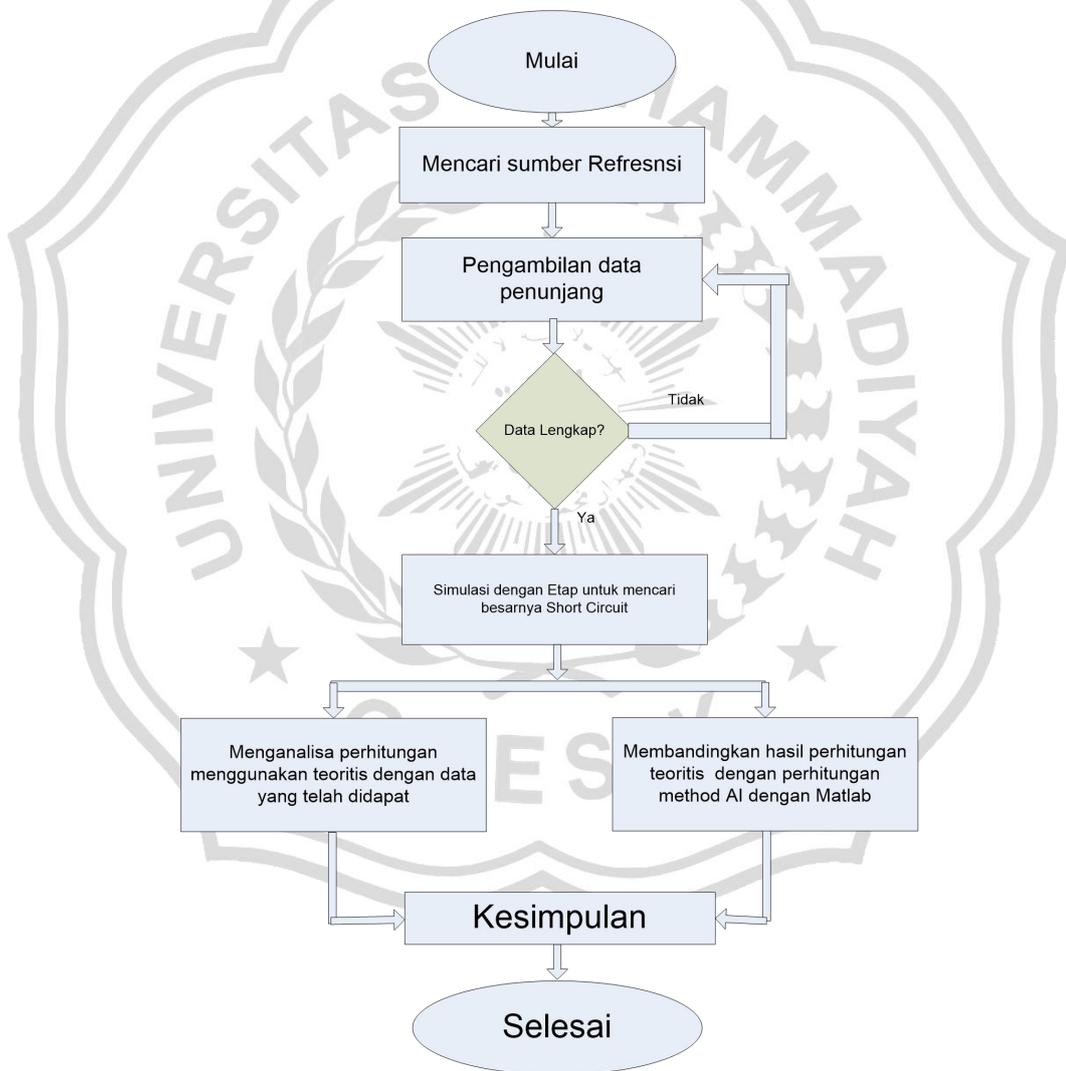


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian kali ini penulis menggunakan metode litelur. Langkah pertama yaitu dengan mengumpulkan data yang diperlukan dalam melakukan analisa ini dengan langsung di wilayah kerja PT PLN (Persero) UPT Gresik, lebih tepatnya di Gardu Induk PLTU Gresik. Adapun alur metodologi penyelesaian tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penyelesain Tugas Akhir

