

SIMULASI KONTROL KECEPATAN KENDARAAN DENGAN LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI PADA BERBAGAI KEADAAN

Sean Coonery Sumarta

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Atma Jaya Makassar
Alamat e-mail: sean_ciko@yahoo.com

ABSTRACT

Traffic accident are the third killer in the world after HIV / AIDS and tuberculosis. Factors that cause accidents classified by elements of the transportation system itself are the road user, vehicle, road and environment. In this research apply fuzzy logic to control the vehicle speed limits by using Mamdani inference method. This research was carried out to control the driver so that not to accelerate the vehicle exceeds a predetermined speed limit based on surrounding circumstances. Circumstances which are used as variables: class, weather and distance between vehicles. The results of this research have been successfully made speed control vehicle simulation with fuzzy logic in matlab r2012a.

Keywords: logika, fuzzy, metode, mamdani, kontrol, kecepatan.

1. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas adalah peristiwa terjadinya tabrakan antara kendaraan bermotor (roda dua, roda empat atau lebih) dengan kendaraan motor lainnya atau dengan benda lainnya yang ada di jalan. Kecelakaan lalu lintas mengakibatkan kerusakan yang dialami kendaraan yang saling bertabrakan. Kerusakan yang ditimbulkannya bergantung pada kerasnya benturan dan kecepatan kendaraan. Efek dari kecelakaan tersebut bisa mengakibatkan luka-luka atau bahkan kematian manusia. Menurut WHO, kecelakaan akibat mengabaikan aturan lalu lintas telah menelan korban jiwa sekitar 2,4 juta jiwa manusia setiap tahunnya. Jumlah angka kematian yang diakibatkan kecelakaan tersebut menduduki peringkat ketiga sebagai penyebab kematian manusia setelah HIV/AIDS dan TBC. Kecelakaan lalu lintas dipengaruhi tiga faktor utama. Tiga faktor utama tersebut yang menyebabkan terjadinya kecelakaan. Faktor pertama adalah manusia sendiri. Faktor kedua adalah faktor kendaraan, dan faktor terakhir adalah faktor jalan. Kecelakaan lalu lintas bisa saja terjadi akibat kombinasi ketiga faktor penyebab utama kecelakaan tersebut. Kendaraan yang melaju di atas kecepatan rata-rata atau melebihi batas normal yang ditetapkan peraturan berlalu lintas merupakan faktor dari kecelakaan yang disebabkan oleh kelalaian

manusia dalam memacu kendaraannya. Selain tiga faktor utama, yaitu manusia, kendaraan, dan faktor jalan, ada juga faktor lain yang ikut menyebabkan kecelakaan. Faktor-faktor yang berada di luar tiga faktor utama tersebut antara lain faktor lingkungan dan cuaca yang juga bisa berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan.[1].

Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara benar atau salah. Dalam logikaklasik dinyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), sedangkan logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keaburan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan himpunan fuzzy dan teori kemungkinan. Logika fuzzy ini diperkenalkan oleh Dr. LotfiZadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

Logika fuzzy dapat digunakan dalam bidang teori kontrol, teori keputusan, dan beberapa bagian dalam manajemen sains. Selain itu, kelebihan dari logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (linguistic reasoning), sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematika dari objek yang dikendalikan. Adapun salah satu contoh

aplikasi logika fuzzy dalam kehidupan sehari-hari adalah pada tahun 1990 pertama kali dibuat mesin cuci dengan logika fuzzy di Jepang (Matsushita Electric Industrial Company). Sistem fuzzy digunakan untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis dan banyaknya kotoran serta jumlah yang akan dicuci. Input yang digunakan adalah: seberapa kotor, jenis kotoran, dan banyaknya yang dicuci [2].

