

BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN

Pada bab ini akan membahas tentang analisa dan perancangan sistem perbandingan inferensi sistem fuzzy mamdani dan tsukamoto dalam klasifikasi kerusakan mesin hydraulic excavator. Model klasifikasi dianalisa dan dirancang untuk menentukan fuzzy inferensi sistem mana yang lebih baik dalam kasus kerusakan mesin hydraulic excavator.

4.1 Analisa Data Masukan

Data yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan data yang di dapat dari wawancara dengan pakar mesin hydraulic excavator. Menurut pakar mesin hydraulic excavator di PT. Universal Teknoreksajaya, secara garis besar kerusakan mesin hydraulic excavator terbagi atas 5 jenis (parameter) kerusakan diantaranya: *Idling system*, *Temperature*, *Oil condition*, *Fuel injection* dan *Exhaust gas*. Tiap – tiap kerusakan terdapat 3 kondisi atau himpunan fuzzy. Dari 5 parameter dan 3 himpunan fuzzy menghasilkan 243 aturan (rule) fuzzy dengan 4 kelas output yaitu: normal, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat.

4.1.1 Rule

Adapun rule yang dihasil kan dari parameter sebanyak 243 rule dengan 4 kelas output. Dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rule

Aturan	Idling system	Temperature	Oil condition	Fuel injection	Exhaust gas	Output
						Kerusakan Mesin
R1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
R2	Normal	Normal	Normal	Normal	Sedang	Ringan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Aturan	Idling system	Temperature	Oil condition	Fuel injection	Exhaust gas	Output
						Kerusakan Mesin
R3	Normal	Normal	Normal	Normal	Tinggi	Sedang
R4	Normal	Normal	Normal	Sedang	Normal	Ringan
R5	Normal	Normal	Normal	Sedang	Sedang	Ringan
R6	Normal	Normal	Normal	Sedang	Tinggi	Sedang
R7	Normal	Normal	Normal	Rendah	Normal	Sedang
R8	Normal	Normal	Normal	Rendah	Sedang	Sedang
R9	Normal	Normal	Normal	Rendah	Tinggi	Sedang
R10	Normal	Normal	Sedang	Normal	Normal	Ringan
R11	Normal	Normal	Sedang	Normal	Sedang	Ringan
R12	Normal	Normal	Sedang	Normal	Tinggi	Sedang
R13	Normal	Normal	Sedang	Sedang	Normal	Sedang
R14	Normal	Normal	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
R15	Normal	Normal	Sedang	Sedang	Tinggi	Berat
R16	Normal	Normal	Sedang	Rendah	Normal	Ringan
R17	Normal	Normal	Sedang	Rendah	Sedang	Berat
R18	Normal	Normal	Sedang	Rendah	Tinggi	Berat
R19	Normal	Normal	Rendah	Normal	Normal	Ringan
R20	Normal	Normal	Rendah	Normal	Sedang	Sedang

Dari rule 21 sampai rule 243 dapat dilihat pada **Lampiran C**.

4.2 Analisa Fuzzy Inferensi Sistem (FIS) Tsukamoto

4.2.1 Fuzzyfikasi

Pada proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam *basis* pengetahuan *fuzzy*. Adapun proses *fuzzyfikasi* dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Fuzzyfikasi

No	Parameter	Satuan	Himpunan Fuzzy		
			Normal	Sedang	Rendah
1	Idling system	RPM	Normal	Sedang	Rendah
			2169-1999	2005-1900	1990-1800
			Domain	Domain	Domain
			2169-2005	1999-1990	1900-1800
2	Temperature	°C	Normal	Sedang	Tinggi
			90-97	95-102	99-110
			Domain	Domain	Domain
			95-90	99-98	110-102
3	Oil condition	KPA	Normal	Sedang	Rendah
			80-60	68-40	58-30
			Domain	Domain	Domain
			80-68	60-58	40-30
4	Fuel injection	MPA	Normal	Sedang	Rendah
			22-18	19-14	15-10
			Domain	Domain	Domain
			22-19	18-15	14-10
5	Exhaust gas	Bosch index	Normal	Sedang	Tinggi
			7.6-8.5	8.2-9.0	8.8-9.8
			Domain	Domain	Domain
			8.2-7.6	8.8-8.5	9.8-9.0
6	Ouput	Normal	Rusak Ringan	Rusak Sedang	Rusak Berat
		0-15%	5-35%	25-55%	45-100%
		Domain	Domain	Domain	Domain
		5-0%	25-15%	45-35%	100-55%

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.2.2 Fungsi Keanggotaan

pada penelitian ini fungsi keanggotaan di sajikan dalam bentuk kurva trapesium. Untuk pengujian perhitungan *fuzzy* inferensi sistem *tsukamoto* dan *mamdani* inputan parameter pengujian menggunakan skenario data uji coba pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Tabel Skenario Data Uji

Input	
<i>Idling system</i>	2001 RPM
<i>Temperature</i>	98 °C
<i>Oil condition</i>	45 KPA
<i>Fuel injection</i>	17 MPA
<i>Exhaust gas</i>	8.9 Bosch index

Dari tabel scenario data uji diatas, langkah selanjutnya kita dapat mencari fungsi keanggotakan tiap – tiap parameter inputan diantaranya:

1. Fungsi keanggotan *idling system*



Gambar 4.1 Pemodelan *Idling System* Kurva *Trapeسيوم*

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan persamaan fungsi keanggotaan *idling system* yang disajikan dalam bentuk kurva trapesium pada gambar 4.1 diatas. Berikut persamaan fungsi keanggotaan *idling system*.

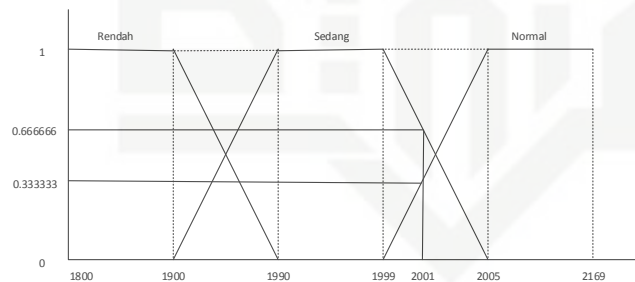
$$\mu_{rendah} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 1990 \\ \frac{1990 - x}{1990 - 1900} & ; 1900 < x < 1990 \\ 0; & \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} [x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 1900 \text{ atau } x \geq 2005 \\ \frac{x - 1900}{1990 - 1900} & ; 1900 < x \leq 1990 \\ 1; & ; 1990 < x \leq 1999 \\ \frac{2005 - x}{2005 - 1999} & ; 1999 < x < 2005 \end{cases}$$

$$\mu_{normal} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 2005 \\ \frac{2005 - x}{2005 - 1999} & ; 1999 < x \leq 2005 \\ 0; & \end{cases}$$

➤ Fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001]

Dari skenario data uji pada tabel 4.3 fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001] dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan *Idling System Kurva Trapesium*

Berdasarkan gambar 4.2 diatas, fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001] berada pada himpunan normal dan sedang. Berikut fungsi keanggotaan *idling system*.

