

**Klasifikasi *Driver Behavior* dengan *Fuzzy Logic* berdasarkan  
Pengolahan Sudut Manuver Kendaraan Roda Empat**

**Tugas Akhir**  
**diajukan untuk memenuhi salah satu syarat**  
**memperoleh gelar sarjana**  
**dari Program Studi Informatika**  
**Fakultas Informatika**  
**Universitas Telkom**

**1301164638**

**Muhammad Rafqi Ramadhani**



**Program Studi Sarjana Informatika**  
**Fakultas Informatika**  
**Universitas Telkom**  
**Bandung**  
**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **Klasifikasi *Driver Behavior* dengan *Fuzzy Logic* berdasarkan Pengolahan Sudut Manuver Kendaraan Roda Empat**

### **Classification of Driver Behavior with Fuzzy Logic base on Four Wheel Vehicle Maneuver Angle Processing**

**NIM :1301164638**

**Muhammad Rafqi Ramadhani**

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh  
gelar pada Program Studi Sarjana Informatika

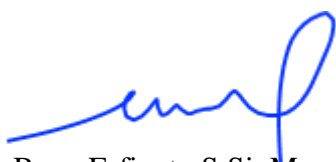
Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, 22 Juni 2021

Menyetujui

Pembimbing I,



Bayu Erfianto.S.Si.,Msc  
NIP : 05730322-1

Ketua Program Studi  
Sarjana Informatika



Dr. Erwin Budi Setiawan, S.Si., M.T.

NIP: 00760045

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Muhammad Rafqi Ramadhani, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul *Klasifikasi Driver Behavior* dengan *Fuzzy Logic* berdasarkan Pengolahan Sudut Manuver Kendaraan Roda Empat beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Bandung, 22 Juni 2021

Yang Menyatakan



Muhammad Rafqi Ramadhani

# Klasifikasi *Driver Behavior* dengan *Fuzzy Logic* berdasarkan Pengolahan Sudut Manuver Kendaraan Roda Empat

Muhammad Rafqi Ramadhani<sup>1</sup>, Bayu Erfianto.S.Si.,Msc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>rafqirmhdn@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>erfianto@telkomuniversity.ac.id

---

## Abstrak

Saat ini perkembangan teknologi memberikan pengaruh besar pada dunia otomotif terutama sistem kemudi kendaraan roda empat. Sistem kemudi ini mempunyai fungsi untuk mengatur arah laju kendaraan pada saat berjalan. Namun untuk berkendara di kecepatan tertentu kadang cukup sulit bagi pengemudi untuk bisa berbelok / *manuver* yang kadang kadang bisa berakibat fatal seperti kecelakaan. Untuk meminimalisir atau bahkan menghindari kejadian itu maka penulis menganalisis data pergerakan manuver untuk pergerakan kendaraan roda empat menggunakan sebuah aplikasi bernama *Phyphox*. Aplikasi ini menggunakan IMU untuk navigasi, kendali, serta deteksi manuver yang nantinya data sudut *gyroscope* serta *accelerometer* serta speed dari gps tersebut akan diolah menggunakan metode fuzzy logic agar bisa mengkategorikan kebiasaan pengemudi atau *driver behaviour*. Penulis mengkategorikan tiga kebiasaan pengemudi yaitu normal, agresif (mendahului dari kiri), dan overtake (mendahului dari kanan).

**Kata kunci :** Manuver, Inertial measurement unit, Logika Fuzzy, Kebiasaan pengemudi

---

## Abstract

Currently, technological developments have a major impact on the automotive world, especially the steering system for four-wheeled vehicles. This steering system has a function to regulate the direction of the vehicle's speed while running. However, to drive at a certain speed, sometimes it is quite difficult for the driver to be able to turn / maneuver sometimes can have fatal consequences such as accidents. To minimize or even avoid these incidents, the authors analyzed the maneuver movement data for the movement of four-wheeled vehicles using an application called *Phyphox*. This application uses the IMU for navigation, control, and maneuver detection which will later data the angles of the gyroscope and accelerometer as well as The speed of the GPS will be processed using a fuzzy logic method in order to improve the habits of the driver or driver's behavior. The author categorizes three driver habits, namely normal, aggressive (overtaking from the left), and overtake (overtaking from the right).

**Keywords:** Manuever, Inertial measurement unit, Fuzzy Logic, Driver Behaviour

---

## 1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan teknologi yang begitu cepat mendorong manusia untuk mengembangkan produk teknologi yang lebih baik dari sebelumnya. Di dunia otomotif khususnya mobil terdapat banyak sistem yang bekerja. Sistem tersebut saling berhubungan satu sama lain dan salah satu yang berperan penting adalah sistem kemudi. Untuk mengatur arah laju kendaraan, pengemudi mempunyai kebiasaan berbelok atau istilahnya manuver pada kendaraan. Walaupun pada realitanya banyak yang kurang mengerti pentingnya manuver saat kendaraan berjalan di kecepatan tertentu karena bisa menyebabkan kecelakaan karena manuever pengemudi yang ekstrim. Untuk itu diperlukan suatu model untuk mengkategorikan perilaku pengemudi berdasarkan kecepatan serta manuver yang mereka gunakan.

## Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah kecelakaan pada tahun 2017 berjumlah 103.228 kecelakaan dengan korban 164.908 orang. Beberapa diantaranya disebabkan oleh kecepatan yang tinggi serta manuver yang ekstrim sehingga sistem kemudi menjadi hilang kendali dan akhirnya tabrakan tak terhindarkan. Ini adalah masalah yang penting sehingga perlu dikembangkan solusi untuk mendeteksi dan menganalisis manuver kendaraan roda empat agar bisa mengurangi jumlah kecelakaan di Indonesia.