Dalam penelitian ini, peneliti akan menerapkan logika fuzzy pada kontrol kecepatan kendaraan pada berbagai keadaan. Keadaan – keadaan yang akan dijadikan sebagai input yaitu: kelas jalan, jarak antar kendaraan, cuaca dan sebagai output adalah kecepatan kendaraan. Pada penelitian ini menggunakan Matlab sebagai alat bantu simulasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan

Kecelakaan sering diartikan sebagai suatu kejadian yang tidak terduga-duga akibat kesalahan/kelalaian satu pihak sehingga menyebabkan pihak lain terlibat dalam kejadian kecelakaan di jalan raya. Dari pengertian kecelakaan tersebut dapat dianggap bahwa penyebab pertama kejadian kecelakaan sebagian besar adalah oleh pengemudi yang kurang siap ketika berada di jalan.

Faktor – faktor penyebab kecelakaan diklasifikasikan dengan unsur – unsur sistem transportasi itu sendiri, yaitu pemakai jalan (pengemudi, pejalan kaki dan pemakai jalan lainnya), kendaraan, jalan dan lingkungan [3].

Selanjutnya dari faktor-faktor tersebut adalah:

1. Pemakai Jalan

a. Pengemudi

Menurut hasil analisis data statistik di Indonesia, penyebab kecelakaan lalu lintas yang terbesar adalah faktor pengemudi.

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan yaitu, antara lain:

- Lepas Kontrol, yaitu keadaan dimana perhatian pengemudi terlepas dari penguasaan pengemudi, baik pandangan, kendali maupun gerak refleks.

- Tidak menjaga jarak, dimana setiap pengemudi yang mengendarai kendaraan di jalan selalu berhadapan dengan pengemudi lain, sehingga diharuskan untuk tetap menjaga jarak dengan pengemudi lain, baik jalan bersamaan maupun apabila akan menyalip, sehingga jarak pandang dibagi menjadi dua macam, yaitu : Jarak Pandang Henti yaitu jarak minimal yang harus dijaga apabila akan mengadakan pengereman dihitung pada saat pengemudi berniat akan mengerem, dan Jarak Pandang Menyalip yaitu jarak aman dengan kendaraan yang berlawanan di depannya bagi kendaraan yang akan menyalip kendaraan yang searah di depannya.

- Kurang Antisipasi dan faktor kondisi pengemudi, terutama kelelahan (fatigue driver atau overlay tired driver) yaitu keadaan dimana pengemudi membawa kendaraannya dalam keadaan lelah atau mengantuk akibat kurang istirahat sehingga kurang waspada / antisipasi serta kurang tangkas bereaksi terhadap perubahan-perubahan yang terjadi secara tiba-tiba.

b. Pejalan Kaki

Pada umumnya, pejalan kaki dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas karena sebagian dari mereka tidak menggunakan fasilitas bagi pejalan kaki atau tidak adanya fasilitas bagi pejalan kaki. Selain itu sebagian dari pejalan kaki masih kurang memperhatikan ketentuan atau peraturan bagi pejalan kaki.

2. Kendaraan Bermotor

Apabila kendaraan bermotor tidak memenuhi persyaratan teknis dan kelaikan jalan seperti kondisi ban, sistem kemudi dan rem yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya, maka dapat berakibat kendaraan bermotor menjadi salah satu faktor penyebab kecelakaan.

3. Jalan

Jalan juga dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas, bila desain geometriknnya tidak sesuai dengan persyaratan yang diperlukan. Disamping itu, kondisi

permukaan jalan yang kurang/tidak memenuhi syarat yang diperlukan. Ketersediaan dan lebar trotoar serta fungsi trotoar harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4. Lingkungan

Selain faktor tersebut di atas, faktor lingkungan dapat mempengaruhi keselamatan lalu lintas di jalan, seperti kondisi cuaca (kabut, hujan lebat), asap tebal, serta tanah longsor dll.

2.2. Kelas Jalan

Sesuai dengan undang-undang tentang jalan No. 38 tahun 2004 [4] dan menurut peraturan Pemerintah No. 34 tahun 2006 [5], Kelas Jalan di Indonesia dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Kelas Jalan I

Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, ukuran paling tinggi 4200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

b. Kelas Jalan II

Jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, ukuran paling tinggi 4200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

c. Kelas Jalan III

Jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9000 milimeter, ukuran paling tinggi 3500 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

d. Kelas Jalan Khusus

Jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter, ukuran paling tinggi 4200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

Sesuai dengan peraturan pemerintah No. 44/1993 [6] ditetapkan kecepatan maksimal pada masing-masing kelas jalan yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan Maksimum Kendaraan berdasarkan kelas jalan.