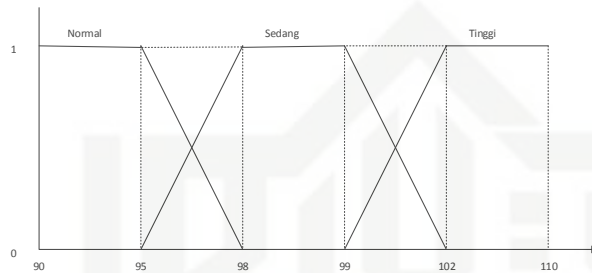
$$\mu_{Normal}[2001] = \begin{cases} 0; \\ \frac{2001 - 1999}{2005 - 1999} = 0.333333 \\ 1; \end{cases}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu_{Sedang}[2001] = \begin{cases} 1; & \\ \frac{2005 - 2001}{2005 - 1999} = 0.666666 & \\ 0; & \end{cases}$$

2. Fungsi keanggotaan *temperature*



Gambar 4.3 Pemodelan *Temperature Kurva Trapesium*

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan persamaan fungsi keanggotaan *temperature* yang disajikan dalam bentuk kurva trapesium dapat dilihat pada gambar 4.3. Berikut persamaan fungsi keanggotaan *temperature*.

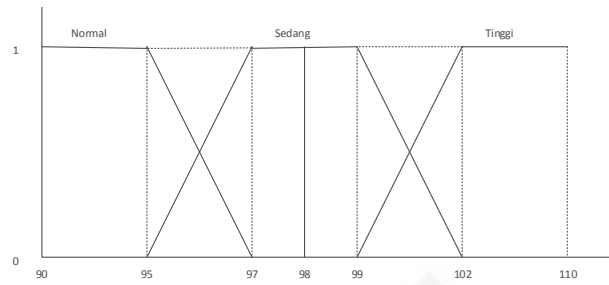
$$\mu_{normal} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 98 \\ \frac{98 - x}{98 - 95} & ; 95 < x < 98 \\ 0; & \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} [x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 95 \text{ atau } x \geq 102 \\ \frac{x - 95}{98 - 95} & ; 95 < x \leq 98 \\ 1; & ; 98 < x \leq 99 \\ \frac{102 - x}{102 - 99} & ; 99 < x < 102 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 102 \\ \frac{102 - x}{102 - 99} & ; 99 < x \leq 102 \\ 0; & \end{cases}$$

- Fungsi keanggotaan *temperature* dengan input [98]

Dari skenario data uji pada tabel 4.3 fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [98] dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.

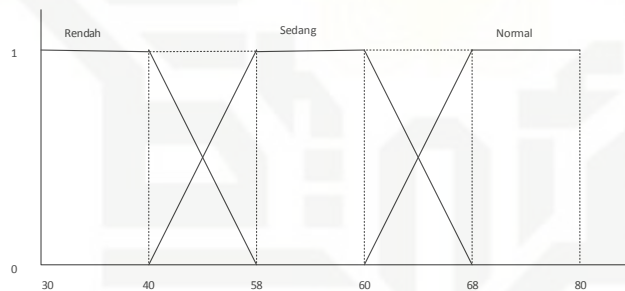


Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan *Temperature Kurva Trapesium*

Berdasarkan gambar 4.4 diatas, fungsi keanggotaan *temperature* dengan input [98] berada pada himpunan domain sedang. Berikut fungsi keanggotaan *temperature*.

$$\mu_{Sedang}[98] = 1$$

3. Fungsi keanggotaan *oil condition*



Gambar 4.5 Pemodelan *Oil Condition Kurva Trapesium*

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan persamaan fungsi keanggotaan *oil condition* yang disajikan dalam bentuk kurva trapesium dapat dilihat pada gambar 4.5. Berikut persamaan fungsi keanggotaan *oil condition*.

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 58 \\ \frac{58 - x}{58 - 40} & ; 40 < x < 58 \\ 0; & \end{cases}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

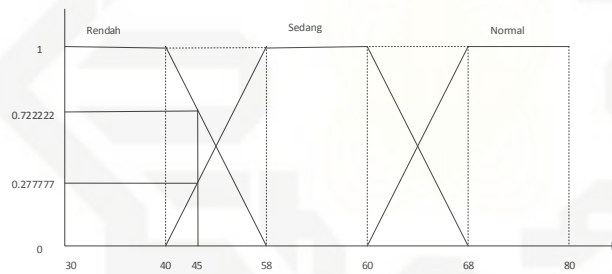
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu_{\text{sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 40 \text{ atau } x \geq 68 \\ \frac{x - 40}{58 - 40} & ; 40 < x \leq 58 \\ 1; & ; 58 < x \leq 60 \\ \frac{68 - x}{68 - 60} & ; 60 < x < 68 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 68 \\ \frac{68 - x}{68 - 60} & ; 60 < x \leq 68 \\ 0; & \end{cases}$$

➤ Fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45]

Dari skenario data uji pada tabel 4.3 fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45] dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



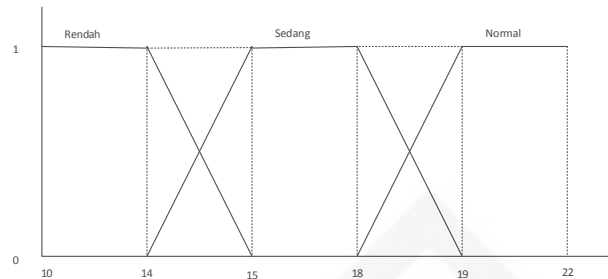
Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Oil Condition Kurva Trapesium

Berdasarkan gambar 4.2 diatas, fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45] berada pada himpunan sedang dan rendah. Berikut fungsi keanggotaan *oil condition*

$$\mu_{\text{Sedang}}[45] = \begin{cases} 0; \\ \frac{45 - 40}{58 - 40} \\ 1; \end{cases} = 0.277777$$

$$\mu_{\text{Rendah}}[45] = \begin{cases} 1; \\ \frac{58 - 45}{58 - 40} \\ 0; \end{cases} = 0.722222$$

4. Fungsi keanggotaan *fuel injection*



Gambar 4.7 Pemodelan *Fuel Injection Kurva Trapesium*

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan persamaan fungsi keanggotaan *fuel injection* yang disajikan dalam bentuk kurva trapesium dapat dilihat pada gambar 4.7. Berikut persamaan fungsi keanggotaan *fuel injection*.

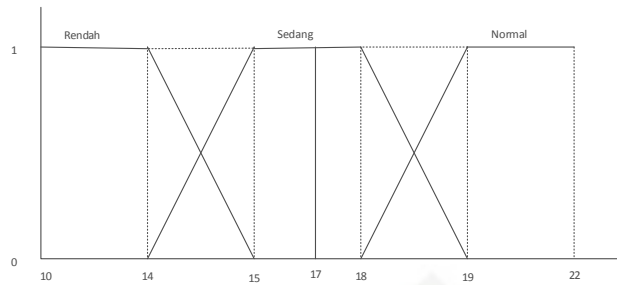
$$\mu_{rendah} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 15 \\ \frac{15 - x}{15 - 14} & ; 14 < x < 15 \\ 0; & ; x \leq 14 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} [x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 14 \text{ atau } x \geq 19 \\ \frac{x - 14}{15 - 14} & ; 14 < x \leq 15 \\ 1; & ; 15 < x \leq 18 \\ \frac{19 - x}{19 - 18} & ; 18 < x < 19 \end{cases}$$

$$\mu_{normal} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 19 \\ \frac{19 - x}{19 - 18} & ; 18 < x \leq 19 \\ 0; & ; x \leq 18 \end{cases}$$

- Fungsi keanggotaan *fuel injection* dengan input [17]

Dari skenario data uji pada tabel 4.3 fungsi keanggotaan *fuel injection* dengan input [17] dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.