3.1 Studi Literatur

Metode penelitian dimulai dengan studi literatur, yaitu mencari informasi melalui buku-buku, jurnal, artikel, dan internet yang berhubungan dengan elemen-elemen yang dipakai dalam penelitian ini.. Adapun literatur-literatur yang diteliti dari penelitian ini antara lain :

- a. Sistem Tenaga Listrik
- b. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi setting relay differential
- c. Cara perhitungan dalam penentuan setting relay differential
- d. Software Etap 12.6
- e. Software Matlab 2016a
- f. Metode Logika Fuzzy

3.2 Pengumpulan Data

Pada bagian ini penulis melakukan pengumpulan data terkait penelitian ini sebagai penunjang akan penyelesaian tugas akhir ini. Untuk metode pengumpulan data sendiri dengan melakukan wawancara langsung kepada pihak terkait yaitu engineer proteksi PT PLN (Persero) ULTG Gresik dan pengambilan data apa saja yang dibutuhkan terkait akan penelitian ini :

- a. Daya maksimal yang tersalurkan
- b. Ratio Current Transformer primer dan sekunder
- c. Data Setting Relay
- d. Single Line Diagram Gardu Induk PLTU Gresik dan KTT Wilmar

3.3 Gambaran Skema Proteksi

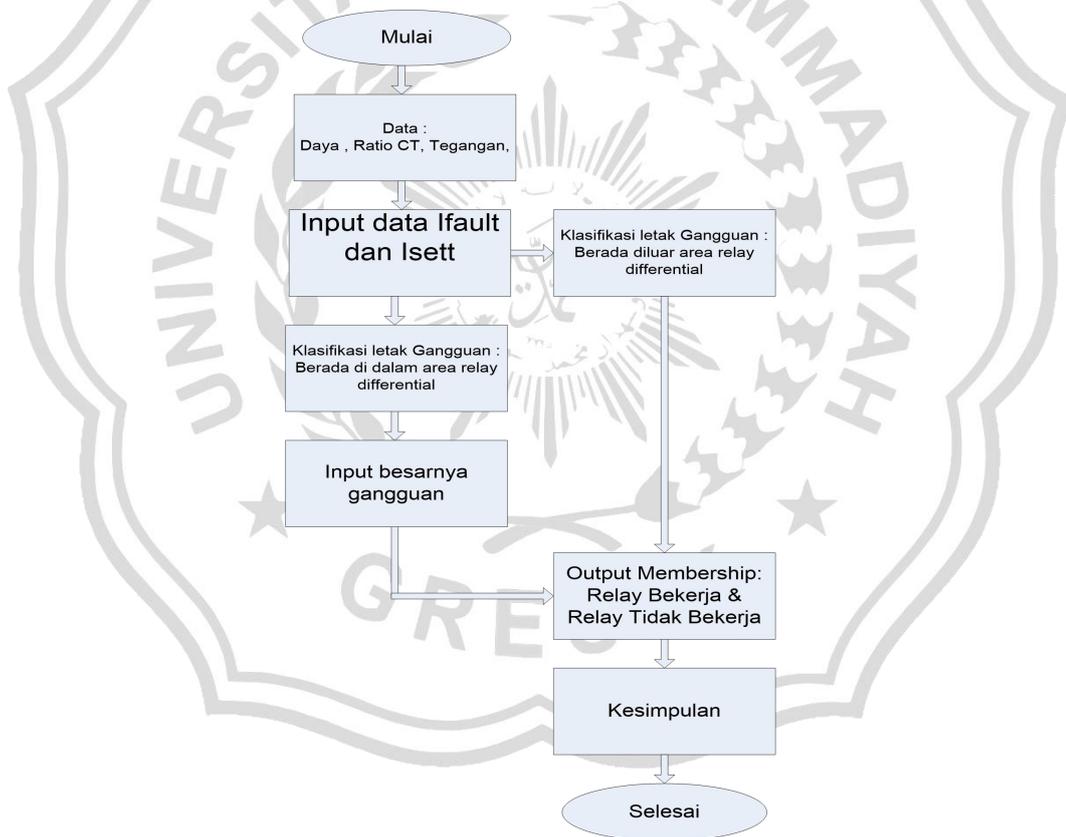
Pada bagian ini yang dilakukan oleh peneliti adalah bagaimana gambaran mengenai data yang telah dikumpulkan dan data tersebut akan dijadikan sebuah Single Line Diagram yang akan menjadi gambaran tentang proteksi relay line differential. Dalam gambaran sistem ini penulis menggunakan software Etap 12.6. Software Etap 12.6 adalah sebuah perangkat lunak untuk sistem tenaga listrik yang dapat digunakan untuk mencari data real time, Load Flow Analisis, maupun Short Circuit. Untuk Penelitian ini, menggunakan software Etap 12.6 ini untuk menganalisa keandalan relay differensial. Dengan simulasi ini mencoba untuk mencari besarnya arus gangguan dengan menggunakan fitur atau fasilitas yang disediakan oleh software Etap 12.6 yang besarnya arus gangguan tersebut akan dianalisa menggunakan perhitungan manual atau teoritis dan menggunakan Metode *Artificial Intelegen Logic Fuzzy*.

