fuzzy set dari setiap aturan akan dibentuk ulang dengan jumlah yang sesuai, dan proses defuzzifikasi diperlukan setelah menggabungkan semua rangkaian fuzzy yang dibentuk ulang ini.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem Pengereman Mobil

Sistem pengereman mobil yang dirancang menggunakan kontrol loop tertutup ditunjukkan pada Gambar 1. Input Fuzzy Logic Control adalah posisi mobil dan kecepatan mobil dan outputnya adalah gaya pengereman. Posisi mobil adalah jarak mobil yang sampai ke rintangan yang terdeteksi dan kecepatan mobil adalah kecepatan mobil menuju ke rintangan. Output dari sistem pengereman ini adalah daya pengereman yang dibutuhkan oleh mobil untuk berhenti.

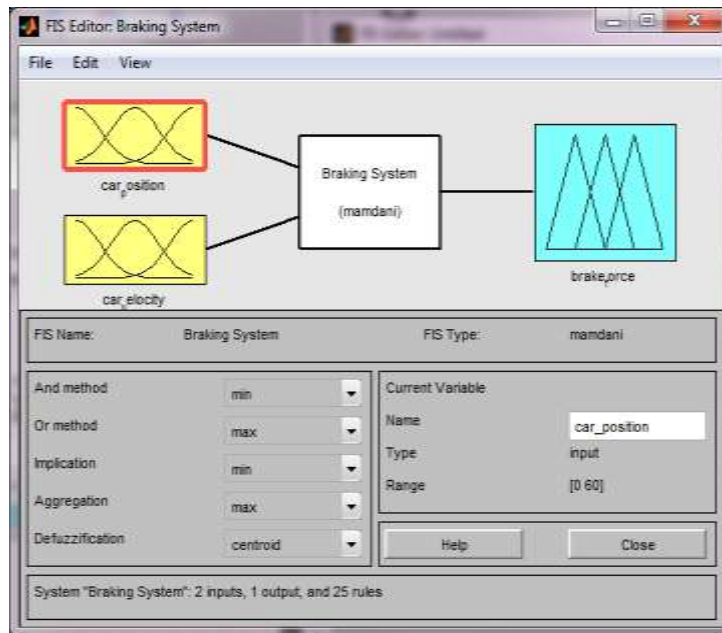


**Gambar 2 Diagram Logika Fuzzy**

Sistem inferensi fuzzy merupakan framework komputasi yang didasarkan pada konsep teori himpunan fuzzy. Hal ini dapat diterapkan diberbagai bidang contohnya kontrol, pengambil keputusan, identifikasi sistem, prediksi, dll. Logika fuzzy merupakan logika yang dekat dengan cara berpikir dan penalaran manusia (Yadav, 2015). Gambar 2 menunjukkan diagram proses logika fuzzy yaitu fuzzifier, rule base dan defuzzifier. Fuzzifier merupakan proses mengubah crisp input menjadi variabel linguistik dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang sudah ditentukan. Defuzzifier merupakan proses mengkonversi output fuzzy pada *inference engine* menjadi himpunan crisp dengan menggunakan fungsi keanggotaan analog yang sudah ditentukan.

Fuzzy Mamdani disebut juga Metode Max-Min yang memiliki beberapa tahapan, diantaranya:

- Pembentukan himpunan fuzzy yang merupakan suatu proses untuk mengubah input dari himpunan *crisp* menjadi himpunan fuzzy (variabel linguistik) yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan
- Aplikasi fungsi implikasi. Pada penelitian ini digunakan fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi Min (*minimum*).
- *Rule base* yang terdiri dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, selanjutnya pada metode mamdani menggunakan metode Max untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Pada metode Max, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy
- Defuzzifikasi merupakan 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 output.