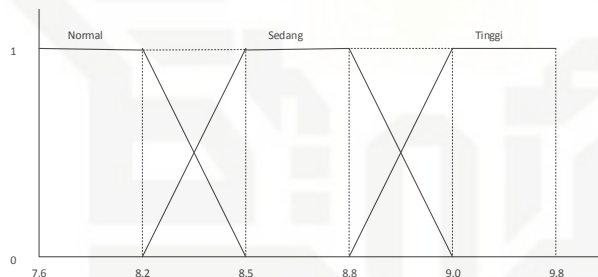


Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Fuel Injection Kurva Trapesium

Berdasarkan gambar 4.8 diatas, fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [17] berada pada himpunan domain sedang. Berikut fungsi keanggotaan *fuel injection*.

$$\mu_{Sedang}[17] = 1$$

5. Fungsi keanggotaan *exhaust gas*



Gambar 4.9 Pemodelan Exhaust Gas Kurva Trapesium

Berdasarkan persamaan 2.8 didapatkan persamaan fungsi keanggotaan *exhaust gas* yang disajikan dalam bentuk kurva trapesium dapat dilihat pada gambar 4.9. Berikut persamaan fungsi keanggotaan *exhaust gas*.

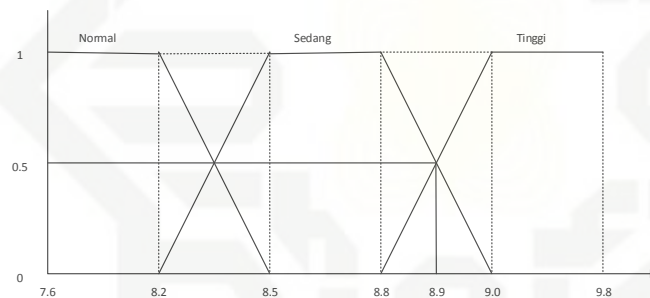
$$\mu_{normal}[x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 8.5 \\ \frac{8.5 - x}{8.5 - 8.2} & ; 8.2 < x < 8.5 \\ 0; & \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 8.2 \text{ atau } x \geq 9.0 \\ \frac{x - 8.2}{8.5 - 8.2} & ; 8.2 < x \leq 8.5 \\ 1; & ; 8.5 < x \leq 8.8 \\ \frac{9.0 - x}{9.0 - 8.8} & ; 8.8 < x < 9.0 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}} [x] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 9.0 \\ \frac{9.0 - x}{9.0 - 8.8} & ; 8.8 < x \leq 9.0 \\ 0; & \end{cases}$$

➤ Fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9]

Dari skenario data uji pada tabel 4.3 fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9] dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan Exhaust Gas Kurva Trapesium

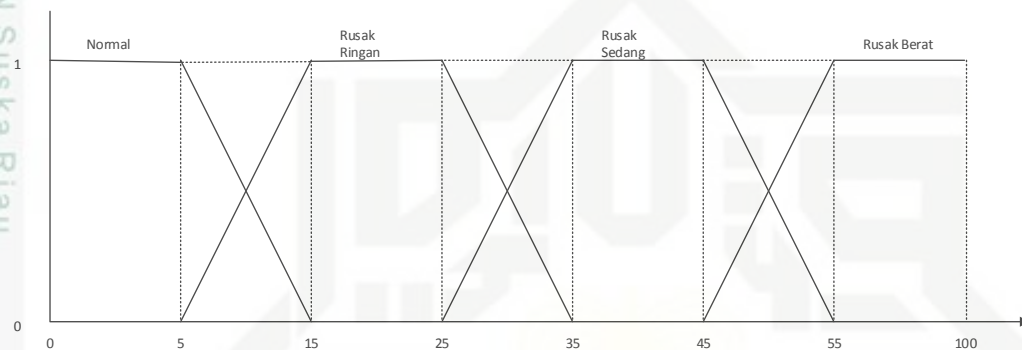
Berdasarkan gambar 4.10 diatas, fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9] berada pada himpunan sedang dan tinggi. Berikut fungsi keanggotaan *exhaust gas*.

$$\mu_{\text{Sedang}}[8.9] = \begin{cases} 1; \\ \frac{9.0 - 8.9}{9.0 - 8.8} = 0.5 \\ 0; \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[8.9] = \begin{cases} 0; \\ \frac{8.9 - 8.8}{9.0 - 8.8} = 0.5 \\ 1; \end{cases}$$

➤ Kurva kesimpulan (*output*)

Kurva kesimpulan (*output*) merupakan kesimpulan dari kondisi mesin *hydraulic excavator*. Dimana terdapat 4 kondisi atau kelas yaitu: normal, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat yang disajikan dalam bentuk kutuk kurva trapesium. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Pemodelan kesimpulan (*output*) kurva trapesium

Berdasarkan persamaan kurva trapesium 2.8 maka gambar 4.11 diaatas diperoleh fungsi keanggotaan kesimpulan (*output*) seagai berikut:

$$\mu_{Normal}[z] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 15 \\ \frac{15 - z}{15 - 5} & ; 5 < x < 15 \\ 0; & \end{cases}$$

$$\mu_{Rusak\ ringan}[z] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{z - 5}{15 - 5} & ; 5 < x \leq 15 \\ 1; & ; 15 < x \leq 25 \\ \frac{35 - z}{35 - 25} & ; 25 < x < 35 \end{cases}$$

$$\mu_{Rusak\ sedang}[z] = \begin{cases} 0; & ; x \leq 35 \text{ atau } x \geq 55 \\ \frac{z - 25}{35 - 25} & ; 25 < x \leq 35 \\ 1; & ; 35 < x \leq 45 \\ \frac{55 - z}{55 - 45} & ; 45 < x < 55 \end{cases}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu_{\text{Rusak berat}}[z] = \begin{cases} 0; & ; x \geq 55 \\ \frac{z - 45}{55 - 45} & ; 45 < x \leq 55 \\ 1; & \end{cases}$$

4.2.3 Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi dipilih dari aturan (*rule*) yang bersesuaian dengan data input. Pada (*fis*) *tsukomoto* fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN lalu mencari nilai Z setiap fungsi implikasi.