Berbagai macam solusi telah dikembangkan antara lain penggunaan kamera untuk mendeteksi pergerakan namun solusi ini kurang maksimal karena memang dasarnya kamera digunakan hanya untuk menangkap gambar. Butuh suatu model untuk memproses gambar tersebut sehingga pengambilan sudut manuver. Sistem yang diusulkan antara lain GPS untuk mengukur kecepatan dan IMU dengan sensor gerak untuk mengecek sudut kemiringan manuver tapi untuk mendapat GPS dengan akurasi yang sangat tinggi biasanya tidak dijual dipasar bebas dan hanya instansi tertentu yang bisa memiliki akses tersebut. Maka diusulkan sebuah aplikasi IMU atau *Inertial Measurement Unit* dengan sensor yang berfungsi melihat posisi, sudut kemiringan serta mendeteksi

*maneuver* yang dilakukan oleh pengemudi agar nantinya bisa dianalisis serta mengkategorikan *driver behavior* atau perilaku pengemudi.

### **Perumusan Masalah**

Dibawah ini adalah perumusan masalah yang dituliskan dalam beberapa pertanyaan

1. Bagaimana membangun suatu sistem untuk mengetahui *driver behavior* berdasarkan data kecepatan serta manuver kendaraan roda empat.
2. Bagaimana memproses data manuver untuk mengetahui dan mengklasifikasikan *driver behavior*

### **Tujuan**

Tujuan dibuatnya tugas akhir ini adalah membuat suatu sistem untuk memproses data manuver/ pergerakan kemudi serta mengkategorikan *driver behavior* yang dibagi menjadi tiga yaitu normal, agresif, dan mendahului.

### **Batasan Masalah**

Adapun Batasan-batasan pada implementasi ini yaitu:

1. Aplikasi hanya digunakan di kendaraan roda empat dan berjenis sedan
2. Aplikasi yang ada dalam perangkat smartphone ditempelkan pada setir kemudi kendaraan roda empat dengan posisi horizontal
3. Pengumpulan data dilakukan di komplek perumahan dengan lebar jalan 6-7 meter.

## **2. Studi Terkait**

### **2.1 Analisis Perilaku Pengemudi berdasarkan Rekam Data OBD-II menggunakan Algoritma Fuzzy**

Pada penelitian sebelumnya[10] yang dilakukan oleh Jesica Vetra Aruan pada tahun 2019, Dijelaskan bagaimana pemrosesan data kecepatan dan sudut dengan menggunakan fuzzy logic sehingga bisa mengkategorikan pengemudi kendaraan berdasarkan posisi pada jalan. Kategorinya yaitu aman, membahayakan *contraflow* dan membahayakan pedestrian

### **2.2 Sistem Kemudi**

Pada dasarnya sistem kemudi yang dimiliki kendaraan terutama mobil memiliki fungsi untuk mengatur arah laju kendaraan sesuai dengan yang diinginkan dengan cara membelokkan roda-roda depan. Karena gesekan antara ban depan dan jalan, diperlukan upaya untuk memutar setir. Untuk mengurangi upaya yang diperlukan, roda dihubungkan melalui sistem gigi. Sistem gigi ini memiliki keuntungan dimana sistem bisa melipatgandakan kekuatan namun juga meningkatkan jarak yang dilalui untuk memutar gigi agar ban bisa berbelok dengan jumlah tertentu.

### **2.3 Inertial Measurement Unit**

IMU adalah sistem tertutup yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian, lokasi, dan gerak. Biasanya menggunakan kombinasi akselerometer dan *gyroscope* untuk melacak gerakan kendaraan sikap dan lokasi. Untuk menghasilkan status kendaraan, itu dicapai dengan mengintegrasikan satu set output sensor, seperti *gyroscope* dan *accelerometer*. *gyroscope* mengukur tingkat sudut dengan referensi ke ruang inersia, dan *accelerometer* mengukur linier akselerasi sehubungan dengan rangka kendaraan. IMU memanfaatkan *accelerometer* tri-sumbu dan tiga *gyroscope* satu sumbu komponen pengukuran inersia. Akselerometranya adalah diukur untuk sumbu X-Y-Z; sedangkan *gyroscope* ditugaskan untuk sumbu X-Y-Z secara bersamaan. IMU memainkan fungsi untuk kendaraan secara real time.[1]

### **2.4 3-axis Accelerometer**

Accelerometer 3 sumbu adalah sensor yang mengembalikan perkiraan percepatan dan keluaran proyeksi vektor yang direpresentasikan koordinat sistem 3 dimensi.[2]. Accelerometer dapat mengukur percepatan dinamis serta statis. Pengukuran dinamis adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak sedangkan pengukuran statis adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi Sesuai dengan namanya, prinsip kerja accelerometer adalah prinsip percepatan.[3]

### **2.5 Gyroscope**

Gyroscope adalah alat sensor yang dipakai untuk melacak rotasi atau perputaran suatu perangkat berdasarkan gerakan. Dengan kata lain gyroscope juga disebut sebagai perangkat yang dipakai untuk mempertahankan orientasi dari sebuah sudut agar tetap stabil. Dalam penggunaannya, pertama sensor gyroscope harus menjalani kalibrasi menggunakan bandul. Hal ini untuk mendapatkan nilai factor kalibrasi. Sudut yang dihasilkan nantinya akan berupa kecepatan sudut dari 3 arah sumbu yaitu  $\phi$ ,  $\theta$ , dan  $\psi$

## 2.6 Fuzzy Logic / Logika Fuzzy

Fuzzy Logic adalah suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence*, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Konsep fuzzy logic yaitu :

