

LAPORAN PENELITIAN MANDIRI



JUDUL :

**RANCANG BANGUN
ONBOARD-MONITORING SYSTEM TEKANAN BAN MOBIL
(BAGIAN PENERAPAN METODA *FUZZY*)**

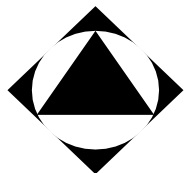
KETUA TIM PENYUSUN :

MILDA GUSTIANA HUSADA 0425086502

ANGGOTA :

**ASEP NANA HERMANA 0422116603
REVINDA IMAWAN PUTRA**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
2025**



**SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENELITIAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
No. 552/F.010/LPPM/ITENAS/VIII/2025**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. Eng. Didin Agustian Permadi
Jabatan : Kepala
Unit Kerja : LPPM-Itenas
JL. P.K.H. Mustafa No.23 Bandung

Menerangkan bahwa,

| No. | Nama | NPP | Jabatan |
|-----|------------------------------|-----------|---------|
| 1 | Milda Gustiana Husada, M.Eng | 120070802 | Dosen |
| 2 | Asep Nana Hermana, M.T. | 120071202 | Dosen |

Telah melakukan kegiatan Penelitian sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Rancang Bangun Onboard-Monitoring System Tekanan Ban Mobil
(Bagian Penerapan Metoda Fuzzy)
Waktu : 1-20 Agustus 2025
Sumber Dana : Mandiri

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 21 Agustus 2025

Lembaga Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat (LPPM) Itenas
Kepala,

Dr. Eng. Didin Agustian Permadi
NPP: 120180701

Halaman Pengesahan

Judul Penelitian : RANCANG BANGUN ONBOARD-MONITORING SYSTEM
TEKANAN BAN MOBIL (BAGIAN PENERAPAN METODA
FUZZY)

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : Informatika

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : MILDA GUSTIANA HUSADA,M.ENG

b. NIDN : 0425086502

c. Jabatan Fungsional : Lektor / Ilıc

d. Program Studi : Informatika

e. Nomor HP : 081-321-16-14-19

f. Alamat surel (e-mail) : mghusada@itenas.ac.id

Anggota-1

a. Nama lengkap : Asep Nana Hermana, M.T.

b. NIDN : 0422116603

c. Program Studi : Informatika

Anggota-2

Nama lengkap : Revinda Imawan Putra S.Kom

Ketua tim pengusul,
Bandung 18 Agustus 2025



(Milda Gustiana Husada, M.Eng)
NIDN : 0425086502

DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| DAFTAR ISI | i |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Ulas balik kajian sebelumnya | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah dan ruang lingkup | 2 |
| 1.3 Sistematika penulisan | 2 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1 Sistem <i>fuzzy logic</i> | 4 |
| 2.2 Contoh proses pembentukan <i>fuzzy logic</i> | 5 |
| BAB III METODOLOGI PENGKAJIAN | 8 |
| 3.1 Langkah kajian | 8 |
| 3.2 Analisis | 8 |
| 3.3 Desain | 11 |
| 3.4 Implementasi | 17 |
| BAB IV PENUTUP | 22 |
| 4.1 Kesimpulan | 22 |
| DAFTAR PUSTAKA | 23 |

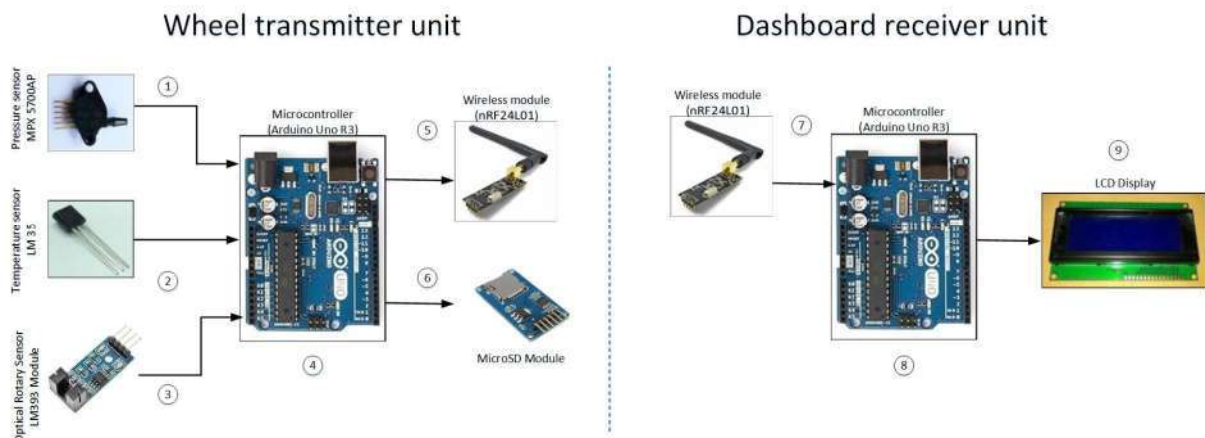
BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai ulas balik kajian sebelumnya, rumusan masalah, tujuan, serta ruang lingkup dari kajian ini.

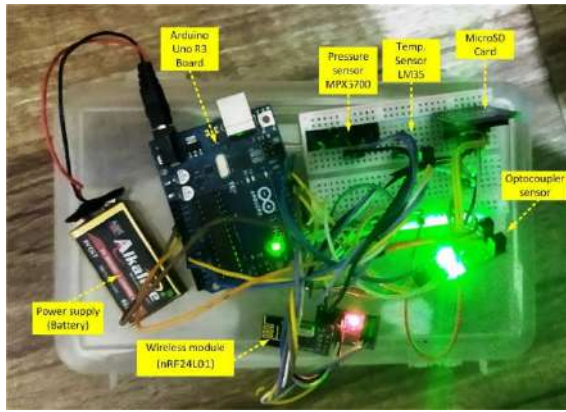
1.1 Ulas balik kajian sebelumnya

Telah disampaikan pada proposal bahwa usulan kegiatan yang dilakukan adalah kelanjutan dari hasil penelitian sebelumnya yang disampaikan pada Laporan Penelitian Mandiri berjudul RANCANG BANGUN ONBOARD-MONITORING SYSTEM TEKANAN BAN MOBIL (BAGIAN PERANCANGAN PERANGKAT KERAS) (Husada, Hermana, & Putra, 2025). Sebagai gambaran hasil kegiatan sebelumnya tersebut, Gambar 1.1 memperlihatkan sistem yang telah dirancang-bangun. Adapun perangkat-perangkat yang telah digunakan terlihat pada gambar tersebut pada a) *wheel transmitter unit* adalah sensor tekanan udara (MPX5700AP), sensor suhu (LM35), sensor *rotary encoder*, *transceiver unit* (nRF24L01), dan pemroses (Arduino Uno), sedangkan pada b) *dashboard receiver unit* adalah *transceiver unit* (nRF24L01), pemroses (Arduino Uno), dan perangkat tampilan (I2C/TWI LCD2004 module).