[R41] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak sedang**

$$\alpha_{\text{predikat 1}} = \min(0.333333, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z1 - 25}{35 - 25} \\ 1; \\ \frac{55 - Z1}{55 - 45} \end{cases} = 0.277777$$

$$Z1 - 25 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 10(0.277777) + 25 = 27.7777$$

$$55 - Z1 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 55 - 10(0.277777) = 51.66667$$

$$Z1 = (52.22223 + 27.7777)/2 = 40$$

[R42] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

$$\alpha_{\text{predikat 2}} = \min(0.333333, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.333333$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z3 - 45}{55 - 45} = 0.277777 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z3 - 45 = (0.277777)10$$

$$Z3 = 10(0.277777) + 45 = 47.777777$$

[R50] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak berat**

$$\alpha \text{ predikat 3} = \min(0.333333, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.333333$$

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z3 - 45}{55 - 45} = 0.333333 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z3 - 45 = (0.333333)10$$

$$Z3 = 10(0.333333) + 45 = 48.33333$$

[R51] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

$$\alpha \text{ predikat 4} = \min(0.333333, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.333333$$

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z4 - 45}{55 - 45} = 0.333333 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z4 - 45 = (0.333333)10$$

$$Z4 = 10(0.333333) + 45 = 48.33333$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

[R122] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak sedang**

$$\alpha \text{ predikat 5} = \min(0.666667, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$

$$Z1 - 25 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 10(0.277777) + 25 = 27.7777$$

$$55 - Z1 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 55 - 10(0.277777) = 51.66667$$

$$Z1 = (52.22223 + 27.7777)/2 = 40$$

[R123] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

$$\alpha \text{ predikat 6} = \min(0.666667, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z6 - 45}{55 - 45} = 0.277777 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z6 - 45 = (0.277777)10$$

$$Z6 = 10(0.277777) + 45 = 47.777777$$

[R131] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak berat**

$$\alpha \text{ predikat 7} = \min(0.666667, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.5$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z7 - 45}{55 - 45} = 0.5 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z7 - 45 = (0.5)10$$

$$Z7 = 10(0.5) + 45 = 50$$

[R132] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

α predikat 8 = $\min(0.666667, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.5$

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z8 - 45}{55 - 45} = 0.5 \\ 1; \end{cases}$$

$$Z8 - 45 = (0.5)10$$

$$Z8 = 10(0.5) + 45 = 50$$

4.2.4 Defuzzifikasi (Penegasan)

Pada tahapan *defuzzyfikasi* menggunakan metode rata-rata (*Average*) menggunakan persamaan 2.18.

$$Z = ((0.277777)40 + (0.277777)47.777777 + (0.333333)48.333333 + (0.333333)48.333333 + (0.277777)40 + (0.277777)47.777777 + (0.5)50 + (0.5)50) / (0.277777 + 0.277777 + 0.333333 + 0.333333 + 0.277777 + 0.277777 + 0.5 + 0.5) = \mathbf{47.1555555}$$

Dari perhitungan *fuzzy inferensi system tsukamoto*, menghasilkan tingkat kerusakan mesin *hydraulic excavator* 47.1555555% berada pada kelas rusak sedang.

4.3 Analisa Fuzzy Inferensi Sistem (FIS) Mamdani

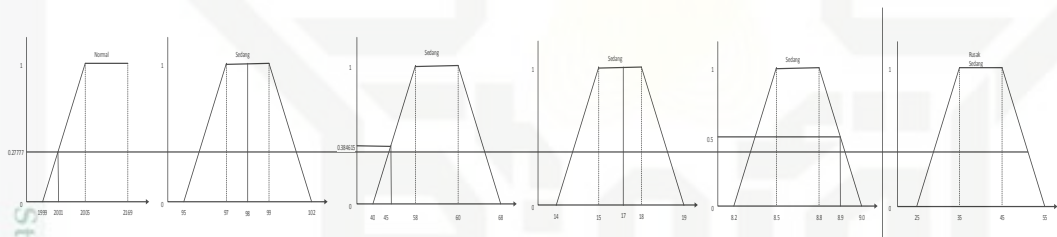
Pada analisa (fis) mamdani, proses fuzzyfikasi dan fungsi keanggotaan sama dengan (fis) tsukamoto jadi penulis tidak menulis lagi proses tersebut.

4.3.1 Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi dipilih dari aturan (rule) yang bersesuaian dengan data input. Pada (fis) mamdani fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN.

[R41] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak sedang**

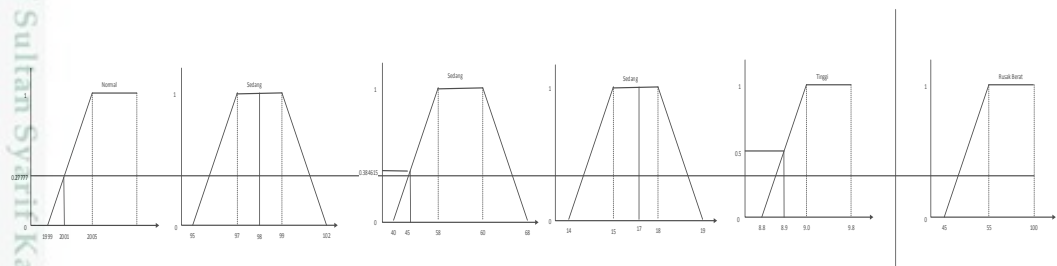
$$\alpha \text{ predikat 1} = \min(0.333333, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$



Gambar 4.12 Fungsi Min Rule 41

[R42] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

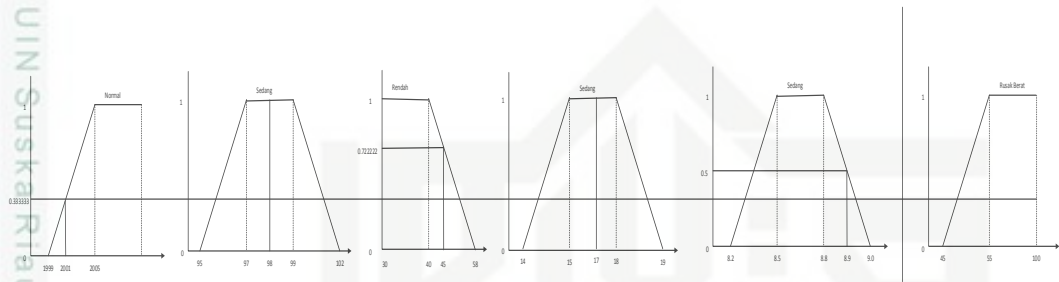
$$\alpha \text{ predikat 2} = \min(0.333333, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$



Gambar 4.13 Fungsi Min Rule 42

[R50] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak berat**

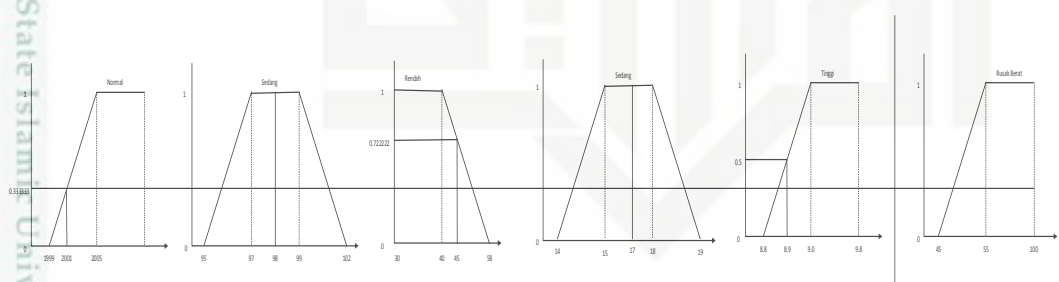
$$\alpha \text{ predikat 3} = \min (0.333333, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.333333$$