1. Fuzzy logic umumnya diterapkan pada masalah masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (uncertainty), ketidaktepatan (imprecise), noisy, dan sebagainya.
2. Fuzzy logic menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (significance).
3. Fuzzy logic dikembangkan berdasarkan cara berfikir manusia

*Logika fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam 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 (Kusumadewi. 2004). [5]

*Logika Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dandalam bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti

"sedikit", "lumayan" dan "sangat" (Zadeh 1965).[5]

Pada penelitian sebelumnya[11] yang dilakukan oleh Ratna Setyaningsih, alasan penggunaan metode fuzzy mamdani untuk pendukung keputusan adalah

1. Adanya pembentukan himpunan fuzzy (fuzzy membership) untuk input dan output
2. Terbentuknya aturan, dimana inference akan diperoleh dari korelasi antar aturan
3. Adanya penegasan, dimana input dari proses defuzzifikasi dari komposisi aturan fuzzy

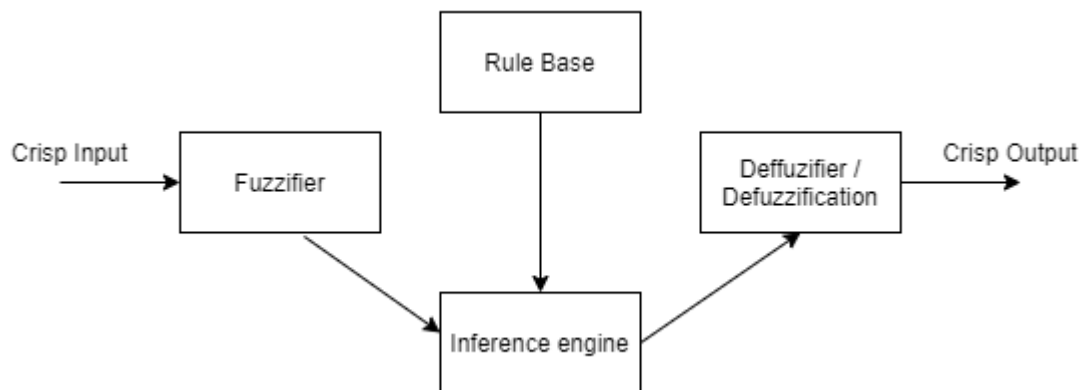


Fig.1.Fuzzy System

## 2.7 Phyphox

Phyphox adalah sebuah aplikasi yang sedang dikembangkan dalam kegunaannya sebagai alat bantu pada berbagai percobaan khususnya fisika, Aplikasi ini mempunyai berbagai sensor pada smartphone untuk dasar pengukuran berbagai eksperimen. Sensor akan ditampilkan secara grafis serta inovatif. Phyphox juga mempunyai banyak fitur sehingga ini aplikasi yang sangat membantu pada pengujian kali ini karena mempunyai sensor 3-axis accelerometer serta gyroscope.

## 2.8 Complementary Filter

Complementary filter adalah algoritma filtering yang terdiri dari 2 buah filter yaitu Low Pass Filter dan High Pass Filter yang dapat berfungsi sebagai filter nilai sensor agar memiliki nilai yang akurat dan tidak

memiliki noise. Low Pass Filter terintegrasi dengan output accelerometer sedangkan High Pass Filter digunakan untuk output gyroscope sehingga kedua data tersebut jika digabungkan akan terbentuk sudut tertentu. Untuk diagramnya sebagai berikut:

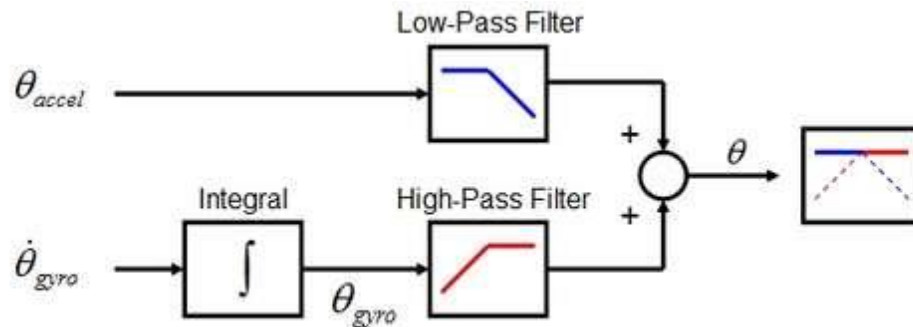


Fig.2.Complementary Filter [6]

Rumus Sederhananya sebagai berikut:

$$\text{Angle}_{(c)} = K * (\text{Angle}_{(c-1)} + \text{GyroData} * dt) + K1 * (\text{AccData})$$

Angle = Nilai Complementary

$K = 0.98$  //  $K1 = 1 - K$

GyroData = output Gyroscope

dt = delta time (waktu sampling konstan)

AccData = output Accelerometer

### 3. Sistem yang Dibangun

#### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara aktual *real-time* menggunakan 1 buah smartphone yang mempunyai aplikasi Phyphox yang ditempelkan pada tengah setir kemudi. Smartphone akan mengumpulkan data accelerometer, gyroscope serta velocity dari GPS.

#### 3.2 Alur Proses

Pada gambar 3 dijelaskan bahwa alur proses sistem dimulai dari pengambilan data menggunakan aplikasi smartphone. Aplikasi akan merekam data secara bersamaan, mengambil data kecepatan, accelerometer dan gyroscope. Setelah itu data accelerometer dan gyroscope akan diproses menggunakan complementary filter sehingga membentuk sudut manuver. Kemudian data sudut Bersama data kecepatan akan diproses dengan fuzzy logic untuk mengkategorikan tiga kategori driver behavior.