Kelas Jalan	Jenis Kendaraan	Batas Maksimum Kecepatan (Km/Jam)
I,II,III A	Mobil Penumpang, Mobil Bus dan Mobil Barang serta Sepeda Motor	100
III B	Mobil Penumpang, Mobil Bus dan Mobil Barang	80
III C	Mobil Penumpang, Mobil Bus dan Mobil Barang	60

2.3. Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak).

Logika Fuzzy merupakan sesuatu *logika* yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori *logika fuzzy* suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. *Logika fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan *logika fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti *logika klasik* (*crisp*)/tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu.

Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari

kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [7].

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat" [8].

2.4. Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan [9] yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan,
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Terkadang kemiripan antara keanggotaan fuzzy dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut.

Keanggotaan fuzzy memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai suatu himpunan *fuzzy* USIA adalah 0,9; maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,9 usia berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 40, 25, 50, dsb.

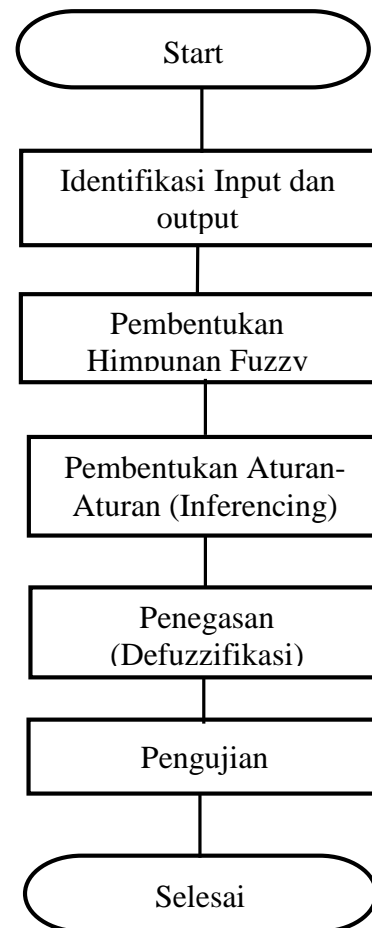
3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa langkah yang dilakukan, yang dapat dilihat pada flowchart di gambar 1.

3.1. Identifikasi Input dan Output

Dalam penelitian ini ada beberapa keadaan sebagai input pada sistem kontrol kecepatan ini yaitu: kelas jalan, cuaca dan jarak antar kendaraan. Sedang untuk output yaitu kecepatan kendaraan.

Gambar 1. Flowchart Penelitian



3.2. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

3.2.1. Kelas jalan

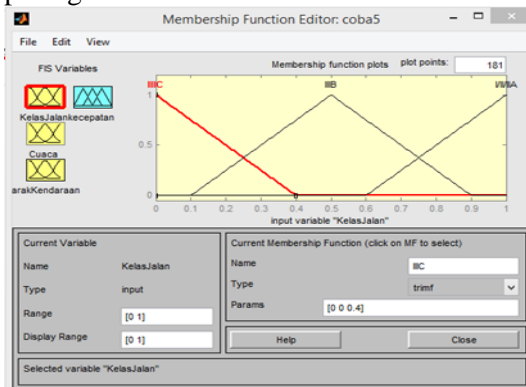
Himpunan keanggotaan kelas jalan dapat dilihat pada tabel 1. Dari data pada tabel 1 dapat dibuat persamaan keanggotaan untuk himpunan kelas jalan yang dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\mu_{\text{kelas jalan IIIc}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0,4 \\ 0,4 - x, & 0 \leq x \leq 0,4 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{kelas jalan IIIb}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,1 \text{ atau } x \geq 0,9 \\ \frac{x - 0,1}{0,4}, & 0,1 \leq x \leq 0,5 \\ \frac{0,9 - x}{0,4}, & 0,5 \leq x \leq 0,9 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{kelas jalan I/II/IIIa}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0,6 \\ \frac{x - 0,6}{0,4}, & 0,6 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Dari persamaan (1),(2),(3) dapat dibuat grafik himpunan keanggotaan yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Input variabel “Kelas Jalan”