Gambar 4.14 Fungsi Min Rule 50

[R51] If idling system **normal** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

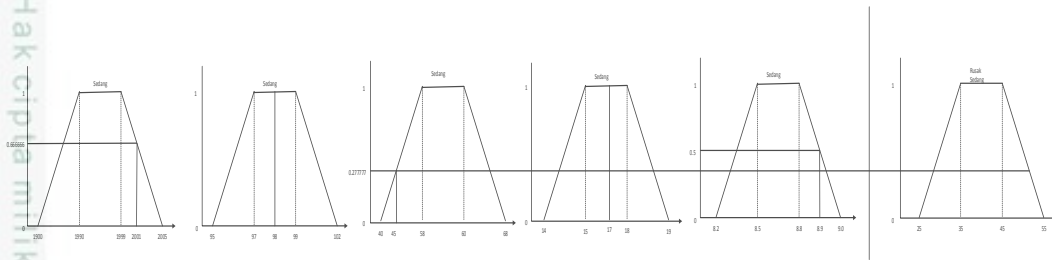
$$\alpha \text{ predikat 3} = \min (0.333333, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.333333$$



Gambar 4.15 Fungsi Min Rule 51

[R122] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak sedang**

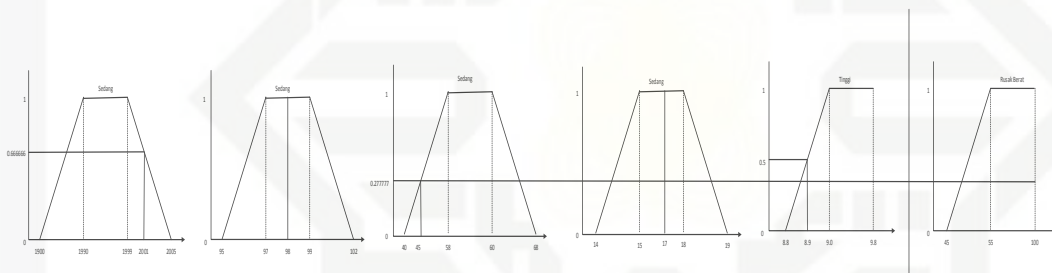
$$\alpha \text{ predikat 5} = \min (0.666667, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$



Gambar 4.16 Fungsi Min Rule 122

[R123] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **sedang** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

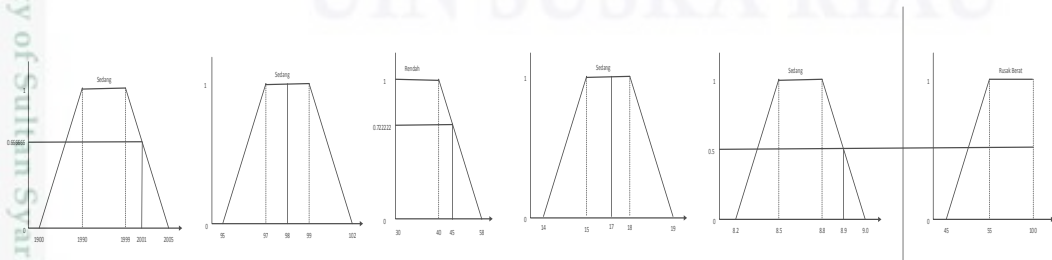
$$\alpha \text{ predikat 6} = \min (0.666667, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777$$



Gambar 4.17 Fungsi Min Rule 123

[R131] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **sedang** Then mesin **rusak berat**

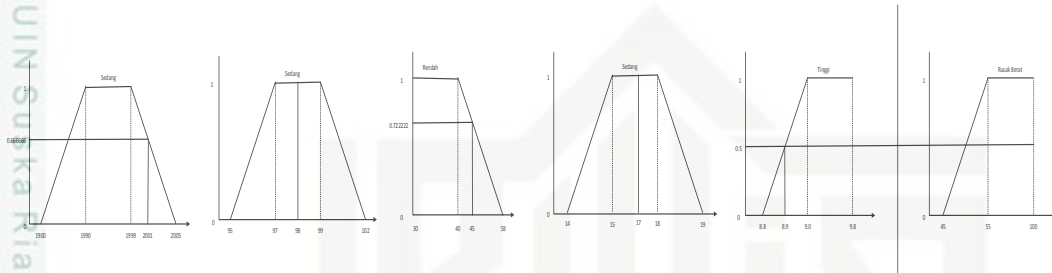
$$\alpha \text{ predikat 7} = \min (0.666667, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.5$$



Gambar 4.18 Fungsi Min Rule 131

[R132] If idling system **sedang** and Temperature **sedang** and Oil condition **rendah** and Fuel injection **sedang** and Exhaust gas **tinggi** Then mesin **rusak berat**

α predikat 8 = $\min(0.666667, 1, 0.722222, 1, 0.5) = 0.5$

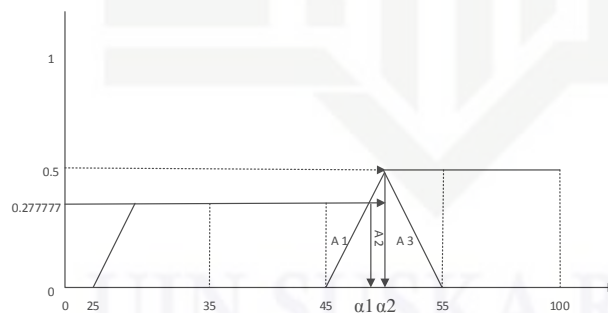


Gambar 4.19 Fungsi Min Rule 132

4.3.2 Komposisi Antar Aturan

Dari hasil fungsi implikasi dari setiap aturan, dilakukan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua *rule*.

Komposisi antar rule dapat dilihat pada kurva dibawah ini.



Gambar 4.20 Komposisi antar aturan

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{\alpha 1 - 45}{55 - 45} = 0.277777 \\ 1; \end{cases}$$

$$\alpha 1 - 45 = (0.277777)10$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\alpha_1 = 10(0.277777) + 45 = 47.77777$$

$$\alpha_2 \begin{cases} 0; \\ \frac{\alpha_2 - 45}{55 - 45} = 0.5 \\ 1; \end{cases}$$

$$\alpha_2 - 45 = (0.5)10$$

$$\alpha_2 = 10(0.5) + 45 = 50$$

Maka didapatkan fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi sebagai berikut:

$$\mu[Z] = \begin{cases} 0.277777; & ; Z \leq 47.77777 \\ \frac{Z - 45}{55 - 45} & ; 47.77777 < Z \leq 50 \\ 0.5; & ; Z \geq 50 \end{cases}$$

4.3.3 Defuzzyfikasi

Pada proses *defuzzyfikasi*, penulis menggunakan metode *centroid* dengan menggunakan persamaan 2.17.

$$M_1 = \int_0^{47.77777} (0.277777)zdz = 317.0438957476$$

$$M_2 = \int_{47.77777}^{50} \frac{z-45}{50} z dz = 42.341106538638$$

$$M_3 = \int_{50}^{55} (0.5)zdz = 131.25$$

$$A_1 = 47.77777 \times 0.277777 = 13.271604938272$$

$$A_2 = (0.277777 + 0.5) \times \frac{50 - 47.77777}{2} = 0.8641975308642$$

$$A_3 = (55 - 50) \times 0.5 = 2.5$$

$$Z = \frac{317.0438957476 + 42.341106538638 + 1131.25}{13.271604938272 + 0.8641975308642 + 2.5} = 29.492716$$