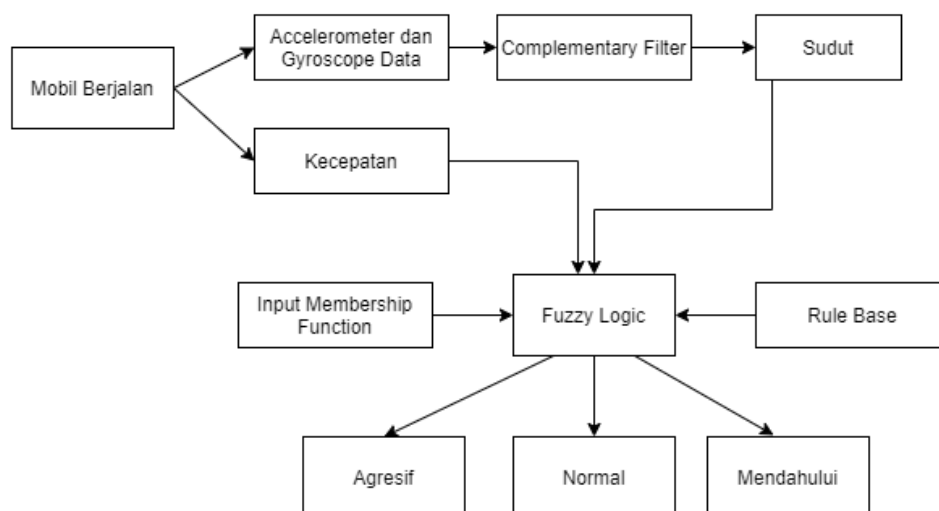


Fig 3. Flow Diagram Proses

Definisi dari tiga klasifikasi tersebut yaitu:

1. Normal: Keadaan pengemudi disaat mengemudikan kendaraan roda empat dengan kecepatan low atau dibawah kecepatan 30km/H. Pada kecepatan ini manuver terlihat tidak terlalu berpengaruh karena kecepatan kendaraan yang rendah sehingga memungkinkan untuk manuver sampai 360 derajat (balik arah)
2. Mendahului: Keadaan pengemudi disaat mengemudikan kendaraan roda empat dengan kecepatan medium-high atau diatas 20Km/H dan sedang bermanuver dan menyalip ke kanan karna dalam etika berkendara, pengemudi menyalip harus dari arah kanan
3. Agresif: Keadaan pengemudi disaat mengemudikan kendaraan roda empat dengan kecepatan medium-high atau diatas 20Km/H dan sedang bermanuver dan menyalip kekiri. Dalam etika berkendara, pengemudi tidak boleh menyalip dari arah kiri karna berbahaya bagi pengemudi depan dan belakang .

### 3.3 Pemodelan Fuzzy

Model fuzzy yang dirancang menggunakan metode mamdani yaitu dengan dua variabel input yaitu kecepatan (Km/H) dan sudut pergerakan setir mobil( $^{\circ}$ ). Variabel kecepatan mempunyai 3 input keanggotaan fuzzy yaitu *low*, *med*, dan *high*. Sedangkan variabel sudut pergerakan setir mobil mempunyai 3 input keanggotaan fuzzy yaitu *left*, *straight*, dan *right*. Output yang dihasilkan terdiri dari 3 klasifikasi perilaku pengemudi yaitu normal, agresif dan mendahului (*Overtake*)

#### 3.3.1 Fungsi keanggotaan fuzzy

Input fuzzy mempunyai dua variabel yaitu kecepatan dan sudut. Sedangkan outputnya mempunyai satu variabel perilaku pengemudi yaitu normal, agresif dan mendahului. Fungsi keanggotaan dapat dilihat dibawah ini.

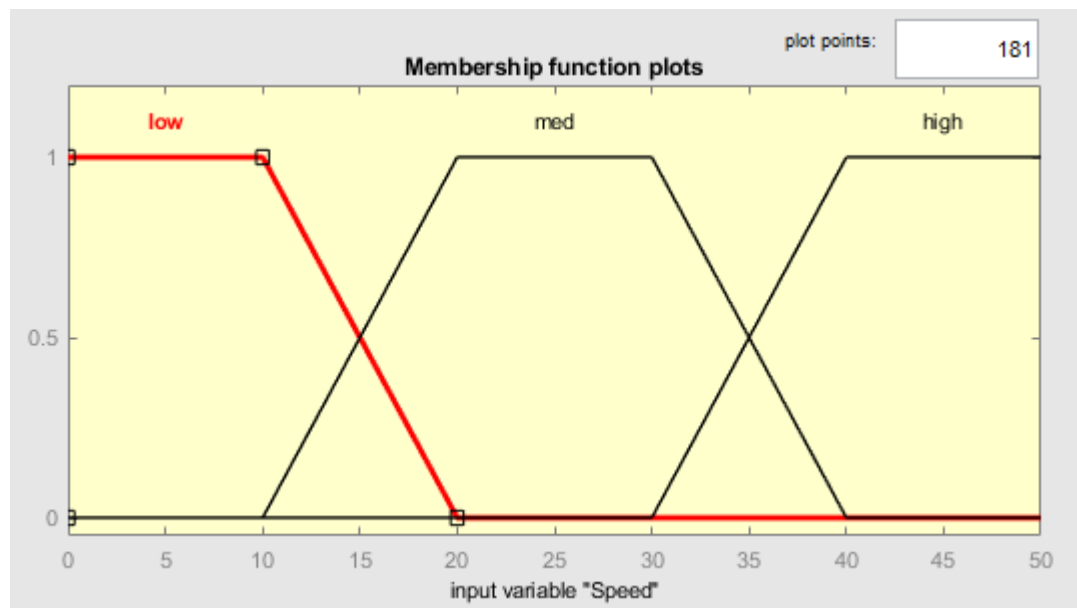


Fig 4. Fuzzy Membership Kecepatan / Velocity

Gambar 4 merupakan fungsi keanggotaan variabel velocity untuk input fuzzy. Variabel velocity memiliki tiga fungsi keanggotaan yaitu low yang digarisi line merah, med / medium yang digarisi line hijau, serta high yang digarisi garis biru. Nilai low kurang dari sama dengan 20, Nilai med berada diantara 10-40, dan nilai high lebih besar atau sama dengan 30.