3.5 Setting Relay Differential manual

Sistem proteksi dituntut untuk andal, selektif, sensitif dan cepat. Hal ini merupakan dasar dari pembagian cara kerja sistem proteksi. Dalam penelitian ini relay differential sebagai pengaman utama atau main protection pada Saluran Kabel Tegangan Tinggi Gardu Induk PLTU Gresik – Wilmar. Untuk meneliti apakah settingan tersebut ada beberapa hal yang perlu dicari guna melakukan perhitungan secara manual. Yang pertama adalah Besarnya Maksimal daya (S) yang telah disepakati oleh PT Wilmar & PT PLN sebagai acuan batasan arus maksimal yang dapat didistribusikan. Kemudian langkah selanjutnya adalah mengetahui besarnya tegangan yang digunakan. Setelah mengetahui batasan-

batasan kontrak supply tenaga listrik,selanjutnya adalah mengetahui Ratio Current Transformator (Transformator Arus) yang digunakan baik yang digunakan di sisi Primer (sumber) dan Sekunder (Konsumen). Dan barulah kita dapat melakukan perhitungan secara manual atau teoritisnya. Dari hasil perhitungan tersebut peneliti mencoba menggunakan besarnya Short Circuit atau Arus Hubung Singkat yang telah disimulasikan dengan Software Etap 12.6 apabila hasil simulasi sama dengan perhitungan manual maka secara teoritis setting relay differential tersebut sudah benar.

3.6 Method Fuzzy Logic



Gambar 3.2 Flowchart Fuzzy logic

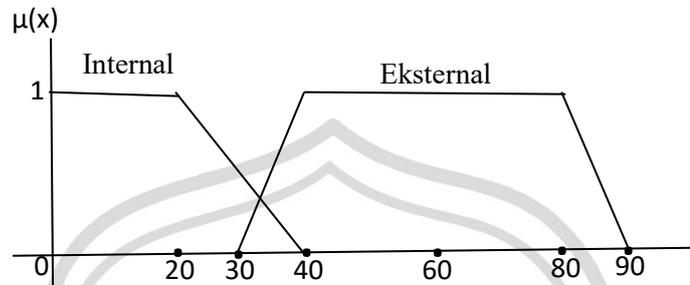
Setelah melakukan perhitungan secara matematis, kemudian selanjutnya hasil matematis tersebut digunakan dalam metode Artificial Intelligence yang

menggunakan fuzzy logic sebagai dasar programnya untuk menentukan keandalan dari relay differential ketika merasakan adanya gangguan. Untuk relay differential ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi keandalannya. Salah satunya yaitu Slope (kecuraman) yang digunakan untuk membatasi batas settingan relay. Dalam penggunaan metode ini akan dijelaskan pada flowchart

Dari gambar 3.2, terlihat bahwa bagaimana alur dalam menggunakan metode logika fuzzy dalam menentukan setting relay differential berdasarkan logika fuzzy tsukamoto.