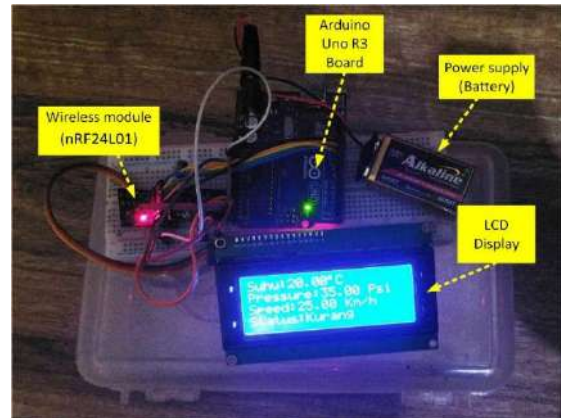


Gambar 1.1 *Onboard Monitoring System* tekanan ban
Sumber : (Husada, Hermana, & Putra, 2025)

Implementasi perangkat keras yang telah dibentuk pada kegiatan sebelumnya adalah seperti pada Gambar 1.2 yaitu rangkaian a) subsistem *wheel transmitter unit* dan , b) subsistem *dashboard receiver unit*. Uji fungsi yang telah dilakukan adalah pengujian sensor tekanan (MPX5700AP), sensor suhu (LM35), *rotary encoder* (Modul LM393), pengujian MicroSD, NRF24L01 sebagai *transmitter* dan *receiver*, pengujian peraga LCD (I2C/TWI LCD2004 module).



a. Subsystem *wheel transmitter unit*



b. Subsystem *dashboard receiver unit*

Gambar 2.1 Implementasi rangkaian sistem pemantauan
Sumber : (Husada, Hermana, & Putra, 2025)

1.2 Rumusan masalah dan ruang lingkup

Adapun rumusan masalah dalam laporan kajian ini adalah bagaimana menerapkan konsep *fuzzy logic* pada *on-board monitoring system* ini untuk memberikan informasi kualitatif kondisi tekanan ban.

Adapun ruang lingkup dalam kajian ini secara umum meliputi:

- Sistem terdiri atas dua (2) subsystem yaitu subsystem pengirim dan subsystem penerima yang masing-masing dikendalikan oleh mikrokontroler dan didukung perangkat pengiriman data/penerimaan data bersifat *wireless*.
- Sistem pengirim membaca data ukur yaitu suhu, tekanan angin ban dan kecepatan kendaraan, sehingga menggunakan sensor-sensor yang sesuai fungsinya
- Sistem penerima menerapkan metoda *fuzzy logic* untuk memproses data kiriman subsystem pengirim (suhu, tekanan angin ban dan kecepatan kendaraan) menjadi informasi kualitatif kondisi ban melalui layar peraga.
- Metoda *fuzzy logic* yang digunakan adalah metoda Mamdani dengan basis pengetahuan yang digunakan adalah metoda Min, untuk logika pengambilan keputusannya adalah metoda Max, dan pada defuzzifikasi digunakan metoda *Centroid* (*Center of area* atau *Center of gravity*)

1.3 Sistematika penulisan

Laporan penelitian ini terdiri atas sejumlah bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang ulas balik kajian sebelumnya, rumusan masalah, tujuan, serta ruang lingkup.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori dasar atau tinjauan pustaka dari kajian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENGKAJIAN

Bab ini menjelaskan tentang analisis yang membahas penentuan parameter ukur dan pendefinisian himpunan *fuzzy logic*. Kemudian dilanjutkan dengan pembahasan desain yang meliputi pembentukan knowledge-base dan *decision making*. Proses diakhiri dengan instalasi dan pengujian perangkat pengirim dan penerima pada kendaraan roda-4.

BAB IV PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari kegiatan yang dilakukan.

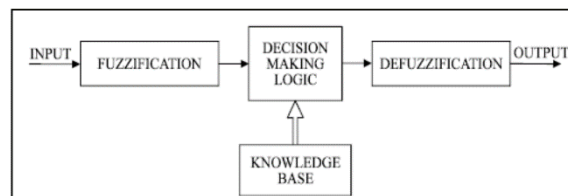
BAB II

LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori dasar mengenai sistem *fuzzy logic* yang digunakan. Pembahasan mengenai bagian-bagian utama sistem *fuzzy logic* dan ketentuan yang digunakan.

2.1 Sistem *fuzzy logic*

Secara umum, proses penerapan *fuzzy logic* terdiri atas tiga tahap yaitu a) proses fuzzifikasi yaitu proses menguraikan masukan dan/atau keluaran sistem ke dalam satu atau lebih himpunan *fuzzy*, b) proses mesin inferensi (reasoning) yaitu penerapan aturan-aturan (rule) *fuzzy* yang berlaku dalam pengendalian, dan c) proses defuzzifikasi, yaitu proses perolehan nilai langsung (crisp) dari wilayah *fuzzy*. Keseluruhan proses pengendalian berbasis *fuzzy* diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem *Fuzzy logic*
(Sumber : (Azeem, 2012))

Secara umum proses pengendalian *fuzzy* yaitu a) mengidentifikasi masukan berkenaan dengan nama dan nilai cakupannya, b) mengidentifikasi keluaran berkenaan dengan nama dan nilai cakupannya, c) membuat fungsi keanggotaan derajat *fuzzy* untuk masukan dan keluaran, d) menyusun aturan (rule base) yang akan dioperasikan, e) memutuskan tindakan yang akan dijalankan dengan menetapkan kekuatan setiap aturan, dan f) menggabungkan aturan dan memproses defuzzifikasi keluaran.

Metoda inference (rule) *fuzzy* yang digunakan pada kajian ini adalah metode Mamdani yang mendefinisikan keluaran bersifat linguistik. Untuk metode Mamdani pembuatan aturan terdiri dari tiga jenis teknik yaitu metode *Min-Max* atau *Max-Min*, *Additive* dan *Probabilistic OR*. Pada kajian ini diterapkan metoda *Min* yang menggunakan logika *AND* dan digunakan untuk membuat basis data pengetahuan, sedangkan metoda *Max* digunakan pada saat komposisi aturan.

A. *Fuzzification*

Proses fuzzifikasi adalah langkah awal dari perhitungan *fuzzy logic* yang mengubah masukan dari nilai pasti (crisp) menjadi nilai-nilai yang berbentuk satu atau lebih himpunan keanggotaan *fuzzy* dari tingkat kebenaran yang sesuai. Persamaan (2.1) adalah untuk menyatakan hasil fuzzifikasi.

$$\mu A[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \text{ or } x > d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.1)$$

Dalam persamaan (2.1) dinyatakan $\mu A[i]$ adalah fungsi fuzzifikasi, x adalah nilai masukan dari parameter, a adalah batas minimum dari himpunan fuzzy ke-2, b adalah batas maksimum dari himpunan fuzzy ke-1, c adalah batas minimum dari himpunan fuzzy ke-3, dan, d adalah batas maksimum dari himpunan fuzzy ke-2.

B. *Decision making dan knowledge-based*

Proses *decision making* dan *knowledge-based* ini dikenal sebagai mesin inferensi. Bagian *decision making* bertugas untuk menentukan cara operasi *fuzzy logic* dan menggunakan *knowledge-base* dalam mengambil keputusan berdasarkan aturan (*rule*) IF – THEN yang secara umum dituliskan seperti pada persamaan (2.2)

$$IF \text{ antecedent } THEN \text{ consequent} \quad (2.2)$$

dimana *antecedent* adalah pernyataan yang terkandung dalam klausa “IF” dari proposisi bersyarat, dan *consequent* adalah pernyataan yang mengandung makna akibat dari sesuatu yang telah terjadi.