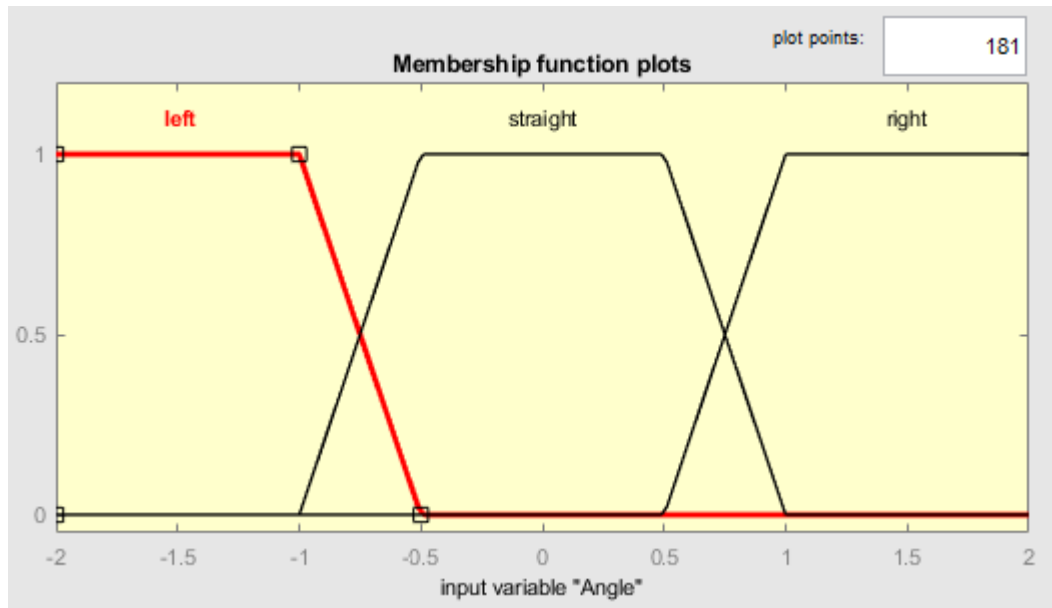


Fig 5. Fuzzy Membership Angle

Gambar 5 merupakan fungsi keanggotaan variabel angle untuk input fuzzy. Variabel angle memiliki tiga fungsi keanggotaan yaitu left yang digarisi line merah, straight yang digarisi line hijau, serta right yang digarisi garis biru. Nilai left kurang dari sama dengan  $-1$  pi radian, Nilai straight berada diantara  $-2$  dan  $2$  pi radian, dan nilai right lebih besar atau sama dengan  $1$  pi radian.  $1$  pi radian jika dikonversi kedalam derajat menjadi  $180^\circ$ .

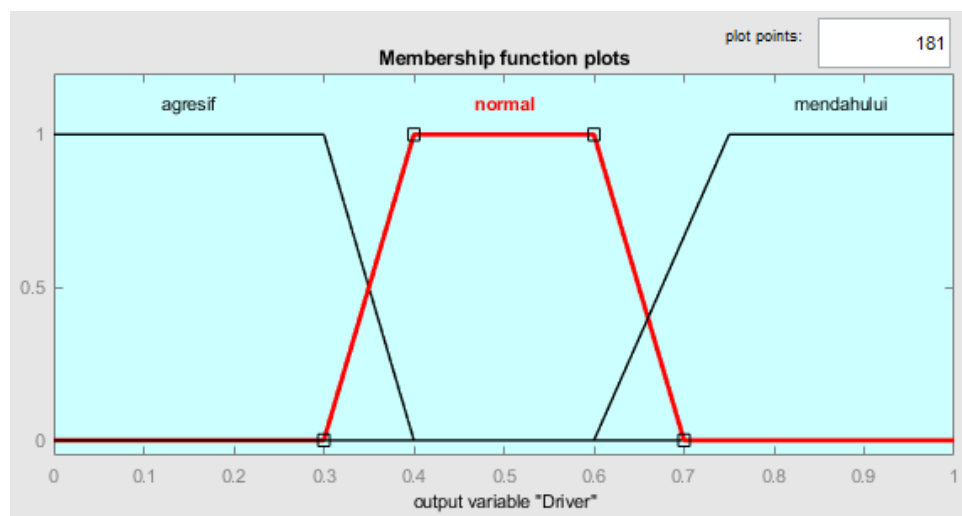


Fig 6. Fuzzy Output Membership

Gambar 6 merupakan fungsi keanggotaan perilaku pengemudi untuk output fuzzy. Variabel perilaku pengemudi memiliki tiga fungsi keanggotaan yaitu agresif normal, serta mendahului. Nilai perilaku pengemudi agresif kurang dari sama dengan  $0.4$  satuan, Nilai perilaku pengemudi berada diantara  $0.3$  sampai dengan  $0.7$  satuan, dan nilai perilaku pengemudi mendahului lebih besar atau sama dengan  $0.7$  satuan.