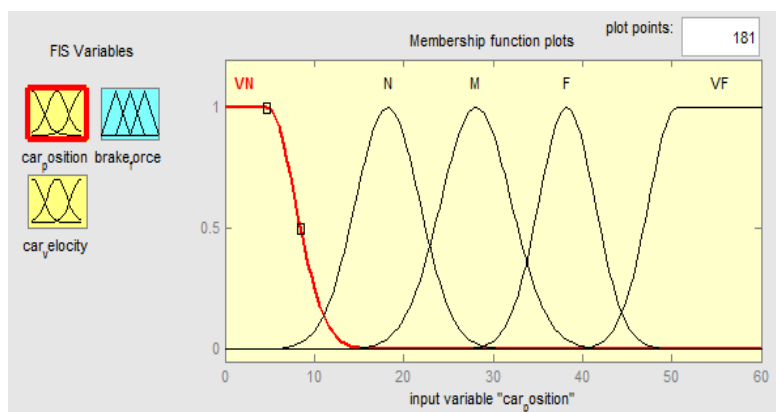
**Gambar 3 Sistem Pengereman Mobil Fuzzy Logic**

Fungsi keanggotaan adalah keanggotaan yang mendefinisikan bagaimana masing-masing titik pada variabel input dipetakan ke tingkat keanggotaan dengan range antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan variabel ditunjukkan pada Gambar 4, 5, dan 6. Range maksimum dan minimum untuk variabel input pada sistem pengereman ditentukan berdasarkan Peraturan Pemerintah tentang kendaraan dan mengemudi. Output dari logika fuzzy adalah kontrol sinyal yang akan menjadi input bagi mobil sebagai daya pengereman untuk menghentikan kendaraan. Variabel output dibedakan menjadi tiga fungsi keanggotaan diantaranya Max, Zero dan Min. Untuk meningkatkan kecepatan fuzzifikasi, fungsi Gaussian dipilih sebagai fungsi keanggotaan (Yadav, 2015).

Fungsi keanggotaan variabel posisi mobil terhadap rintangan :

- Very Near (VN)
- Near (N)
- Medium (M)
- Far (F)
- Very Far (VF)

Range posisi mobil terhadap rintangan adalah dari 0 m sampai 60 m. Fungsi keanggotaan N merepresentasikan jarak <20 m dan fungsi keanggotaan VF merepresentasikan jarak > 50 m. Jarak aman mobil ke rintangan adalah 30 m.

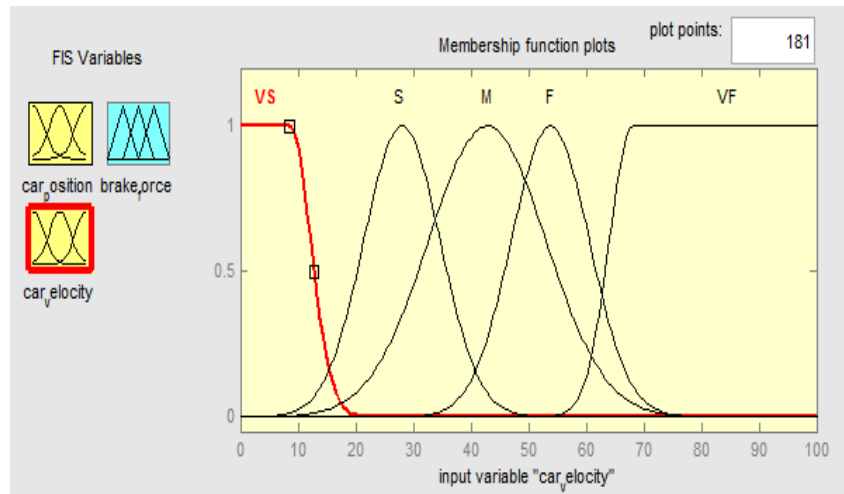


**Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Untuk Variabel Posisi Mobil**

Fungsi keanggotaan untuk kecepatan mobil adalah :

- Very Slow (VS)
- Slow (S)
- Medium (M)
- Fast (F)
- Very Fast (VF)

Range kecepatan mobil adalah dari 0 km/jam sampai 100 km/jam. Fungsi keanggotaan VS memiliki rentang nilai <20 km/jam dan untuk fungsi keanggotaan VF nilai memiliki kecepatan mobil > 60 km/jam. Kecepatan mobil yang aman adalah 80 km/jam.