3.2.2. Cuaca

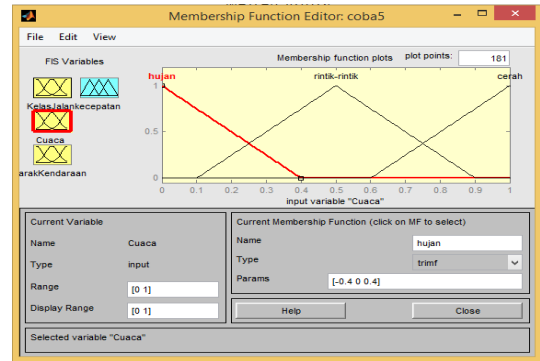
Untuk variabel cuaca dalam penelitian ini menggunakan 3 buah keadaan yaitu: hujan deras, rintik-rintik dan cerah. Untuk variabel cuaca persamaan keanggotaan dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\mu_{\text{hujan}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0,4 \\ \frac{0,4 - x}{0,4}, & 0 \leq x \leq 0,4 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{rintik-rintik}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,1 \text{ atau } x \geq 0,9 \\ \frac{x - 0,1}{0,4}, & 0,1 \leq x \leq 0,5 \\ \frac{0,9 - x}{0,4}, & 0,5 \leq x \leq 0,9 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{cerah}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0,6 \\ \frac{x - 0,6}{0,4}, & 0,6 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

Dari persamaan (3), (4), (5) dapat dibuat grafik keanggotaan dari variabel cuaca yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Input Variabel “Cuaca”

3.2.3. Jarak Antar Kendaraan

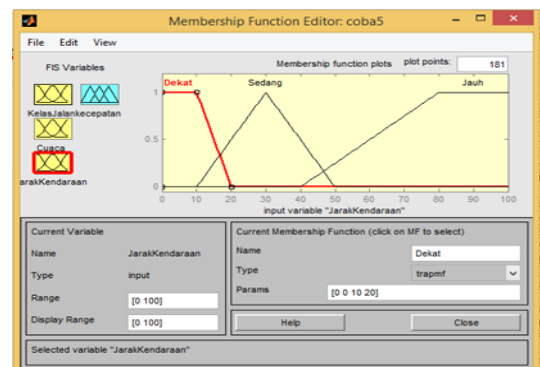
Untuk variabel jarak antar kendaraan dalam penelitian ini menggunakan 3 buah keadaan yaitu: Dekat, Sedang dan Jauh. Untuk variabel jarak antar kendaraan persamaan keanggotaan dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\mu_{\text{dekat}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 20 \\ \frac{20 - x}{10}, & 10 \leq x \leq 20 \\ 1, & 0 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x - 10}{20}, & 10 \leq x \leq 30 \\ \frac{50 - x}{20}, & 30 \leq x \leq 50 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{jauh}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{40}, & 40 \leq x \leq 80 \\ 1, & 80 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (9)$$

Dari persamaan (7), (8), (9) dapat dibuat grafik keanggotaan dari variabel jarak antar kendaraan yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Input Variabel “Jarak Antar Kendaraan”

3.2.4. Kecepatan Kendaraan

Untuk variabel output yaitu Kecepatan Kendaraan dalam penelitian ini menggunakan 7 buah keadaan yaitu:

- Lambat Sekali
- Lambat
- Agak lambat
- Perlahan
- Sedang
- Agak Cepat
- Cepat
- Kecepatan Maksimal

Yang dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{sangat\ lambat}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 30 \\ \frac{20-x}{10}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 1, & 0 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{lambat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-20}{10}, & 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{40-x}{10}, & 30 \leq x \leq 40 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{agak\ lambat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-30}{10}, & 30 \leq x \leq 40 \\ \frac{50-x}{10}, & 40 \leq x \leq 50 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{perlahan}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-40}{10}, & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{10}, & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (13)$$