### 3.3.2 Fuzzy Rules

Dalam pemodelan fuzzy ini, ada beberapa aturan untuk menentukan output dari komputasi fuzzy tersebut. Aturan tersebut terdiri dari:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| a) Jika Velocity: low dan angle:left     | maka output: Driver behavior normal |
| b) Jika Velocity: low dan angle:straight | maka output: Driver behavior normal |

- |   |  |
|---|--|
| c) Jika Velocity: low dan angle:right     | maka output: Driver behavior normal    |
| d) Jika Velocity: med dan angle:left      | maka output: Driver behavior agresif   |
| e) Jika Velocity: med dan angle:straight  | maka output: Driver behavior normal    |
| f) Jika Velocity: med dan angle:right     | maka output:Driver behavior mendahului |
| g) Jika Velocity: high dan angle:left     | maka output: Driver behavior agresif   |
| h) Jika Velocity: high dan angle:straight | maka output: Driver behavior agresif   |
| i) Jika Velocity: high dan angle:right    | maka output:Driver behavior mendahului |

Angle	Left	Straight	Right
Speed			
Low	Normal	Normal	Normal
Med	Agresif	Normal	Mendahului
High	Agresif	Agresif	Menahului

### 3.3.3 Deffuzifikasi Mamdani

Deffuzifikasi merupakan suatu proses dimana input diambil dari fungsi keanggotaan fuzzy serta komposisi aturan/ rules fuzzy, sedangkan outputnya dihasilkan dari bilangan crisp dari fungsi output fuzzy berdasarkan rules fuzzy tersebut. Pada proses deffuzifikasi mamdani ini, penulis menggunakan metode *centroid* atau *Center of Gravity* dimana semua daerah dari hasil komposisi rules akan digabungkan dengan tujuan membentuk hasil optimal dan mengambil titik pusat daerah fuzzy. Metode ini menggunakan rumus sebagai berikut.[11]

$$\text{Centroid (x)} = \frac{\int_a^b x \mu_R(x) dx}{\int_a^b \mu_R(x) dx}$$

Beberapa contoh dari deffuzifikasi mamdani:

A. Misalkan pada data pertama terdapat input velocity = 10 Km/h dan angle = 0.2 pi radian maka untuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut

Velocity low	=1
Velocity med	=0
Velocity high	=0
Angle left	=0
Angle straight	=1
Angle right	=0

Selanjutnya keanggotaan ini akan diinputkan kedalam rules yang telah dibuat dan situasi yang masuk adalah situasi b (Jika Velocity: low dan angle:straight maka output: Driver behavior: Normal)

Maka rules Normal = min (1,1) = 1 lalu perhitungan rumusnya sebagai berikut

$$\text{Centroid} = \frac{0*(0+0.1+0.2+0.3)+1*(0.4+0.5+0.6)+0*(0.7+0.8+0.9)}{0+0+0+0+1+1+1+0+0+0} = \frac{1.5}{3} = 0.5$$

dari nilai crisp 0.5 diatas didapatkan hasil kategori kebiasaan pengemudi yaitu normal

B. Misalkan pada data pertama terdapat input velocity = 43 Km/h dan angle = -1 pi radian maka untuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut

Velocity low	=0
Velocity med	=0
Velocity high	=1
Angle left	=1
Angle straight	=0
Angle right	=0

Selanjutnya keanggotaan ini akan diinputkan kedalam rules yang telah dibuat dan situasi yang masuk adalah situasi g (Jika Velocity: high dan angle:left maka output: Driver behavior: agresif) Maka rules Agresif = min (1,1) = 1 lalu perhitungan rumusnya sebagai berikut

$$Centroid = \frac{1 * (0 + 0.1 + 0.2 + 0.3) + 0 * (0.4 + 0.5 + 0.6) + 0 * (0.7 + 0.8 + 0.9)}{1 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0} = \frac{0.6}{4} = 0.15$$

dari nilai crisp 0.15 diatas didapatkan hasil kategori kebiasaan pengemudi yaitu Agresif

## 4. Evaluasi

### 4.1 Skenario Perjalanan

Skenario pengujian yang dilakukan yaitu dengan merekam data perjalanan mobil menggunakan aplikasi smartphone. Data yang direkam sebanyak tiga kali perjalanan dengan waktu 500 detik menggunakan mobil Brio Matic 2019. Perjalanan pertama dilakukan dengan skenario normal dengan kecepatan dibawah 20 km/jam dan manuver dari -0.5 sampai 0.5 pi radian. Perjalanan kedua dilakukan dengan skenario mendahului dengan kecepatan diatas 20 km/jam dan manuver ke kanan dari 0.5 pi radian sampai 2 pi radian. Perjalanan ketiga dilakukan dengan skenario agresif dengan kecepatan diatas 20 km/jam dan manuver ke kiri dari -2 sampai -0.5 pi radian. Dalam tiap perjalanan tersebut pengemudi melakukan u-turn atau putar balik sebanyak 1 kali

### 4.2 Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan besar sudut manuver menggunakan complementary filter, didapatkan 3 buah sudut rotasi yaitu pitch,roll dan yaw. Data rotasi kemudi yang diambil adalah yaw karena paling berpengaruh dalam sudut setir kendaraan roda empat. Setelah itu setiap data speed dan yaw yang diambil diinputkan kedalam sistem fuzzy logic. Output yang keluar berupa nilai crisp yang akan diplot sesuai daerah outputnya.

#### 4.2.1 Hasil perjalanan 1

Untuk hasil perjalanan pertama dapat dilihat dalam hasil plot, pengemudi untuk perjalanan pertama dominan mengemudi normal sesuai dengan skenario perjalanan pertama dengan persentase 99.6 persen. Hanya ada dua data yang masuk ke kategori agresif karena kecepatan yang direkam lebih dari 20km/jam.