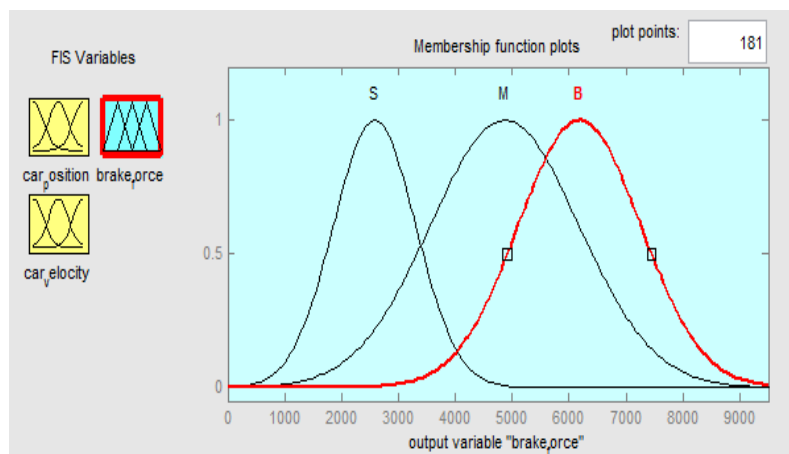


**Gambar 5 Fungsi Keanggotaan Untuk Variabel Kecepatan Mobil**

Fungsi keanggotaan dari besar daya pengereman adalah :

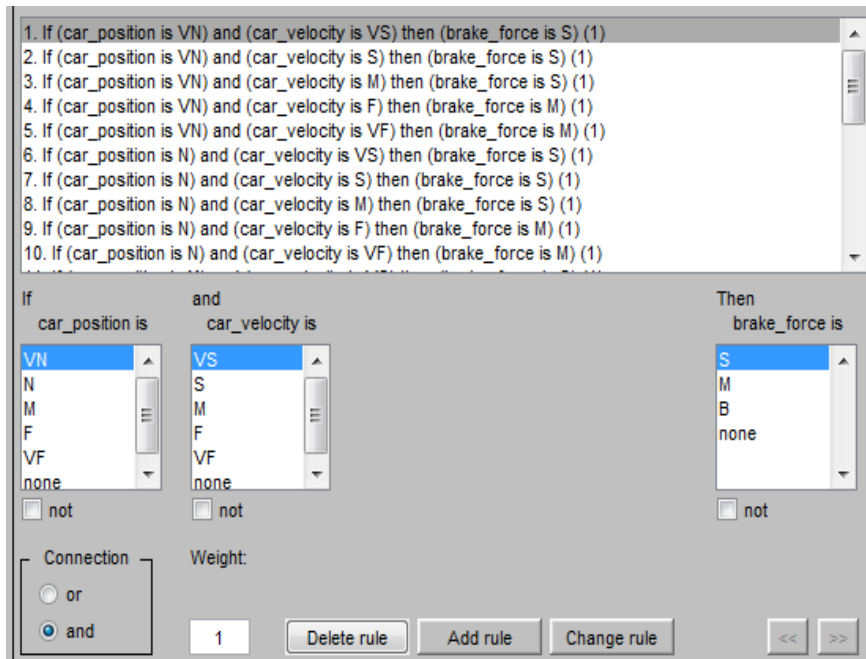
- Small (S)
- Medium (M)
- Big (B)

Besar maksimum daya pengereman adalah 9263 N.



**Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Untuk Variabel Daya Pengereman**

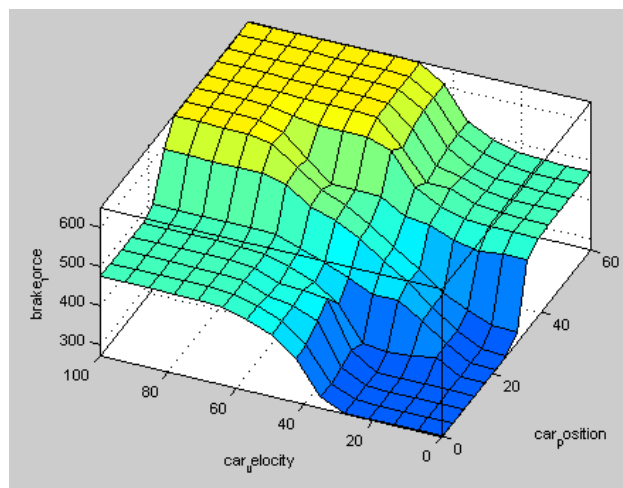
Aturan dasar logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 7. Terdapat 25 aturan dalam sistem pengereman kendaraan. Aturan logika fuzzy menggunakan aturan If - Then dimana kondisi dan konsekuensi melibatkan variabel linguistik, sebuah aturan fuzzy memiliki dua komponen: IF-part (juga disebut sebagai anteseden) dan Then-part (juga disebut sebagai konsekuensinya): Jika <antecedent> Then <consequent>. Dalam penelitian ini, menggunakan aturan jika posisi rintangan mendekat dan kecepatan kendaraan cepat maka besar daya pengereman besar pula dan sebaliknya.