C. *Defuzzification*

Defuzzifikasi adalah proses mengubah keluaran *fuzzy* berdasarkan fungsi keanggotaan yang tertentu menjadi nilai pasti (*crisp*). Dalam proses defuzzifikasi ini metoda yang digunakan adalah metoda *centroid* (*center of area*, COA, atau, *center of gravity*, COG) untuk memperoleh nilai pasti yang menggunakan persamaan (2.3).

$$Z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.3)$$

Keterangan :

1. z : Nilai defuzzifikasi
2. $\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu(z_j)$: Jumlah pengalian tiap rules dengan pengali defuzzifikasi
3. $\sum_{j=1}^n \mu(z_j)$: Penjumlahan rules

2.2 Contoh proses pembentukan *fuzzy logic*

Pada subbab ini dibahas contoh proses pembentukan *fuzzy logic*. Seperti yang dibahas pada subbab 2.1, langkah yang dilakukan adalah a) proses fuzzification, b) proses *decision making* dan *knowledge-base*, dan c) proses *defuzzification*.

A. Proses fuzzification

Proses *fuzzifikasi* dipergunakan untuk mengubah data masukan ke bentuk derajat keanggotaan. Langkah-langkah yang dilakukan adalah a) membentuk himpunan *fuzzy* suatu variabel, kemudian

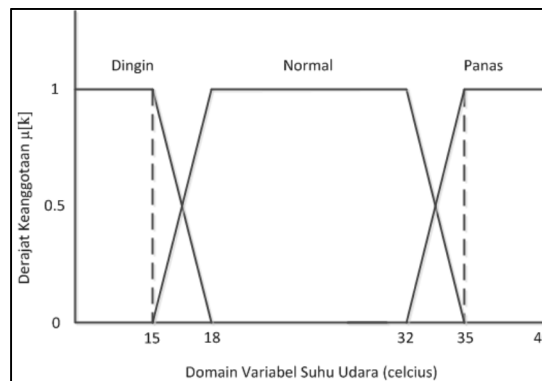
b) merepresentasi himpunan tersebut dalam bentuk grafik variabel. Setelah grafik variabel tersebut digambar, maka c) membuat persamaan untuk kondisi *fuzzy* tersebut

Himpunan *fuzzy* yang digunakan sebagai contoh adalah variabel suhu yang akan digunakan dalam proses pemantauan. Pada Tabel 2.1 memperlihatkan himpunan nilai variabel suhu yang akan digunakan. Himpunan *fuzzy* variabel suhu

Tabel 2.1. Himpunan variabel nilai suhu

| Variabel | Himpunan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|----------|-----------------------|-------------------------------------|
| Suhu | Dingin | $y \leq 15^{\circ}\text{C}$ |
| | Normal | $15 \leq y \leq 35^{\circ}\text{C}$ |
| | Panas | $y \geq 32^{\circ}\text{C}$ |

Dari tabel tersebut, direpresentasi katagori himpunan *fuzzy* dan nilai suhu dalam bentuk grafis. Tujuan dibentuk dalam grafis adalah untuk lebih memudahkan dalam memahami kondisi variabel. Gambar 2.1 memperlihatkan grafik variabel suhu ($^{\circ}\text{C}$).



Gambar 2.1 Contoh kurva *fuzzy* variabel suhu

Berikut adalah langkah membuat persamaan untuk kondisi *fuzzy* tersebut,

$$\mu_{dingin}(y) = \begin{cases} 1; & y \leq 15 \\ \frac{15-y}{18-15}; & 15 < y < 18 \\ 0; & y \geq 18 \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\mu_{normal}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 15 \text{ atau } y \geq 35 \\ \frac{y-15}{18-15}; & 15 < y < 18 \\ 1; & 18 \leq y \leq 32 \\ \frac{35-y}{35-32}; & 32 < y < 35 \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\mu_{panas}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 32 \\ \frac{y-32}{35-32}; & 32 < y < 35 \\ 1; & y \geq 35 \end{cases} \quad (2.6)$$

B. Proses *knowledge-based* dan *decision making*

Basis pengetahuan dipergunakan untuk menghubungkan himpunan masukan dengan himpunan keluaran. Langkah yang dilakukan adalah membuat aturan *fuzzy* dan kemudian logika pengambilan keputusan. Pada Tabel diperlihatkan contoh aturan (*rule*) *fuzzy*.

Tabel 2.2. Contoh aturan (*rule*) *fuzzy*

| No | Rule | IF | | Then |
|----|------|---------------|--------|---------|
| | | Tekanan Udara | Suhu | Kondisi |
| 1 | [R1] | Kurang | Dingin | Rendah |
| 2 | [R2] | Kurang | Normal | Rendah |
| 3 | [R3] | Kurang | Panas | Rendah |
| 4 | [R4] | Standar | Dingin | Baik |
| 5 | [R5] | Standar | Normal | Baik |
| 6 | [R6] | Standar | Panas | Baik |
| 7 | [R7] | Lebih | Dingin | Tinggi |
| 8 | [R8] | Lebih | Normal | Tinggi |
| 9 | [R9] | Lebih | Panas | Tinggi |

C. Proses *defuzzification*

Proses *defuzzification* adalah proses terakhir dalam sistem *fuzzy logic*. Tujuan mengkonversi setiap hasil dari inference engine dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke suatu bilangan real. Satu teknik yang dapat digunakan adalah teknik *centroid* yang dinyatakan pada persamaan (2.3).

Pada bab selanjutnya dalam pembahasan metodologi disampaikan proses penerapan *fuzzy logic* secara lebih rinci.

BAB III

METODOLOGI PENGKAJIAN

Bab ini menjelaskan tentang teori dasar mengenai sistem *fuzzy logic* yang digunakan. Pembahasan mengenai bagian-bagian utama sistem *fuzzy logic* dan ketentuan yang digunakan.

3.1 Langkah kajian

Kajian ini merupakan lanjutan kajian sebelumnya yaitu RANCANG BANGUN ONBOARD-MONITORING SYSTEM TEKANAN BAN MOBIL (BAGIAN PERANCANGAN PERANGKAT KERAS) dimana metodologi yang dilakukan mengikuti urutan proses dimulai dari a) Analisis (*Analysis*) yaitu untuk menganalisis kebutuhan sistem, b) Desain (*Design*) yaitu proses perancangan yang terkait algoritma program, antar muka, dan sebagainya, c) Implementasi dan uji fungsi yaitu mengimplementasikan menjadi perangkat keras yang dibentuk sesuai rancangan dan melakukan uji fungsi untuk memastikan seluruh komponen terhubung dengan benar dan mendapat maupun mengeluarkan data yang sesuai.

Metodologi yang digunakan pada kajian saat ini adalah setara seperti pada perangkat keras yang telah dibentuk, namun lebih ditujukan pada penerapaaan konsep *fuzzy logic*. Pada tahap **analisis** dilakukan proses pendefinisian variabel-variabel yang digunakan dengan nilai yang bersifat *fuzzy*. Tahap **desain** yaitu melakukan pendefinisian untuk proses fuzzification, knowledge-based dan *decision making*, dan *defuzzification*. Tahap **implementasi dan uji fungsi** yaitu menyusun program yang diterapkan pada perangkat keras *onboard monitoring system*.