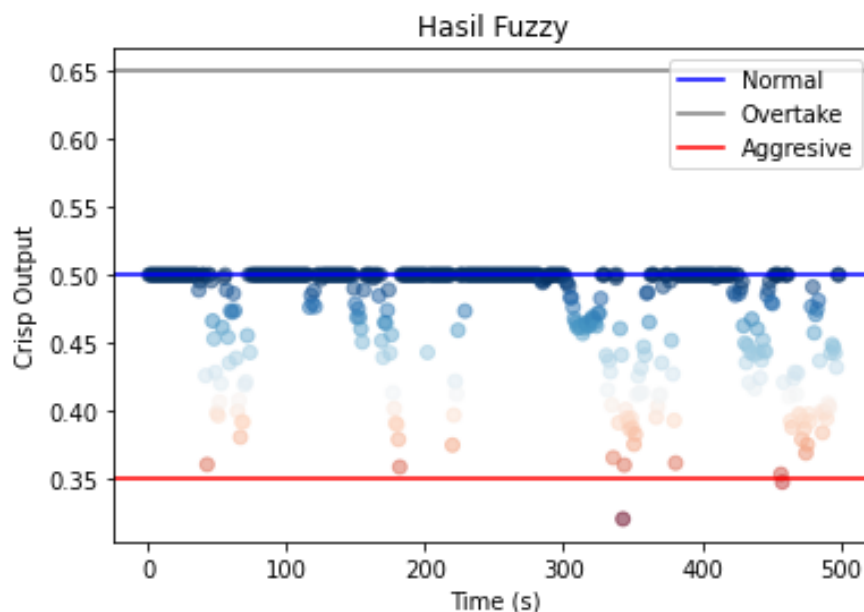


Fig 7. Crisp Output 1

#### 4.2.2 Hasil perjalanan 2

Untuk hasil perjalanan kedua dapat dilihat dalam hasil plot, pengemudi di perjalanan kedua dominan mengemudi agresif sesuai dengan skenario perjalanan kedua dengan persentase 71.8 persen. Diawal perjalanan pengemudi berjalan normal karena kecepatan awal dimulai dari 0-20km/jam. Lalu setelah satu menit pertama baru pengemudi masuk ke kecepatan 20-50km/ jam dan bermanuver ke kiri sebesar -0.5 sampai 2 pi radian.

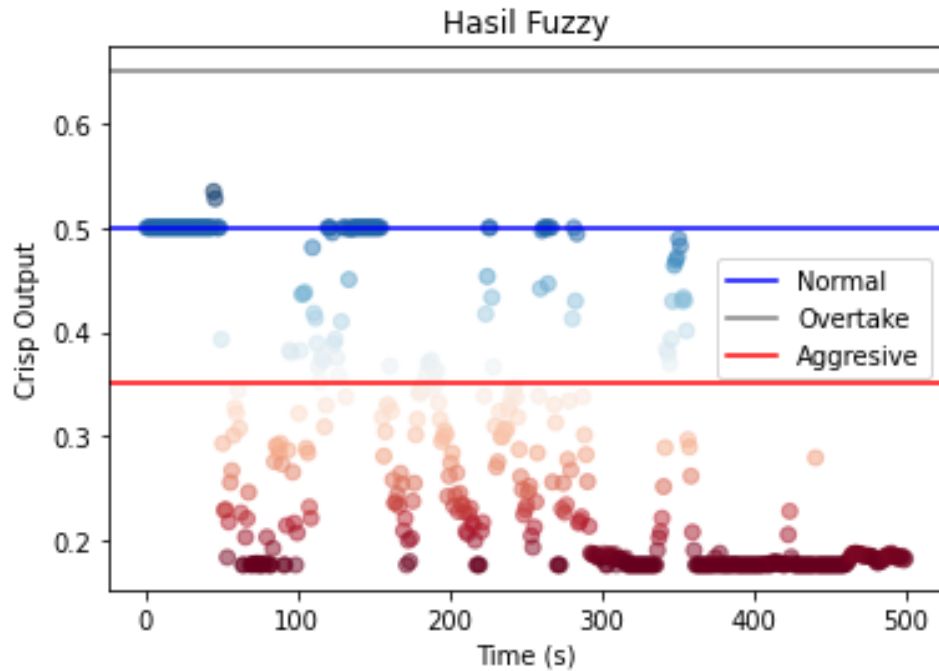


Fig 8. Crisp Output 2

#### 4.2.3 Hasil perjalanan 3

Untuk hasil perjalanan ketiga dapat dilihat dalam hasil plot, pengemudi cenderung mengemudikan mobilnya secara normal namun tidak sesuai skenario perjalanan yaitu mendahului. Diawal pengemudi sempat bermanuver ke kanan namun kecepatan yang terekam tidak menyentuh kecepatan medium atau high (20-50km/jam). Persentase yang didapat dalam perjalanan 3 yaitu 47 persen