1. Langkah pertama dalam tahapan ini adalah mencari data apa saja yang diperlukan dalam hal setting relay differential :
 - Lokasi Gangguan memiliki semesta pembicaraan [0-90]
Dengan domain [Slope 1 =0-30; Slope 2 = 30-80]
 - Besarnya Idiff memiliki semesta pembicaraan [0-80]
Dengan domain [Idiff < Isett = 0-30 ;Idiff>Isett = 30-80]
 - Status relay differential memiliki semesta pembicaraan [0-100]
Dengan domain [Bekerja= 51-100; Tidak Bekerja=0-50]
 - Kesimpulan memiliki semesta pembicaraan [0-100] dengan domain [tidak handal = 0-50; handal = 60-100]
2. Kemudian untuk langkah selanjutnya yaitu memasukkan Nilai-nilai yang akan digunakan untuk menggunakan metode logika fuzzy. Adapun input yang digunakan dalam metode ini :
 - Nilai lokasi gangguan : untuk variabel input nilai lokasi gangguan terdiri dari 2 nilai linguistik, yaitu lokasi internal dan eksternal. Adapun yang dimaksud internal ini adalah lokasi gangguan berada lingkup relay

differential yang mencakup 2 buah Current Transformator yang sebagai inputan relay. Begitu pula sebaliknya untuk lokasi eksternal merupakan gangguan yang berada diluar kerja relay differential.

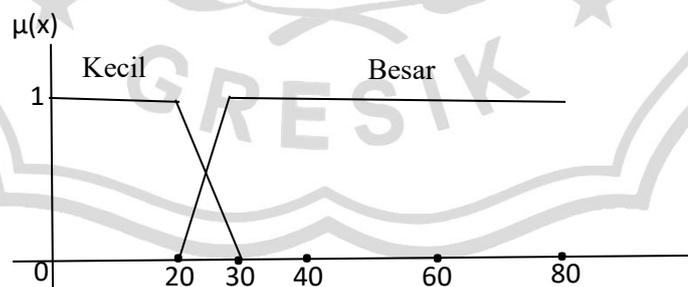


Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan “Lokasi Gangguan”

$$\mu \text{ Nilai lokasi Internal [x]} = \begin{cases} 0, & x \geq 39 \\ \frac{39-x}{39-30}, & 30 < x < 39 \\ 1, & 0 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu \text{ Nilai lokasi Eksternal [x]} = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-30}{40-30}, & 30 \leq x < 40 \\ 1, & 40 \leq x \leq 80 \\ \frac{90-x}{90-80}, & 80 < x < 90 \end{cases} \quad (3.2)$$

- Nilai Idiff fault : untuk variabel input nilai Idifferential fault terdiri dari 2 nilai linguistik, yaitu nilai dibawah dan diatas. Yang dimaksud dengan batas bawah adalah besaran nilai untuk Idiff fault

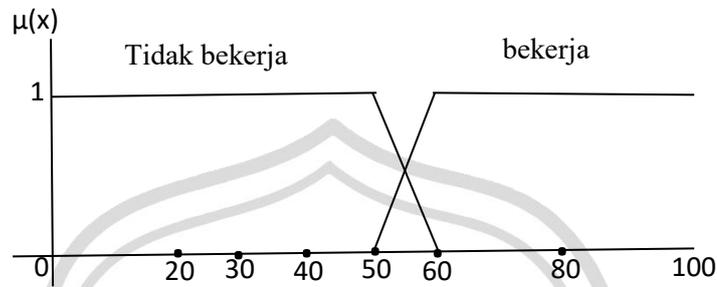


Gambar 3.4. Fungsi Keanggotaan “Besaran Gangguan”

$$\mu \text{ Nilai kecil [x]} = \begin{cases} 0, & x \geq 30 \\ \frac{30-x}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 1, & 0 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu \text{ Nilai besar [x]} = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{30-20}, & 20 \leq x < 30 \\ 1, & 30 \leq x \leq 80 \end{cases} \quad (3.4)$$

- Status Relay : suatu variabel input sebagai status relay yang terdiri dari 2 nilai linguistik, yaitu Status Relay tidak bekerja dan bekerja. Hal ini juga bisa menjadi pertimbangan apakah relay tersebut andal atau tidak.