3.2 Analisis

On-board monitoring system tekanan ban ini menggunakan tiga parameter pengukuran beserta satuannya yaitu tekanan ban (*psi*), suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan laju kendaraan (km/jam). Pembahasan pada bagian analisis meliputi himpunan *fuzzy* dari ketiga parameter tersebut.

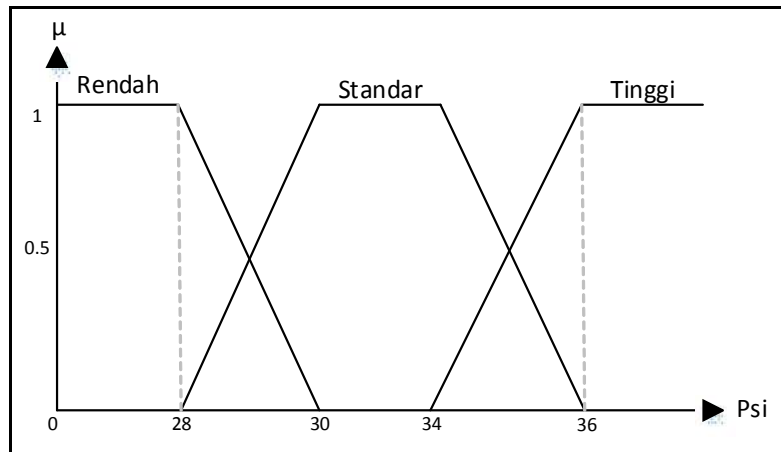
A. Himpunan *fuzzy* tekanan udara

Berdasarkan (Setiawan, A. R. & Midyanti, D. M., 2018) kondisi tekanan udara ban diklasifikasi menjadi tiga kelompok yaitu tekanan standar, rendah dan tinggi dengan nilai tekanan diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Himpunan *fuzzy* tekanan udara

| Variabel | Himpunan Fuzzy | Nilai (Psi) |
|---------------|----------------|----------------------|
| Tekanan Udara | Rendah | $28 \leq x \leq 36$ |
| | Standar | $x < 30$ |
| | Tinggi | $x > 34 \text{ Psi}$ |

Grafik dari himpunan keanggotaan parameter tekanan udara, diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik keanggotaan tekanan udara

Dalam bentuk persamaan, himpunan keanggotaan tekanan udara rendah, standar dan tinggi berturut-turut dinyatakan oleh persamaan (1), (2) dan (3).

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 28 \\ \frac{30-x}{30-28}; & 28 < x < 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{standar}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 28 \text{ atau } x \geq 36 \\ \frac{x-28}{30-28}; & 28 < x < 30 \\ 1; & 30 \leq x \leq 34 \\ \frac{36-x}{36-34}; & 34 < x < 36 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 34 \\ \frac{x-34}{36-34}; & 34 < x < 36 \\ 1; & x \geq 36 \end{cases} \quad (6)$$

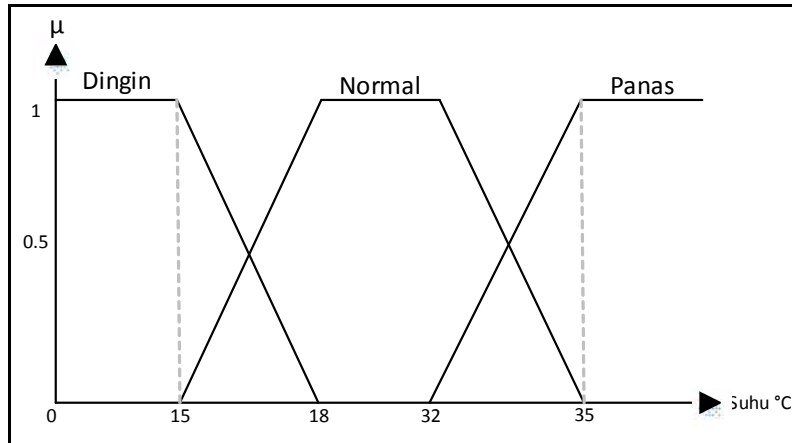
B. Himpunan *fuzzy* suhu

Juga berdasarkan (Setiawan, A. R. & Midyanti, D. M., 2018) kondisi suhu diklasifikasi menjadi tiga kelompok yaitu suhu dingin, normal dan panas dengan nilai suhu diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Himpunan *fuzzy* suhu

| Variabel | Himpunan Fuzzy | Nilai (°C) |
|----------|----------------|---------------------|
| Suhu | Dingin | $y \leq 15$ |
| | Normal | $15 \leq y \leq 35$ |
| | Panas | $y \geq 32$ |

Grafik dari himpunan keanggotaan parameter suhu , digambarkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Grafik keanggotaan parameter suhu

Dalam bentuk persamaan, himpunan keanggotaan suhu dingin, normal dan panas berturut-turut dinyatakan oleh persamaan (5), (6) dan (7).

$$\mu_{dingin}(y) = \begin{cases} 1; & y \leq 15 \\ \frac{15-y}{18-15}; & 15 < y < 18 \\ 0; & y \geq 18 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{normal}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 15 \text{ atau } y \geq 35 \\ \frac{y-15}{18-15}; & 15 < y < 18 \\ 1; & 18 \leq y \leq 32 \\ \frac{35-y}{35-32}; & 32 < y < 35 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{panas}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 32 \\ \frac{y-32}{35-32}; & 32 < y < 35 \\ 1; & y \geq 35 \end{cases} \quad (9)$$

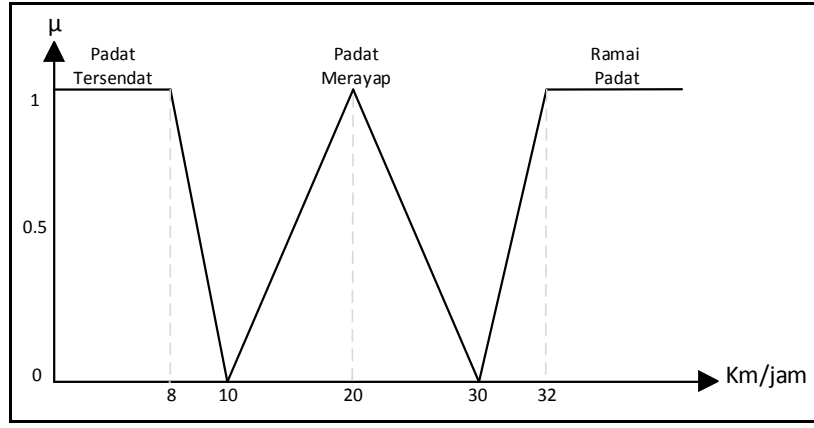
C. Himpunan fuzzy laju kendaraan

Berdasarkan (Abdullah, 2016) kondisi laju kendaraan diklasifikasi menjadi tiga kelompok yaitu laju padat tersendar, padat merayap dan ramai padat dengan nilai tekanan diperlihatkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Himpunan fuzzy laju kendaraan

| Variabel | Himpunan Fuzzy | Nilai (km/jam) |
|-----------|-----------------|---------------------|
| Kecepatan | Padat Tersendar | $z \leq 10$ |
| | Padat Merayap | $10 \leq z \leq 30$ |
| | Ramai Padat | $z \geq 30$ |

Grafik dari himpunan keanggotaan parameter laju kendaraan, digambarkan pada Gambar .