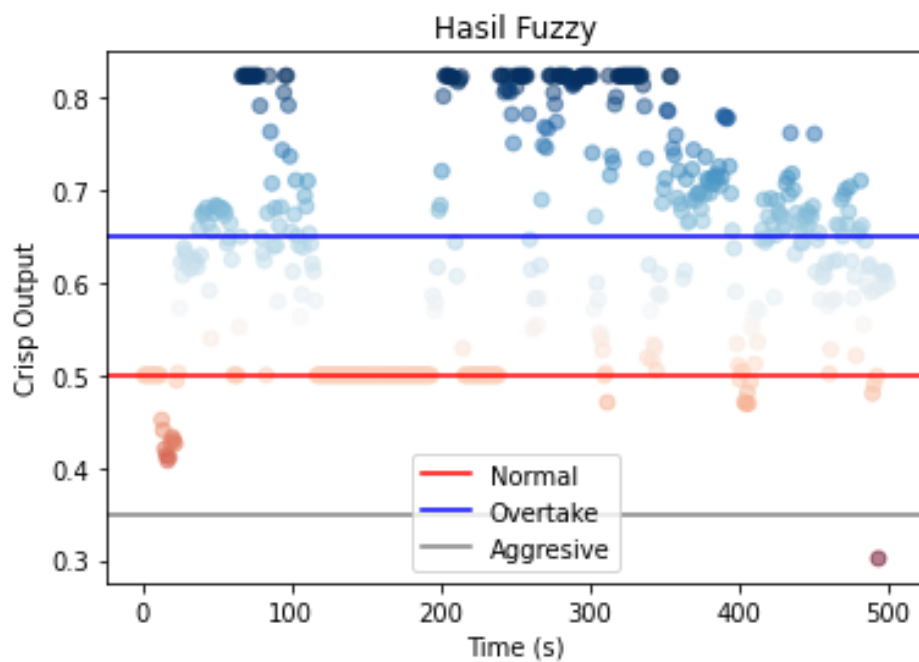


Fig 2. Crisp Output 3

#### 4.3 Analisis Hasil Pengujian

Untuk analisis driver behaviour penulis mendapatkan nilai dari perjalanan pertama sebanyak 2 data agresif dan 498 data normal sedangkan perjalanan kedua sebanyak 359 data agresif, 141 data normal. Untuk perjalanan ketiga penulis mendapatkan 237 data mendahului, 1 data agresif dan 262 data normal.

Secara persentase, dari perjalanan pertama, pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya secara normal sesuai dengan skenario perjalanan. Lalu untuk perjalanan kedua, pengemudi mengemudikannya secara agresif dengan kecepatan diatas 20km/jam dan manuver ke kiri. Sedangkan untuk perjalanan ketiga tidak sesuai skenario perjalanan. Pengemudi yang harusnya mengemudikannya bermanuver ke kanan namun sudut yang dicapai tidak masuk batas kanan dari fuzzy membership dari mendahului. Walaupun begitu, untuk persentase perjalanan tiga dari skenario yang dibuat mencapai 47 persen.

### 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari klasifikasi driver behaviour ini yaitu model Fuzzy mamdani bisa digunakan untuk mengklasifikasikan perilaku pengemudi berdasarkan data kecepatan dari gps serta sudut yang diproses dari accelerometer dan gyroscope pada phyphox. Namun untuk penggunaan Phyphox dalam uji coba manuver kendaraan roda empat sedikit tidak akurat karena kurangnya keakuratan dan *sampling rate* gps untuk pengumpulan data kecepatan.

#### Daftar Pustaka

- [1] C. W. Hsu, M. K. Ko, C. H. Chen, L. Y. Ke and C. F. Hung. (2011). An Inertial/Vehicular-Based Driver Situation Monitoring System in Vehicle Driving Assistance
- [2] Ravi, Nishkam & Dandekar, Nikhil & Mysore, Preetham & Littman, Michael. (2005). Activity Recognition from Accelerometer Data.. AAAI. 3. 1541-1546. Systemics. Cybernetics and Informatics.1:2 64-69
- [3] Baktikominfo 2019. Pengertian, Fungsi dan kelebihan accelerometer yang tak banyak orang ketahui. [Online] Available at: [https://www.baktikominfo.id/en/informasi/pengetahuan/pengertian\\_fungsi\\_dan\\_kelebihan\\_accelerometer\\_yang\\_tak\\_banyak\\_orang\\_ketahui-785](https://www.baktikominfo.id/en/informasi/pengetahuan/pengertian_fungsi_dan_kelebihan_accelerometer_yang_tak_banyak_orang_ketahui-785) [Accessed 10 January 2021].
- [4] Baktikominfo 2019. Informasi tentang teknologi gyroscope, fungsi dan cara kerjanya yang wajib dibaca [Online] Available at: [https://www.baktikominfo.id/en/informasi/pengetahuan/informasi\\_tentang\\_teknologi\\_gyroscope\\_fungsi\\_dan\\_cara\\_kerjanya\\_yang\\_wajib\\_dibaca-780](https://www.baktikominfo.id/en/informasi/pengetahuan/informasi_tentang_teknologi_gyroscope_fungsi_dan_cara_kerjanya_yang_wajib_dibaca-780) [Accessed 10 January 2021].
- [5] Nasution, Helfi (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. Jurnal ELKHA Vol.4, No 2
- [6] StackExchange 2017. How to determine the parameter of a complementary filter [Online] Available at: <https://robotics.stackexchange.com/questions/1717/how-to-determine-the-parameter-of-a-complementary-filter> [Accessed 20 Januari 2021]
- [7] Lörincz, A & Rîsteiu, Marius-Nicolae & Ionica, Andreea & Leba, Monica. (2018). Driver monitoring system for automotive safety. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 294. 012046. 10.1088/1757-899X/294/1/012046.
- [8] Phondeenana, Peerapat & Noomwongs, Nuksit & Chantranuwathana, Sunhapos & Thitipatanapong, Raksit. (2013). Driving Maneuver Detection System based on GPS Data. 10.13140/2.1.1734.3685.
- [9] Ld, Nhac & Nguyen, Nhan & Nguyen, Thi-Hau & Nguyen, Ha-Nam. (2018). Vehicle Mode and Driving Activity Detection Based on Analyzing Sensor Data of Smartphones. Sensors. 18. 1036. 10.3390/s18041036.
- [10] Aruan, Jesica Vetra "Analisis Perilaku Pengemudi Berdasarkan Rekam Data OBD-II menggunakan Algoritma Fuzzy". 2019.
- [11] Setyaningsih, Ratna "Penggunaan Metode Fuzzy Mamdani untuk Rancang Bangun Sistem Pemilihan Program Studi Pada Kampus AMIK-BSI Jakarta".2017.