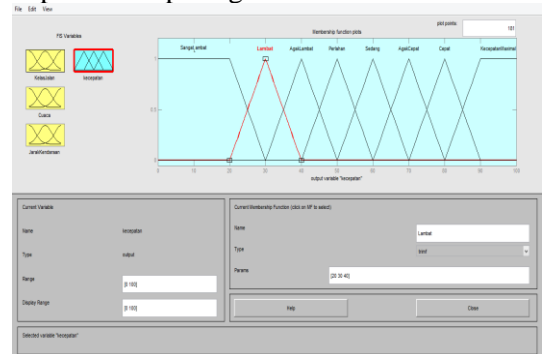
$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 50 \text{ atau } x \geq 70 \\ \frac{x-50}{10}, & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{70-x}{10}, & 60 \leq x \leq 70 \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{agak\ cepat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x-60}{10}, & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{80-x}{10}, & 70 \leq x \leq 80 \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-70}{10}, & 70 \leq x \leq 80 \\ \frac{90-x}{10}, & 80 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{sangat\ cepat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{90-x}{10}, & 80 \leq x \leq 90 \\ 1, & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (17)$$

Dari persamaan (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17) dapat dibuat grafik keanggotaan dari variabel kecepatan yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Output Variabel “Kecepatan”

3.3. Pembentukan Aturan-Aturan (Inferencing)

Dari variabel-variabel yang telah dipaparkan pada point 3.2 maka aturan yang dibuat sebanyak 27 aturan. Berikut ini adalah tabel daftar aturan yang digunakan sebagai basis inferensi:

Tabel 2. Daftar Aturan

No	Input			Output
	Kelas Jalan	Cuaca	Jarak Antar Kendaraan	
1	I/II/III A	Cerah	Jauh	Kecepatan Maksimal
2	I/II/III A	Cerah	Sedang	Cepat
3	I/II/III A	Cerah	Dekat	Agak Cepat
4	I/II/III A	Rintik - Rintik	Jauh	Cepat

5	I/II/III A	Rintik - Rintik	Sedan g	Agak Cepat
6	I/II/III A	Rintik - Rintik	Dekat	Sedang
7	I/II/III A	Hujan	Jauh	Agak Cepat
8	I/II/III A	Hujan	Sedan g	Sedang
9	I/II/III A	Hujan	Dekat	Perlahan
10	IIIB	Cerah	Jauh	Cepat
11	IIIB	Cerah	Sedan g	Agak Cepat
12	IIIB	Cerah	Dekat	Sedang
13	IIIB	Rintik - Rintik	Jauh	Agak Cepat
14	IIIB	Rintik - Rintik	Sedan g	Sedang
15	IIIB	Rintik - Rintik	Dekat	Perlahan
16	IIIB	Hujan	Jauh	Sedang
17	IIIB	Hujan	Sedan g	Perlahan
18	IIIB	Hujan	Dekat	Agak Lambat
19	IIIC	Cerah	Jauh	Sedang
20	IIIC	Cerah	Sedan g	Perlahan
21	IIIC	Cerah	Dekat	Agak Lambat
22	IIIC	Rintik - Rintik	Jauh	Perlahan
23	IIIC	Rintik - Rintik	Sedan g	Agak Lambat
24	IIIC	Rintik - Rintik	Dekat	Lambat
25	IIIC	Hujan	Jauh	Agak Lambat
26	IIIC	Hujan	Sedan g	Lambat
27	IIIC	Hujan	Dekat	Sangat Lambat

Untuk mesin inferensi dengan menerapkan fungsi min pada setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasi.