Gambar 3.3. Grafik keanggotaan parameter kecepatan

Dalam bentuk persamaan, himpunan keanggotaan suhu dingin, normal dan panas berturut-turut dinyatakan oleh persamaan (8), (9) dan (10).

$$\mu_{PadatTersendat}(z) = \begin{cases} 1; & z \leq 8 \\ \frac{10-z}{10-8}; & 8 < z \leq 10 \\ 0; & z > 10 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{PadatMerayap}(z) = \begin{cases} 0; & z \leq 10 \text{ atau } z > 30 \\ \frac{z-10}{20-10}; & 10 < z \leq 20 \\ \frac{30-z}{30-20}; & 20 < z \leq 30 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{RamaiPadat}(z) = \begin{cases} 0; & z < 30 \\ \frac{z-30}{32-30}; & 30 < z < 32 \\ 1; & z \geq 32 \end{cases} \quad (12)$$

3.3 Desain

Pada langkah desain yang dilakukan adalah melakukan proses pembentukan knowledge-based, *decision making*, dan *defuzzification*

A. Knowledge-based

Kegiatan pada proses knowledge-base adalah memperoleh aturan (rule) untuk pengambilan keputusan (*decision making*). Keseluruhan jumlah aturan adalah kombinasi dari masing-masing klasifikasi jumlah himpunan *fuzzy* yaitu dengan menggunakan persamaan .

$$Total \text{ aturan (rules) } = himp. \text{ fuzzy}_1 \times himp. \text{ fuzzy}_2 \times \dots \times himp. \text{ fuzzy}_n \quad (13)$$

Pada kasus ini terdapat tiga himpunan yang masing-masing memiliki klasifikasi himpunan sebagai berikut :

- 3 klasifikasi himpunan *fuzzy* tekanan udara : rendah, standar, tinggi
- 3 klasifikasi himpunan *fuzzy* suhu : dingin, normal, panas
- 3 klasifikasi himpunan kecepatan : padat merayap, padat tersendat, ramai padat

Sehingga dengan pmenggunakan persamaan () total seluruh *rules* adalah

$$Total\ aturan\ (rules) = 3 \times 3 \times 3 = 27$$

Seluruh rules diperlihatkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 *Fuzzy Rules*

| <i>Rules</i> | <i>IF</i> | | | <i>Then</i> |
|--------------|---------------|--------|-----------------|--------------------------|
| | Tekanan Udara | Suhu | Kecepatan | Kondisi |
| [R1] | Standar | Normal | Padat Merayap | Baik |
| [R2] | Standar | Normal | Padat Tersendat | Baik |
| [R3] | Standar | Normal | Ramai Padat | Baik |
| [R4] | Standar | Dingin | Padat Merayap | Baik |
| [R5] | Standar | Dingin | Padat Tersendat | Baik |
| [R6] | Standar | Dingin | Ramai Padat | Baik |
| [R7] | Standar | Panas | Padat Merayap | Baik |
| [R8] | Standar | Panas | Padat Tersendat | Baik |
| [R9] | Standar | Panas | Ramai Padat | Baik |
| [R10] | Rendah | Normal | Padat Merayap | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R11] | Rendah | Normal | Padat Tersendat | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R12] | Rendah | Normal | Ramai Padat | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R13] | Rendah | Dingin | Padat Merayap | Baik |
| [R14] | Rendah | Dingin | Padat Tersendat | Baik |
| [R15] | Rendah | Dingin | Ramai Padat | Baik |
| [R16] | Rendah | Panas | Padat Merayap | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R17] | Rendah | Panas | Padat Tersendat | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R18] | Rendah | Panas | Ramai Padat | Kekurangan Tekanan Udara |
| [R19] | Tinggi | Normal | Padat Merayap | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R20] | Tinggi | Normal | Padat Tersendat | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R21] | Tinggi | Normal | Ramai Padat | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R22] | Tinggi | Dingin | Padat Merayap | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R23] | Tinggi | Dingin | Padat Tersendat | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R24] | Tinggi | Dingin | Ramai Padat | Kelebihan Tekanan Udara |
| [R25] | Tinggi | Panas | Padat Merayap | Baik |
| [R26] | Tinggi | Panas | Padat Tersendat | Baik |
| [R27] | Tinggi | Panas | Ramai Padat | Baik |

B. *Decision making*

Dari Tabel 7 (*rules*) dapat diperoleh kondiso *decision making*. Sebagai contoh adalah penggunaan rule nomor 1 [R1] dan nomor 19 [R19].

- [R1] *IF* (Tekanan Udara = Standar) *AND* (Suhu = Normal) *AND* (Kecepatan = Padat Merayap) *THEN* (Kondisi ban baik).
- [R19] *IF* (Tekanan Udara =Tinggi) *AND* (Suhu = Normal *AND* (Kecepatan = Padat Merayap) *THEN* (Kondisi ban kelebihan tekanan udara).

Langkah selanjutnya menentukan nilai keanggotaan kondisi ban dengan metode *implikasi* yaitu *Min* dengan mengambil nilai minimum berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk.

$$[R1] = \mu_{\text{TekananUdaraStandar}} \cap \mu_{\text{SuhuNormal}} \cap \mu_{\text{KecepatanPadatMerayap}}$$

$$= \min(0.5; 1; 0.5)$$

$$= 0.5$$

$$[R19] = \mu_{\text{TekananUdaraTinggi}} \cap \mu_{\text{SuhuNormal}} \cap \mu_{\text{KecepatanPadatMerayap}}$$

$$= \min(0.5; 1; 0.5)$$

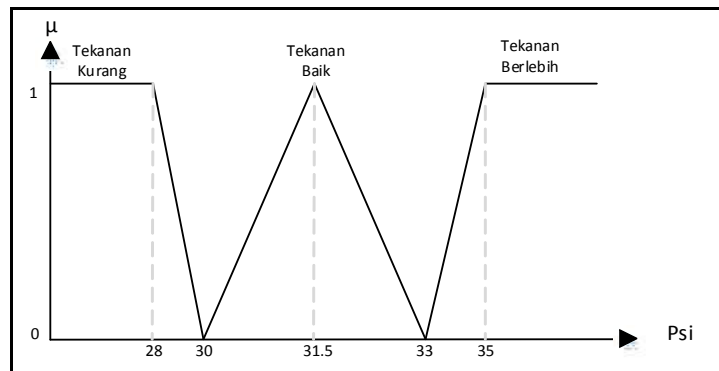
$$= 0.5$$

Himpunan *fuzzy* variabel kondisi ban dituliskan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 *Variabel Himpunan Fuzzy Kondisi Ban*

| Variabel | Himpunan Fuzzy | Nilai |
|-------------|------------------|------------------|
| Kondisi ban | Tekanan Kurang | $x \leq 30$ |
| | Tekanan Baik | $30 < x \leq 33$ |
| | Tekanan Berlebih | $x > 33$ |

Untuk grafik dari fungsi keanggotaan variabel kondisi ban, digambarkan pada Gambar 19.