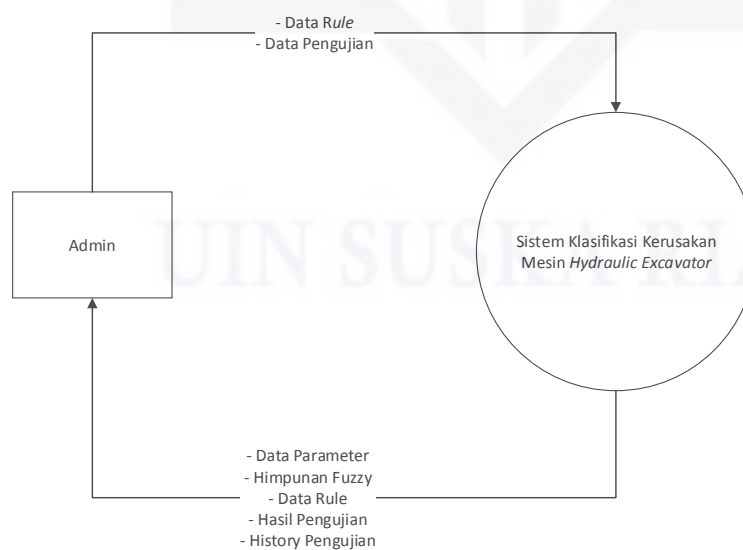
Dari perhitungan *fuzzy inferensi system mamdani*, menghasilkan tingkat kerusakan mesin *hydraulic excavator* 29.492716% berada pada kelas rusak ringan.

4.4 Analisa Perancangan

Analisa fungsional sistem akan menjelaskan mengenai perancangan sistem yang akan dibuat menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) meliputi *Context Diagram* dan *Data Flow Diagram* (DFD). Sedangkan perancangan sistem perbandingan *fuzzy inferensi sistem tsukamoto* dan *mamdani* pada klasifikasi kerusakan mesin *hydraulic excavator* dirancang berdasarkan tahapan analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun perancangan yang dibuat adalah perancangan pemodelan basis data relasional (ERD), perancangan struktur menu dan perancangan *interface*.

4.4.1 Context Diagram

Context diagram merupakan lariran fungsional dari proses sistem. Berikut akan dijelaskan semua proses yang terjadi pada sistem. Context diagram dapat dilihat pada gambar 4.21 dibawah ini.



Gambar 4.21 Context Diagram Sistem

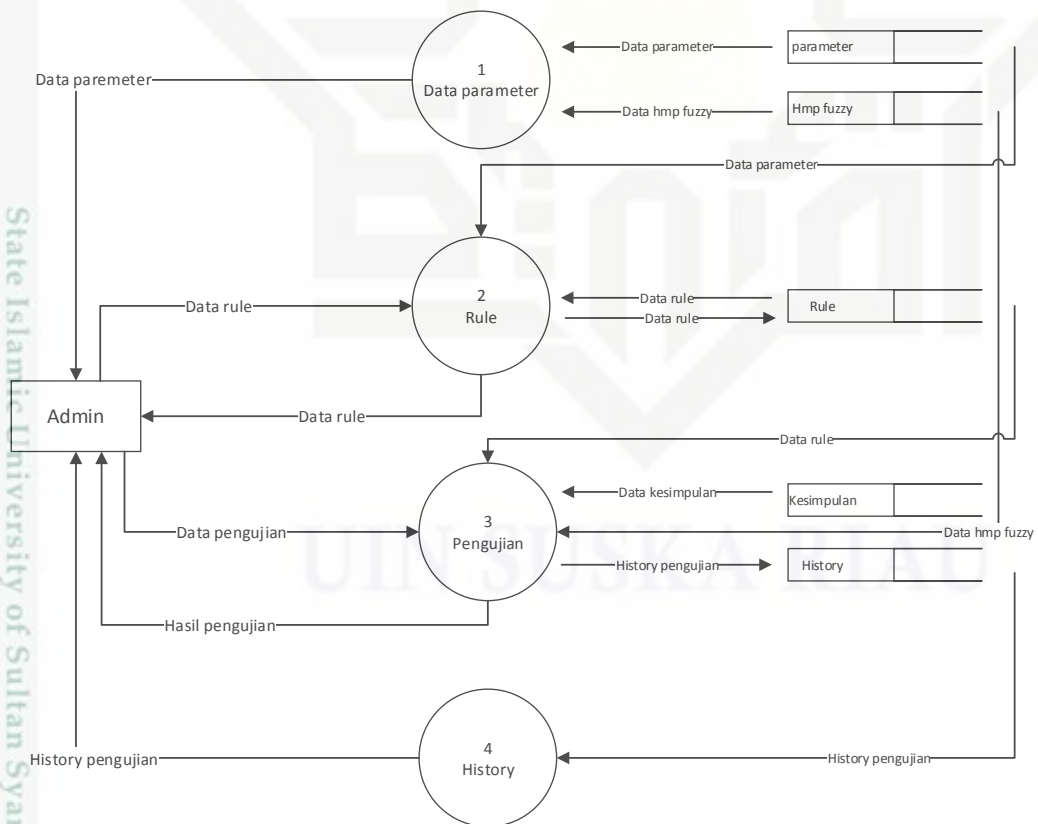
4.4.2 Data Flow Diagram (DFD)

Data flow diagram (DFD) digunakan untuk menggambarkan suatu sistem yang telah ada atau sistem baru yang akan dikembangkan secara logika tanpa mempertimbangkan lingkungan fisik dimana data tersebut mengalir, atau lingkungan fisik dimana data tersebut tersimpan.

1. Data Flow Diagram (DFD) Level 1

Pada DPD level 1 terdapat 4 proses yaitu: data parameter, rule, pengujian dan history. Dan 5 data store yaitu: parameter, himpunan fuzzy, rule, kesimpulan dan history.

Data flow diagram (DFD) level 1 dapat dilihat pada gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4.22 Data Flow Diagram (DFD) Level 1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada tabel DFD *level 1* dibawah ini, terdapat 4 proses yaitu: proses data parameter, proses *rule*, proses pengujian dan *proses history*.