3.4. Penegasan (Defuzzifikasi)

Untuk defuzzifikasi menggunakan metode titik tengah (*Center Of Area*). Metoda center of area sering kali juga dinamakan metoda center of gravity atau metoda centroid [1]. Hasil defuzzifikasi dengan metoda ini diambil dari nilai dalam suatu range dimana luas daerah dari *membership function C* dibagi menjadi dua luasan yang sama besar. Nilai ini dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$d_{ca}(C) = \frac{\int_{-c}^c C(z)z dz}{\int_{-c}^c C(z) dz} \quad (18)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan melihat respon sistem terhadap fungsi kecepatan. Selama selang waktu tertentu akan diamati respon sistem terhadap kecepatan pada berbagai kondisi input yang diberikan.

Sebuah kendaraan berjalan pada kondisi sebagai berikut:

- Kelas jalan = IIIA ($\mu_{\text{kelas jalan IIIA}} = 1$)
- Cuaca = Cerah ($\mu_{\text{cerah}} = 1$)
- Jarak antar kendaraan = 50 meter

Maka kecepatan maksimal kendaraan saat itu adalah:

- Untuk Aturan 1 :
If kelas jalan IIIA and cuaca CERAH dan jarak antar kendaraan JAUH;

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{IIIA}} \cap \mu_{\text{Cerah}} \cap \mu_{\text{Jauh}} \\ &= \min(\mu_{\text{IIIA}[1]}, \mu_{\text{Cerah}[1]}, \mu_{\text{Jauh}[50]}) \\ &= \min(1; 1; 0,25) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

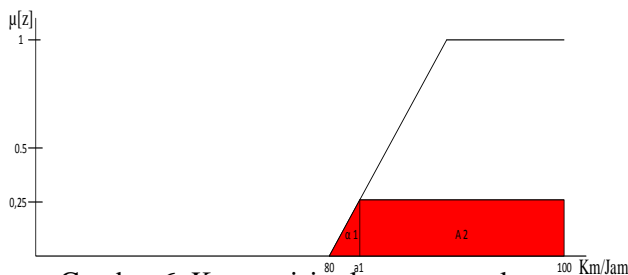
Untuk aturan 2 sampai 27 dengan cara yang sama di dapatkan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kondisi Kelas Jalan = IIIA, Cuaca = Cerah, Jarak Kendaraan = 50 Meter.

Aturan	$\alpha\text{-predikat}_n$	$\mu[z]$
1	0,25	0,25
2	0	0
3	0	0
4	0,25	0
5	0	0
6	0	0
7	0,25	0

8	0	0
9	0	0
10	0,25	0
11	0	0
12	0	0
13	0,25	0
14	0	0
15	0	0
16	0,25	0
17	0	0
18	0	0
19	0,25	0
20	0	0
21	0	0
22	0,25	0
23	0	0
24	0	0
25	0,25	0
26	0	0
27	0	0

Dari data di tabel 2 dapat dilihat yang memenuhi hanya pada aturan 1. Berdasarkan hasil tersebut maka output sistem dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada gambar 6:



Gambar 6. Komposisi rule menggunakan fungsi MAX

Dari gambar 6 yang merupakan hasil komposisi dapat dibagi menjadi 2 yaitu A1 dan A2 sehingga menjadi himpunan fuzzy baru. Dengan terlebih dahulu mencari titik a1.

$$(a1 - 80)/10 = 0,25 \rightarrow a1 = 82,5$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy baru adalah:

$$\mu[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 80 \\ z - 80/2,5; & 80 \leq z \leq 82,5 \\ 0,25; & z \geq 82,5 \end{cases} \quad (19)$$

Untuk batas kecepatan yang dihasilkan sistem menggunakan persamaan defussifikasi metode centroid (persamaan 18) pada persamaan fungsi keanggotaan (persamaan 19).

$$Z = \frac{\int_{80}^{82,5} \frac{z - 80}{2,5} z dz + \int_{82,5}^{100} 0,25z dz}{\int_{80}^{82,5} \frac{z - 80}{2,5} dz + \int_{82,5}^{100} 0,25 dz}$$

$$Z = \frac{\frac{1255}{12} + \frac{12775}{32}}{\frac{5}{4} + \frac{35}{8}}$$

$$Z = \frac{9625}{108} = 89.12$$

Dari perhitungan diatas maka batas kecepatan kendaraan yang dihasilkan sistem yaitu 89.12 km/jam.