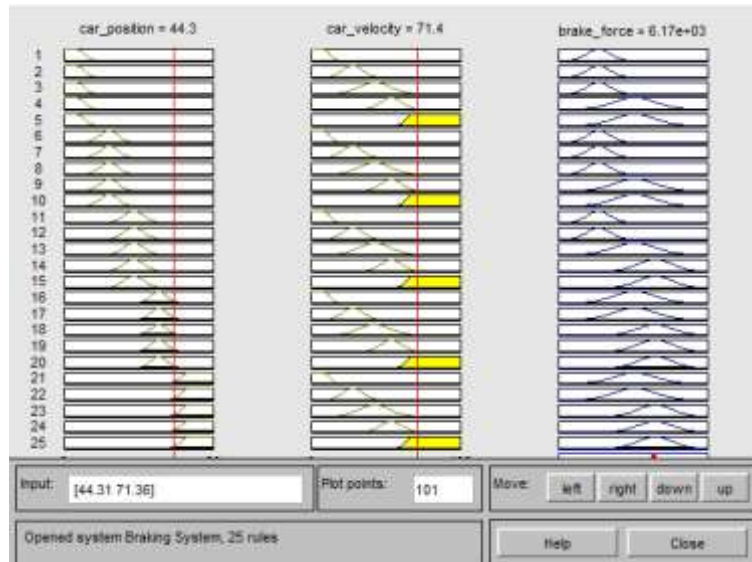
Gambar 7 Rule Base

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan sistem pengereman menggunakan fuzzy mamdani ditunjukkan pada Gambar 7 yang menunjukkan tentang korelasi input dan output logika fuzzy. Daya pengereman dipengaruhi oleh perubahan kecepatan atau jarak mobil ke rintangan. Dapat disimpulkan bahwa pada posisi mobil dekat dengan rintangan dan kecepatan mobil yang lambat maka daya pengereman kecil, namun akan mulai berubah seiring kecepatan mobil meningkat atau jarak dari rintangan yang berkurang sampai mencapai kekuatan pengereman maksimum dan jarak antar mobil dan rintangan yang sangat dekat.