Tabel 4.4 Tabel DFD Level 1

No	Nama Proses	Deskripsi
1	Data parameter	Proses pengolaha data Data parameter
2	<i>Rule</i>	Proses pengolaha Rule
3	Pengujian	Proses pengolaha Pengujian
4	<i>History</i>	Proses pengolaha History

Pada tabel aliran data DFD *level 1* dibawah ini, terdapat 4 aliran data yaitu: aliran data parameter, aliran data *rule*, aliran data pengujian dan aliran data *history*

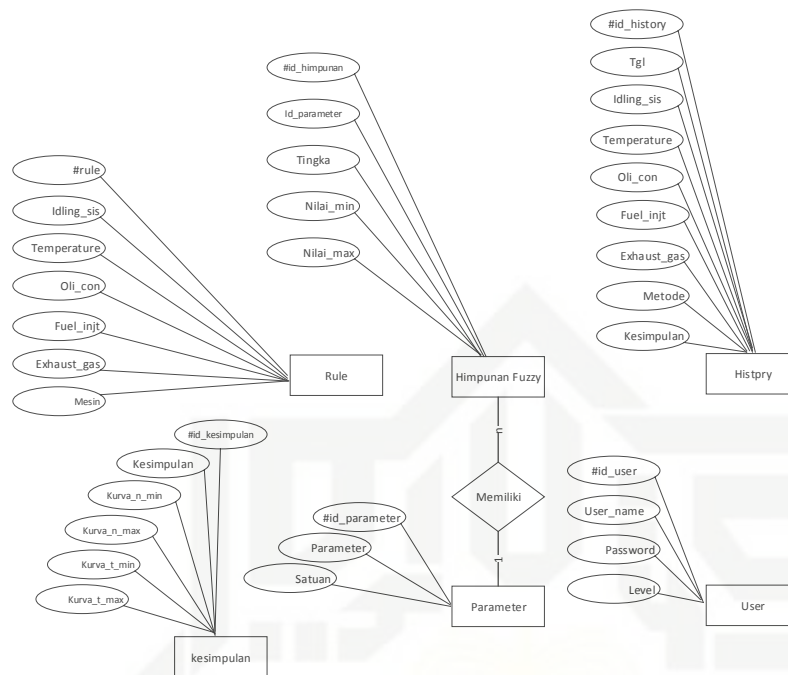
Tabel 4.5 Tabel Aliran Data DFD Level 1

Nama Aliran Data	Deskripsi
Kelola data parameter	Data parameter yang dikelola oleh <i>user</i>
Kelola <i>rule</i>	Data <i>rule</i> yang dikelola oleh <i>user</i>
Input pengujian	Pengujian yang di inputkan oleh <i>user</i>
Info <i>history</i>	Info history yang di hasilkan dari pengujian

4.4.3 Perancangan Data Base Relasional

Perancangan *database* relasional akan bertindak menyimpan hasil pengujian dan menyimpan pengaturan sistem. *Conceptual* model digunakan untuk mengetahui tipe-tipe yang digunakan dalam basis data sistem perbandingan (FIS) stukamoto dan mamdani pada kasus kerusakan mesin hydraulic excavator.

Berikut adalah Gambar 4.23 *Conceptual database* relasional model yang dirancang pada sistem ini.



Gambar 4.23 *Conceptual database relational*

Berdasarkan gambar 4.24 tersebut, terdapat 6 tabel yang akan digunakan sebagai media penyimpanan data pada sistem yang akan dibangun. Diantaranya adalah tabel *user*, tabel parameter, tabel kesimpulan, tabel himpunan *fuzzy*, tabel rule dan tabel *history*.

➤ **Tabel User**

Tabel *user* memiliki 4 atribut yaitu: *id_user*, *user_name*, *password* dan *level*. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 *Konseptual Model Tabel User*

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
Id_user	Int (11)	Yes	No	-
User_name	Varchar (200)	-	No	-
Password	Varchar (200)	-	No	-
Level	Int (11)	-	No	-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

➤ Tabel Parameter

Tabel parameter memiliki 3 atribut yaitu: *id_parameter*, *parameter* dan *satuan*. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Konseptual Model Tabel Parameter

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
<i>Id_parameter</i>	Int (11)	Yes	No	-
<i>Parameter</i>	Varchar (30)	-	No	-
<i>Satuan</i>	Varchar (30)	-	No	-

➤ Tabel Kesimpulan

Tabel kesimpulan memiliki 6 atribut yaitu: *id_kesimpulan*, *kesimpulan*, *kurva_n_min*, *kurva_n_max*, *kurva_t_min* dan *kurva_t_max*. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Konseptual Model Tabel Kesimpulan

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
<i>Id_ kesimpulan</i>	Int (11)	Yes	No	-
<i>Kesimpulan</i>	Varchar (30)	-	No	-
<i>Kurva_n_min</i>	Double	-	No	-
<i>Kurva_n_max</i>	Double	-	No	-
<i>Kurva_t_min</i>	Double	-	No	-
<i>Kurva_t_max</i>	Double	-	No	-

➤ Tabel Himpunan *Fuzzy*

Tabel himpunan *fuzzy* memiliki 5 atribut yaitu: *id_himpunan_fuzzy*, *id_parameter*, *tingkat*, *nilai_min* dan *nilai_max*. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.9 Konseptual Model Tabel Himpunan Fuzzy

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
Id_himpunan_fuzzy	Int (11)	Yes	No	-
Id_parameter	Int (11)	-	No	-
Tingkat	Varchar (20)	-	No	-
Nilai_min	Double	-	No	-
Nilai_max	Double	-	No	-

➤ Tabel Rule

Tabel *rule* memiliki 7 atribut yaitu: rule, idling_system, temperature, oil_condition, fuel_injecton dan mesin Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Konseptual Model Tabel Rule

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
Rule	Varchar (5)	Yes	No	-
Idling_system	Varchar (30)	-	No	-
Temperature	Varchar (30)	-	No	-
Oil_condition	Varchar (30)	-	No	-
Fuel_injecton	Varchar (30)	-	No	-
Exhust_gas	Varchar (30)	-	No	-
Mesin	Varchar (30)	-	No	-

➤ Tabel History

Tabel *history* memiliki 8 atribut yaitu: id_history, tgl, idling_system, temperature, oil_condition, fuel_injecton metode dan kesimpulan Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

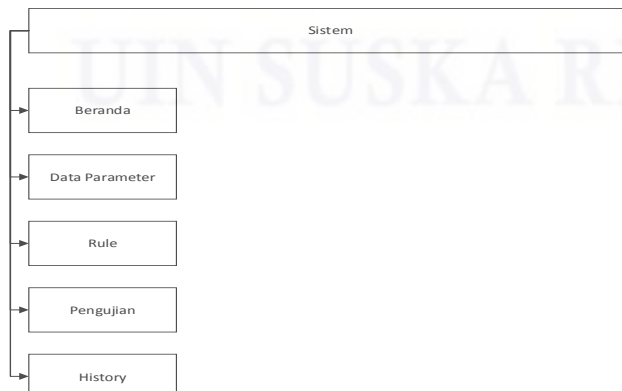
Tabel 4.11 Konseptual Model Tabel *History*

Nama Field	Type dan Length	Primary Key	Null	Default
Id_history	Int (11)	Yes	No	-
Tgl	Double	-	No	-
Idling_system	Double	-	No	-
Temperature	Double	-	No	-
Oil_condition	Double	-	No	-
Fuel_injecton	Double	-	No	-
Exhust_gas	Double	-	No	-
Metode	Varchar (200)	-	No	-
Kesimpulan	Double	-	No	-

4.4.4 Perancangan Struktur Menu

Perancangan struktur menu menggambarkan hubungan halaman dengan halaman yang lainnya. Menu merupakan salah satu bagian penting dalam merancang sebuah sistem antar muka, karena melalui menu dapat dilihat bagaimana struktur sistem antar muka ini terbentuk.

Adapun struktur menu pada sistem ini terdiri dari Beranda, Data Parameter, Rule, Pengujian dan History. Rancangan struktur menu dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.