Untuk kombinasi keadaan lainnya di kerjakan dengan metode yang sama dengan melakukan simulasi pada matlab dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil simulasi pada matlab

No	Kondisi Input			Output
	Kelas Jalan (μ=1)	Cuaca (μ=1)	Jarak Antar Kendaran (μ=1)	
1	I/II/III A	Cerah	Jauh	92,5
2	I/II/III A	Cerah	Sedang	80
3	I/II/III A	Cerah	Dekat	70
4	I/II/III A	Rintik - Rintik	Jauh	80
5	I/II/III A	Rintik - Rintik	Sedang	70
6	I/II/III A	Rintik - Rintik	Dekat	60
7	I/II/III A	Hujan	Jauh	70
8	I/II/III A	Hujan	Sedang	60
9	I/II/III A	Hujan	Dekat	50
10	IIIB	Cerah	Jauh	80
11	IIIB	Cerah	Sedang	70
12	IIIB	Cerah	Dekat	60
13	IIIB	Rintik - Rintik	Jauh	70

14	IIIB	Rintik - Rintik	Sedang	60
15	IIIB	Rintik - Rintik	Dekat	50
16	IIIB	Hujan	Jauh	60
17	IIIB	Hujan	Sedang	50
18	IIIB	Hujan	Dekat	40
19	IIIC	Cerah	Jauh	60
20	IIIC	Cerah	Sedang	50
21	IIIC	Cerah	Dekat	40
22	IIIC	Rintik - Rintik	Jauh	50
23	IIIC	Rintik - Rintik	Sedang	40
24	IIIC	Rintik - Rintik	Dekat	30
25	IIIC	Hujan	Jauh	40
26	IIIC	Hujan	Sedang	30
27	IIIC	Hujan	Dekat	20

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa sistem dapat menyesuaikan batas kecepatan maksimal kendaraan tergantung pada kondisi masukan pada sistem. Pada kondisi 1 pada tabel 3 batas kecepatan maksimal yang didapatkan yaitu 92,5 km/jam masih di bawah batas aturan pemerintah yaitu batas kecepatan maksimal dari sebuah kendaraan pada kelas jalan I/II/IIIA yaitu 100 km/jam. Hal ini disebabkan karena hasil perhitungan sistem yang menggunakan metode centroid dari fungsi kecepatan maksimal yang berbentuk trapesium siku-siku dengan rentang 80 -100 pada alas trapesium.

5. KESIMPULAN

- Pembatasan kecepatan pada kendaraan dapat dilakukan dengan menggunakan sistem fuzzy dengan metode mamdani.
- Masih terdapat error pada sebesar 0,075 pada kasus kelas jalan I/II/IIIA yang disebabkan hasil defussifikasi yang menggunakan metode *centroid*.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Humas Polres Bantul, 2013, Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas,

[Online] (Updated 29 Mei 2013) tersedia di : <http://humaspolresbantul.blogspot.com/2013/05/faktor-penyebab-kecelakaan-lalu-lintas.html> [akses 5 september 2013]

- [2] Sutojo, T., 2010, Kecerdasan Buatan. Edisi I, CV. Andi Offset, Semarang.
- [3] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Direktorat Keselamatan Transportasi Darat, 2013. Petunjuk Teknis Pemilihan Awak Kendaraan Umum Teladan Tingkat Nasional Tahun 2013, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta.
- [4] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2004. Undang- Undang Tentang Jalan No. 38 Tahun 2004, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta.
- [5] Perpustakaan Nasional RI, 2006, Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006, [Online] (Updated 26 Maret 2013) tersedia di : <http://datahukum.pnri.go.id> [akses 5 september 2013]
- [6] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2013, Peraturan Pemerintah No. 44 Tahun 1993, [Online] (-) tersedia di: <http://hubdat.dephub.go.id> [akses 5 september 2013]
- [7] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Zadeh, L., 1965. Fuzzy Set. Information and Control, 8, 338-553.
- [9] Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.