Gambar 3.4. Grafik fungsi keanggotaan kondisi ban

Dari grafik fungsi keanggotaan kondisi ban pada Gambar 3.4 diperoleh persamaan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

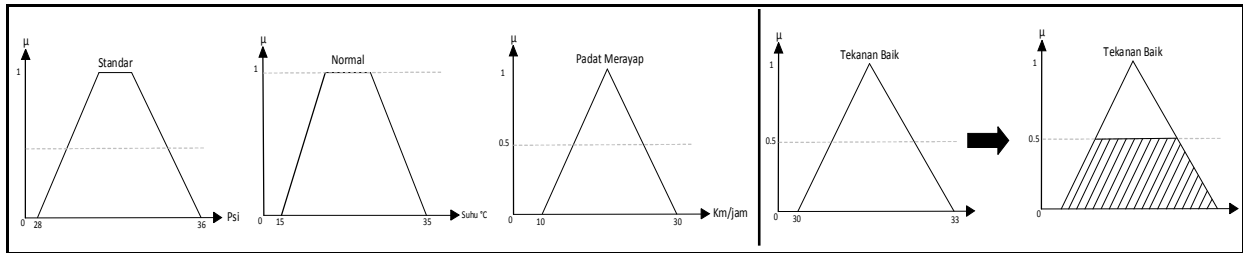
$$\mu_{\text{TekananKurang}}(a) = \begin{cases} 1; & a \leq 28 \\ \frac{30 - a}{30 - 28}; & 28 < a \leq 30 \\ 0; & a > 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{TekananBaik}}(a) = \begin{cases} 0; & a \leq 30 \text{ atau } a > 33 \\ \frac{a - 30}{31,5 - 30}; & 30 < a \leq 31,5 \\ \frac{33 - a}{33 - 31,5}; & 31,5 < a \leq 33 \end{cases}$$

$$\mu_{RamaiPadat}(z) = \begin{cases} 0; & z < 33 \\ \frac{z - 33}{35 - 33}; & 33 < z < 35 \\ 1; & z \geq 35 \end{cases}$$

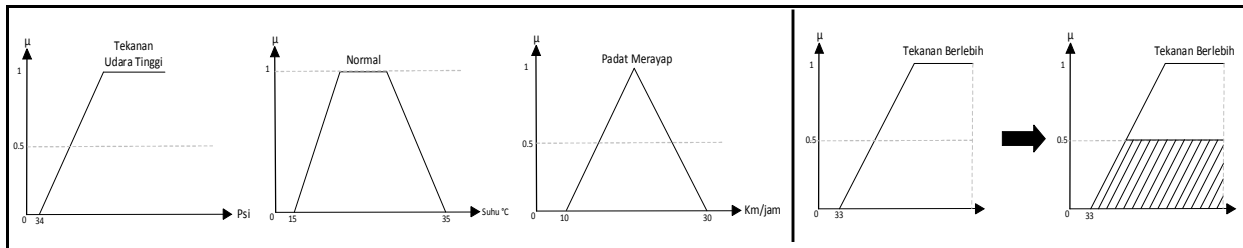
Setelah mendapatkan hasil dari proses *implikasi*, selanjutnya yaitu proses *agregasi* atau komposisi aturan dengan cara mengambil nilai *Max* atau derajat tertinggi dari setiap himpunan *fuzzy*.

- **R1 = (Tekanan Udara Standar) AND (Suhu Normal) AND (Kecepatan Padat Merayap) THEN Kondisi Tekanan Ban Baik (0,5)**



Gambar 3.5. Grafik pengambilan keputusan berdasarkan R1

- **R19 = Tekanan Udara Tinggi AND Suhu Normal AND Kecepatan Padat Merayap THEN Kondisi Tekanan Ban Berlebih (0,5)**

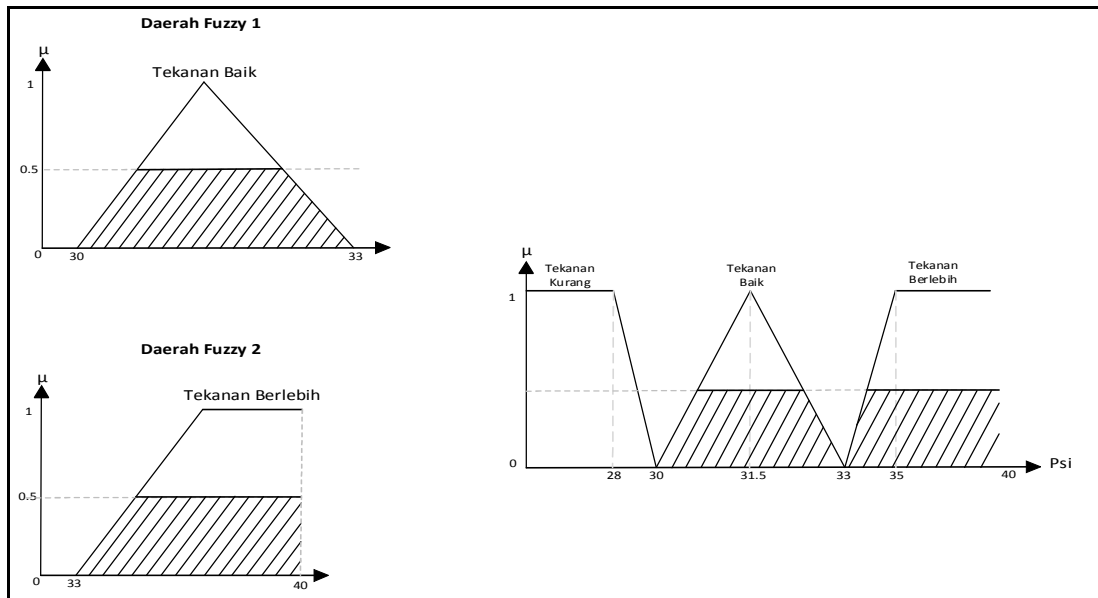


Gambar 3.6. Grafik pengambilan keputusan berdasarkan R19

C. Defuzzification

Dari proses sebelumnya diperoleh dua daerah *fuzzy*. Dua daerah tersebut digabungkan dan digunakan pada proses *defuzzifikasi* untuk mendapatkan keputusan akhir ditunjukkan pada Gambar 22.

Setelah mendapatkan daerah baru, proses selanjutnya adalah mencari titik potong (TP) antara daerah *fuzzy* 1 dan daerah *fuzzy* 2. Untuk menentukan titik potong daerah *fuzzy* 1 digunakan persamaan fungsi keanggotaan sebagai berikut:



Gambar 3.7. Penggabungan dua daerah fuzzy

$$TP\ 1 = \frac{T1 - 30}{31,5 - 30} = 0,5$$

$$\frac{T1 - 30}{1,5} = 0,5$$

$$T1 - 30 = 0,75$$

$$T1 = 0,75 + 30$$

$$T1 = 30,75$$

$$TP\ 2 = \frac{33 - T2}{33 - 31,5} = 0,5$$

$$\frac{33 - T2}{1,5} = 0,5$$

$$33 - T2 = 0,75$$

$$-T2 = 0,75 - 33$$

$$-T2 = -32,25$$

$$T2 = 32,25$$

Setelah mendapatkan daerah baru, proses selanjutnya adalah mencari titik potong (TP) antara daerah fuzzy 1 dan daerah fuzzy 2. Untuk menentukan titik potong daerah fuzzy 1 digunakan persamaan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$TP\ 1 = \frac{T1 - 30}{31,5 - 30} = 0,5$$

$$\frac{T1 - 30}{1,5} = 0,5$$

$$T1 - 30 = 0,75$$

$$T1 = 0,75 + 30$$

$$T1 = 30,75$$

$$TP\ 2 = \frac{33 - T2}{33 - 31,5} = 0,5$$

$$\frac{33 - T2}{1,5} = 0,5$$

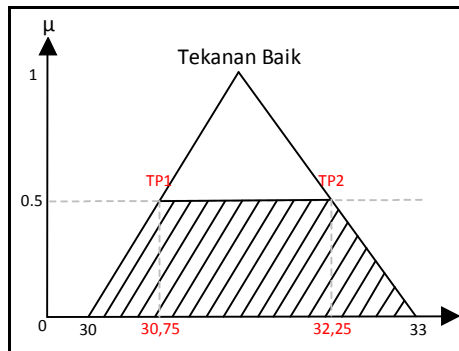
$$33 - T2 = 0,75$$

$$-T2 = 0,75 - 33$$

$$-T2 = -32,25$$

$$T2 = 32,25$$

Untuk daerah fuzzy 1 mendapatkan dua titik potong yang diberi nama TP1 dan TP2 mendapatkan nilai sebesar 30,75 untuk TP1 dan 32,25 untuk TP2, hasil dari daerah fuzzy 1 digambarkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Daerah Fuzzy 1

Untuk menentukan titik potong daerah fuzzy 2 digunakan persamaan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$TP\ 3 = \frac{T3 - 33}{35 - 33} = 0,5$$

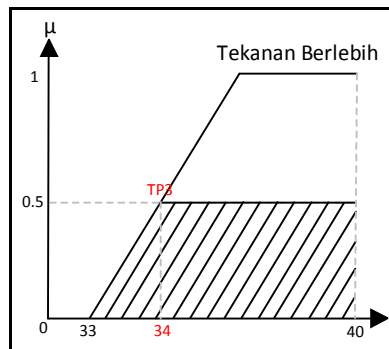
$$\frac{T3 - 33}{2} = 0,5$$

$$T3 - 33 = 1$$

$$T3 = 1 + 33$$

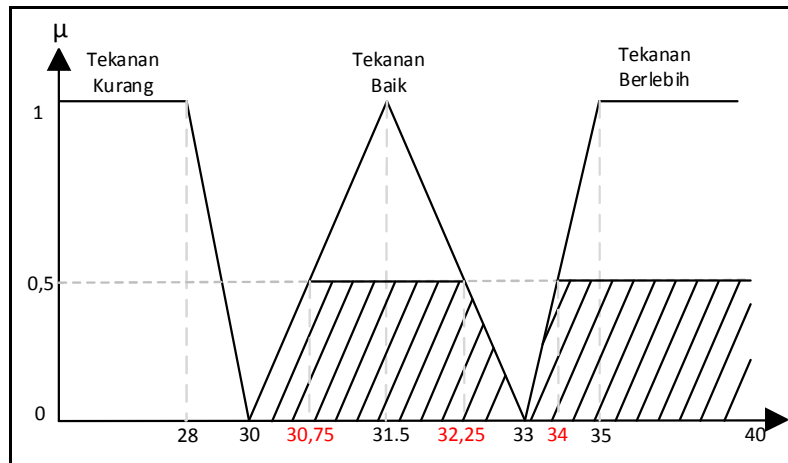
$$T3 = 34$$

Daerah fuzzy 2 mendapatkan satu titik potong yang diberi nama TP3 mendapatkan nilai sebesar 34, hasil dari daerah fuzzy 2 digambarkan pada Gambar 3.9 .



Gambar 3.9. Daerah Fuzzy 2

Gambar 3.10 merupakan gabungan dua daerah fuzzy yang telah diberikan titik potong.



Gambar 3.10. Daerah gabungan fuzzy 1 dan fuzzy 2

Nilai keputusan akhir menggunakan metode *Center of area (COA)* atau *Centroid*, dengan menggunakan persamaan (3), yaitu

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

Dari Gambar.3.10 diketahui nilai kondisi ban pada area abu – abu yaitu 30, 30.75, 31.5, 32.25, 33, 34, 35, 40. Kemudian digunakan persamaan *Center of area* atau *Centroid* sebagai berikut:

$$z = \frac{(30 + 30,75 + 31,5 + 32,5 + 33) \times 0,5 + (34 + 35 + 40) \times 0,5}{0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5} =$$

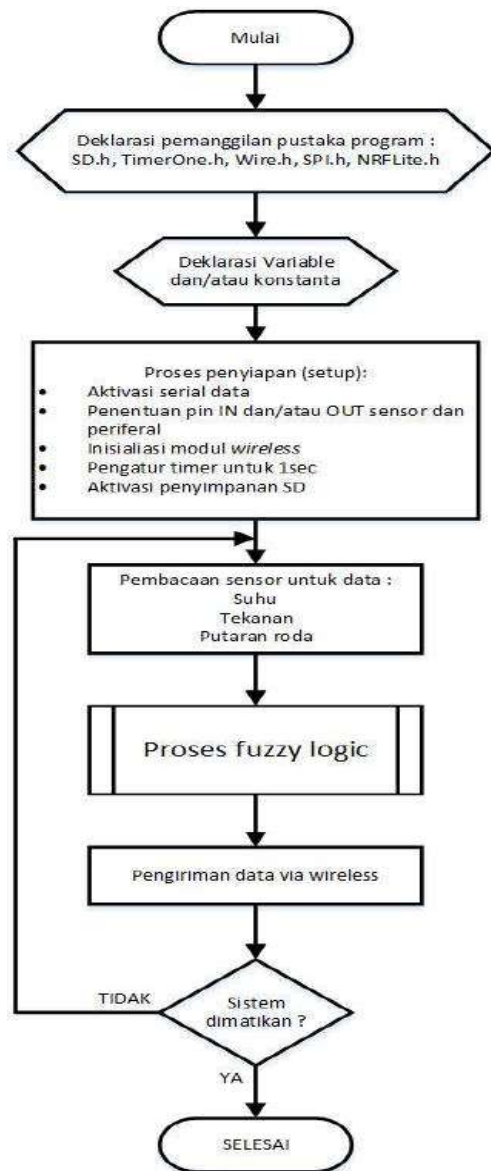
$$z = \frac{78,875 + 54,5}{4} = 33.34 \text{ Psi}$$

Kesimpulan dari hasil dari perhitungan, dengan nilai *input* Tekanan Udara sebesar 35 Psi, Suhu sebesar 25°C, dan Kecepatan sebesar 25 Km/jam. Mendapatkan nilai solusi untuk kondisi ban sebesar 33,34 Psi. Angka tersebut masuk kedalam himpunan fuzzy **Tekanan Udara Berlebih**