Gambar 4.24 Rancangan struktur menu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

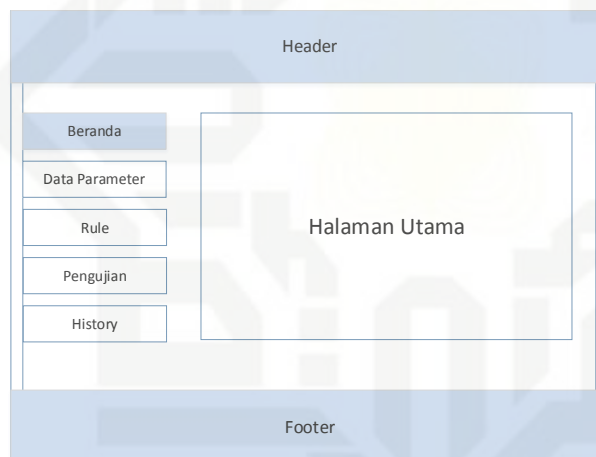
4.4.5 Perancangan *Interface*

perancangan *interface* merupakan perancangan sistem yang akan ditampilkan kepada *user*. Adapun halaman tampilan yg akan ditampilkan antaralain: halaman beranda, halaman data parameter, halaman *rule*, halaman pengujian dan halaman *history*.

A. Tampilan Halaman Beranda

Halaman beranda adalah halaman utamaa dari system perbandingan (FIS) *tukamoto* dan *mamdani* pada kerusakan mesin *hydraulic excavator*.

Rancangan *interface* halaman beranda dapat dilihat pada gambar 4.25 dibawah ini.



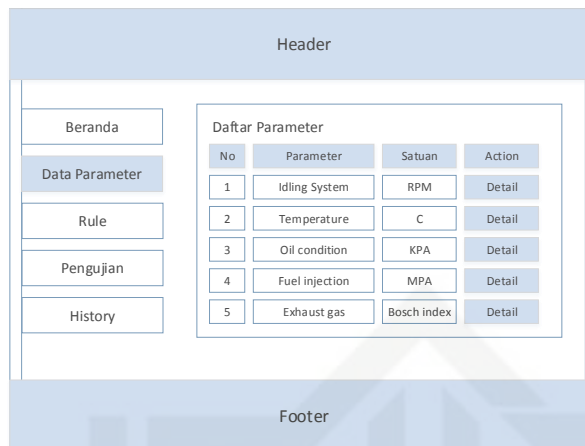
Gambar 4.25 Rancangan *Interface* Halaman Beranda

B. Tampilan Halaman Data Parameter

Halaman data parameter merupakan halaman yang menjadi kerusakan mesin *hydraulic excavator* diantaranya: *Idling system*, *Temperature*, *Oil condition*, *Fuel injection* dan *Exhaust gas*. Pada halaman ini *user* dapat melihat detail setiap parameter. Parameter tersebut disajikan dalam bentuk kurva trapesium.

Rancangan *interface* halaman data parameter dapat dilihat pada gambar 4.26 dibawah ini.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

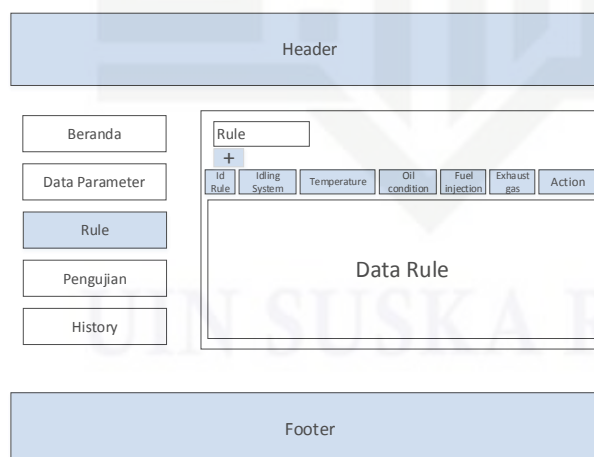


Gambar 4.26 Rancangan *Interface* Halaman Data Parameter

C. Tampilan Halaman Rule

Halaman *rule* merupakan halaman aturan – aturan *fuzzy* yang dihasilkan dari parameter kerusakan mesin *hydraulic excavator*. Pada halaman ini *user* dapat jumlah *rule* yang dihasilkan dari parameter kerusakan mesin *hydraulic excavator*.

Rancangan *interface* halaman *Rule* dapat dilihat pada gambar 4.27 dibawah ini.

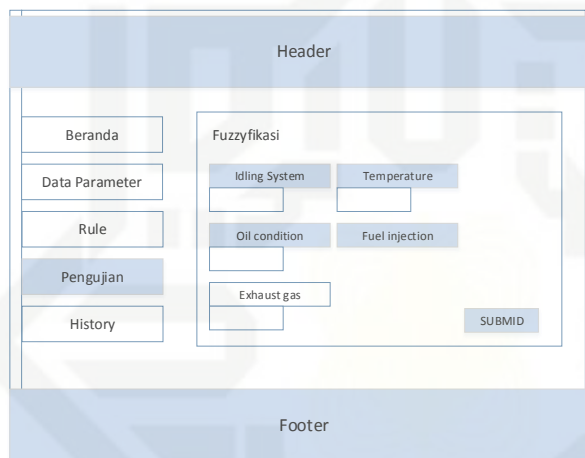


Gambar 4.27 Rancangan *Interface* Halaman Rule

D. Tampilan Halaman Pengujian

Pada halaman pengujian, *user* dapat menginputkan data – tada parameter kerusakan kerusakan mesin *hydraulic excavator*. Ketika user mengklik SUBMID akan ditampilkan perbandingan (FIS) *tsukamoto* dan *mamdani*, sehingga dihasilkan tingkat kerusakan mesin *hydraulic excavator*.

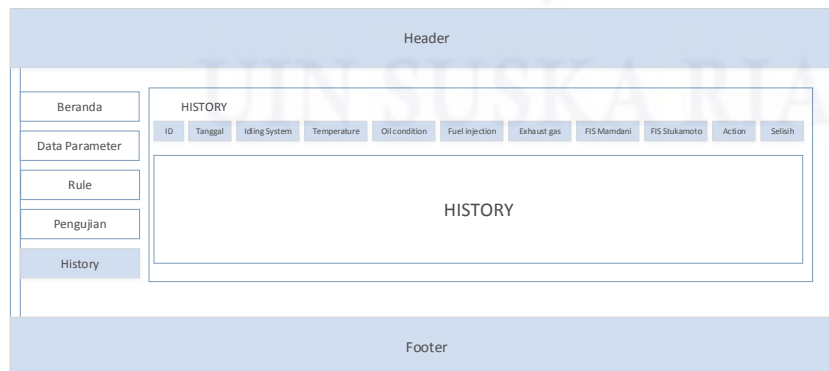
Rancangan *interface* halaman pengujian dapat dilihat pada gambar 4.28 dibawah ini.



Gambar 4.28 Rancangan *Interface* Halaman Pengujian

E. Tampilan Halaman History

Pada halaman history user dapat melihat pengujian yang pernah dilakukan. Rancangan *interface* halaman *history* dapat dilihat pada gambar 4.29 dibawah ini.



Gambar 4.29 Rancangan *Interface* Halaman *History*