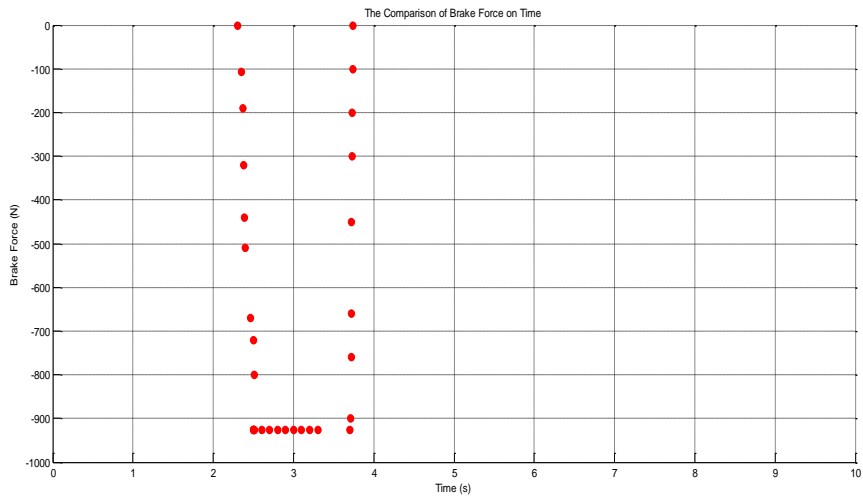


Gambar 8 Surface Viewer

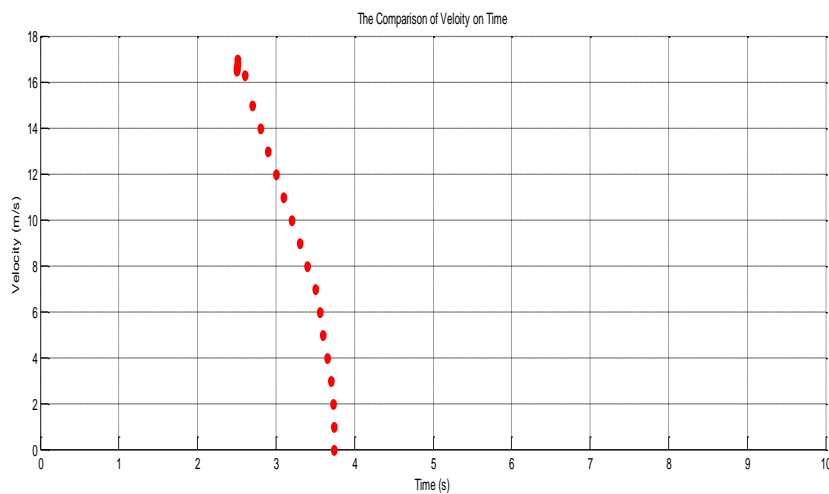


**Gambar 9 Rule Viewer**

Gambar 9 menunjukkan rule viewer tentang jarak posisi mobil dengan rintangan, kecepatan mobil dan daya pengereman dengan menggunakan kontrol logika mamdani. Ditunjukkan bahwa jika posisi mobil 44,3 m dan kecepatan mobil 71,4 km/jam maka gaya yang digunakan untuk mengerem mobil adalah 6170 N.



**Gambar 10 Grafik Daya Pengereman Terhadap Waktu**



**Gambar 11 Grafik Daya Pengereman Terhadap Waktu Car Velocity vs Time Graph**

Kecepatan mobil awal adalah 2,7 m/s kemudian dikurangi menjadi 0 m/s karena gaya pengereman yang diterapkan pada mobil selama 2,5s sampai 3,7s seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11. Mobil mendekati rintangan sehingga mengerem perlahan dan akan berhenti di jarak 30 m dari rintangan.

#### **4. Kesimpulan**

Merancang sistem kontrol yang andal dan efisien untuk sistem pengereman mobil adalah salah satu masalah yang paling menantang untuk otomotif. Dalam tulisan ini telah disajikan suatu desain sistem pengereman mobil yang efisien dan andal dengan menggunakan kontrol logika fuzzy mamdani. Hasilnya adalah sistem pengereman yang halus. Sistem pengereman mobil bisa mulai mengerem mobil 2,5 s dengan 9263 N hingga 3,7 s. Sistem pengereman mobil terdiri dari dua input dan satu output. Input adalah posisi mobil dan kecepatan ar. Masing-masing memiliki lima fungsi keanggotaan. Outputnya adalah kekuatan rem. Ini memiliki tiga fungsi keanggotaan. Sistem kontrol ini memiliki dua puluh lima peraturan. Untuk pengembangan ke depan, sistem pengereman mobil dapat ditingkatkan dengan menerapkan lebih banyak input dan fungsi keanggotaan sehingga basis aturan lebih meningkat.

#### **Daftar Pustaka**

- Komite Nasional Keselamatan Transportasi Indonesia. 2016.
- Mamat, M., Ghani, N.M. (2009) "Fuzzy logic controller on automated car braking system", *IEEE International Conference on Control and Automation*.
- Wang, X., Cheng, et.al., (2007) "Fuzzy logic controller for electric vehicle braking strategy," *PEDS2007, IEEE*, pp. 1542-1547.
- Rane, Shubhechha, et.al. (2017) "Performance of Mamdani Fuzzy Inference System for Tracking Multiple Targets Using Autopilot System", *International Journal of Electrical and Electronics* Vol. 5, Issue 1, pp: (34-42).
- Yadav, Digvijay K., (2015) "Modeling an intelligent controller for anti-lock braking system", *International Journal of Technial Research and Application*, Vol 3, pp : 122-126.