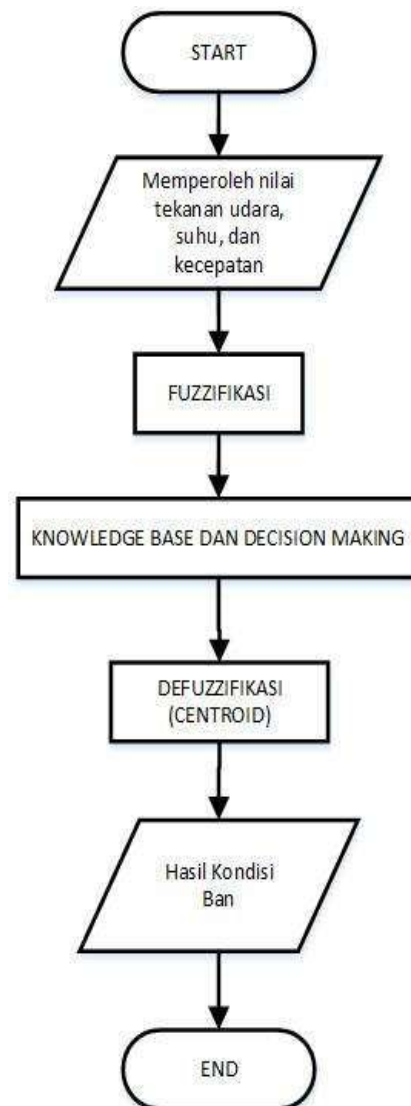
3.4 Implementasi

A. Diagram alir proses

Pada tahap implementasi adalah menerapkan sistem *fuzzy* dalam bentuk program ke dalam unit mikrokontroler di bagian pengirim (velg roda) yang dilengkapi juga dengan sensor tekanan udara, sensor suhu dan sensor putaran roda untuk memperoleh laju kendaraan. Gambar 3.4 memperlihatkan diagram alir pada bagian subsistem pengirim yang ditempatkan pada dashboard kendaraan yang dilengkapi dengan proses *fuzzy logic*.



a. Proses pada sistem penerima



b. Proses *fuzzy logic* pada sistem penerima

Gambar 3.11. Diagram alir program dalam a) subsistem penerima dan b) sub program proses *fuzzy logic*

Pada subsistem pengirim dilakukan proses secara umum yaitu persiapan yaitu a) pendeklarasian pustaka program, b) pendeklarasian variabel dan/atau konstanta dan c) proses penyiapan (*setup*) yang meliputi pengaktifan komunikasi data serial, penentuan jalur masukan dan/atau keluaran yang sesuai dengan rancangan interkoneksi pada rangkaian, inisialisasi modul subsistem *wireless*, proses pengaktifan modul peraga LCD. Dua langkah terakhir dilakukan secara berulang yaitu d) penerimaan data melalui *wireless*, e) proses *fuzzy logic* dan f) proses menampilkan data pada peraga LCD.

B. Uji fungsi

Uji fungsi yang dilakukan adalah melakukan instalasi subsistem pengirim dan subsistem penerima pada kendaraan roda 4 dengan spesifikasi instalasi adalah sebagai berikut.

Tabel 3.6 Kegiatan instalasi perangkat keras

| Instalasi | Keterangan |
|-------------------------|---|
| Subsistem pengirim (TX) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lokasi : velg ban belakang kiri bagian luar ➤ Jumlah : 1 unit yang berisi : Sistem mikrokontroler : Arduino, TX modul Sensor : <ul style="list-style-type: none"> • sensor kecepatan (putaran roda) • sensor suhu • sensor tekanan udara |
| Subsistem penerima (RX) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lokasi : dashboard pengemudi ➤ Jumlah : 1 unit yang berisi : Sistem mikrokontroler : Arduino, RX modul Indikator : LCD |

Gambar-gambar pada Tabel 3.7 adalah proses instalasi dan pengujian yang dilakukan pada subsistem pengirim dan penerima.

Tabel 3.7 Proses instalasi subsistem pengirim dan penerima

| Proses Instalasi subsistem pengirim (TX) | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Bongkar velg roda | Pemasanganudukan casing modul TX | Pemasangan casing | Pemasanganudukan bagian sensor putaran roda |

Tabel 3.7 Proses instalasi subsistem pengirim dan penerima

| | | | |
|--|--|---|---|
|  |  | | |
| <p>Pengecekan instalasi</p> | <p>Proses instalasi selesai</p> | <p>Proses instalasi subsistem penerima</p> | |
|  |  |  |  |
| <p>Pemasangan di dashboard bagian pengemudi</p> | <p>Instalasi selesai</p> | <p>Uji coba indikator</p> | <p>Pembacaan indikator</p> |

C. Lingkungan dan hasil uji fungsi

Perangkat yang diinstalasi pada kendaraan roda-4 bersifat prototipe yang pada dasarnya belum laik jalan terstandarisasi. Untuk menjaga keamanan lalu lintas, oleh karena itu uji coba kendaraan tidak dilakukan di area ramai dan juga tidak dengan laju yang tinggi. Adapun hasil uji menunjukkan sistem telah bekerja dengan menampilkan informasi pada indikator yang diinstalasi pada dashboard di bagian pengemudi. Tampilan indikator saat uji fungsi diperlihatkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Informasi pada indikator hasil uji fungsi

BAB IV PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan sebagai bagian penutup dari kajian yang dilakukan.

4.1 Kesimpulan

Dalam kajian ini telah dilakukan proses penerapan metoda *fuzzy logic* dalam *on-board monitoring system* tekanan ban. Metode pelaksanaan yang telah dilakukan adalah proses analisis, desain dan, implementasi dan pengujian. Pada tahapan analisis telah dihasilkan himpunan *fuzzy logic* dari tiga parameter yaitu tekanan udara, suhu dan laju kendaraan. Masing-masing parameter memiliki tiga klasifikasi himpunan sehingga total rule yang dihasilkan berupa kombinasi yang menghasilkan 27 rule.

Pada tahapan desain disampaikan knowledge-base penentuan aturan (rule) *fuzzy*. Metoda aturan *fuzzy* yang digunakan adalah metoda Mamdani dengan teknik Min-Max dimana defuzzyfication meggunakan teknik *Centroid* (*Center of area*).

Pada tahap implementasi dilakukan proses instalasi dan pengujian sistem pada kendaraan roda-4. Instalasi subsistem pengirim dipasang pada velg roda belakang yang dilengkapi sensor suhu, tekanan udara dan, putaran roda untuk perolehan laju kendaraan. Pengujian dilakukan tidak dalam lingkungan yang padat, ramai maupun dengan laju tinggi mengingat sistem yang dipasang bersifat prototipe dan menjaga keselamatan pengguna jalan. Namun hasil pengujian menunjukkan bahwa informasi yang ditampilkan telah sesuai dengan perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. (2016, Maret 25). Ramai Lancar, Padat Merayap, Padat Tersendat. *Kompasiana.com*, hal. <https://www.kompasiana.com/image/sabdullah/56f4e76c4c7a613f073968b1/ramai-lancar-padat-merayap-padat-tersendat-dst?page=1>.
- Azeem, M. (2012). *Fuzzy Inference System-Theory and Application*. INTECH.
- Hakim, G., Septiyana, D., & et.al. (2021). *Sistem Fuzzy-Panduan Lengkap Aplikatif*. CV.Andi Offset.
- Husada, M. G., Hermana, A. N., & Putra, R. I. (2025). *RANCANG BANGUN ONBOARD-MONITORING SYSTEM TEKANAN BAN MOBIL (BAGIAN PERANCANGAN PERANGKAT KERAS)*.
- Setiawan, A. R., & Midyanti, D. M. (2018). Rancang bangun alat monitoring tekanan angin ban secara realtime menggunakan metode tsukamoto pada kendaraan roda empat. 06(3), 327–339. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Vol.6 No.3 p.54-65*, <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcskommipa/article/view/27441/75676577835>.