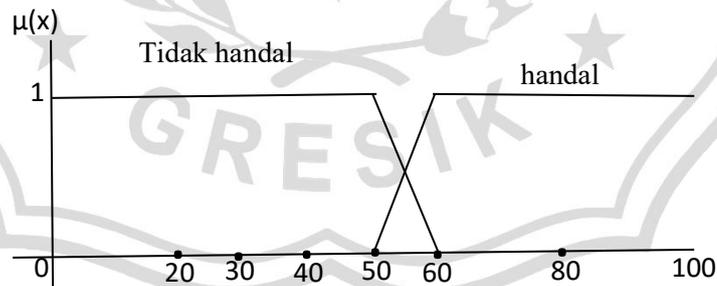


Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan “Kondisi Relay”

$$\mu_{\text{Status Relay tidak Bekerja}} [x] = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-50}, & 50 \leq x < 60 \\ 1, & 0 < x \leq 50 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{Status Relay bekerja}} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{60-50}, & 50 < x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (3.6)$$

Sedangkan untuk nilai output dengan Nilai Keterangan Kinerja relay : nilai linguistik kinerja relay terdiri dari 2 yaitu relay tidak dan relay baik. Adapun ketentuan yang digunakan sebagai berikut :



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan “kesimpulan”

$$\mu_{\text{kinerja relay tidak handal}} [x] = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-50}, & 50 \leq x < 60 \\ 1, & 0 \leq x \leq 50 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{kinerja relay handal}} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 51 \\ \frac{x-50}{60-50}, & 51 < x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (3.8)$$

3. Langkah yang ketiga yaitu Inference Engine dalam menentukan keputusan

logika fuzzy. Dalam hal ini peneliti merumuskan keputusan logika seperti tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Rules Evaluation dalam penggunaan Metode Fuzzy

No.	Lokasi Gangguan	Besarnya Gangguan	Kinerja Relay differential	Kesimpulan
1	Eksternal	lebih kecil	tidak bekerja	Baik
2	Eksternal	lebih kecil	Bekerja	tidak baik
3	Eksternal	lebih besar	tidak bekerja	Baik
4	Eksternal	lebih besar	Bekerja	tidak baik
5	Internal	lebih kecil	Bekerja	tidak baik
6	Internal	lebih besar	Bekerja	Baik
7	Internal	lebih besar	tidak bekerja	tidak baik
8	Internal	lebih kecil	tidak bekerja	Baik

Dari tabel 3.1 diatas terlihat bahwa dalam penggunaan logika fuzzy ini menggunakan 3 inputan dan menghasilkan 1 buah output. Untuk input sudah dijelaskan pada langkah sebelumnya, sedangkan outputnya akan dijelaskan pada langkah berikutnya dalam penggunaan logika fuzzy

4. Langkah keempat yaitu penentuan fungsi implikasi yang akan digunakan.

Dalam penelitian ini fungsi implikasi yang digunakan adalah *MIN* (dengan cara mengambil nilai terkecil dalam aturan *i*). Adapun cara penggunaan fungsi implikasi *MIN* sebagai berikut :

$$\alpha_i = \min \{ \mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x), \mu_{C_i}(x) \}$$

[R1] Jika Gangguan **Eksternal** dan besarnya arus gangguan **lebih kecil** dari arus setting dan relay **tidak bekerja**, maka kinerja relay **baik**

$$\alpha_1 = \min \{ \mu_{\text{eksternal}}(x), \mu_{\text{lebih kecil}}(x), \mu_{\text{tidak bekerja}}(x) \}$$

[R2] Jika Gangguan **Eksternal** dan besarnya arus gangguan **lebih kecil** dari arus setting dan relay **bekerja**, maka kinerja relay **tidak baik**

$$\alpha_2 = \min \{ \mu_{\text{eksternal}}(X), \mu_{\text{lebih kecil}}(X), \mu_{\text{bekerja}}(X) \}$$

[R3] Jika Gangguan **Eksternal** dan besarnya arus gangguan **lebih besar** dari arus setting dan relay **tidak bekerja**, maka kinerja relay **baik**

$$\alpha_3 = \min \{ \mu_{\text{eksternal}}(X), \mu_{\text{lebih besar}}(X), \mu_{\text{tidak bekerja}}(X) \}$$

[R4] Jika Gangguan **Eksternal** dan besarnya arus gangguan **lebih besar** dari arus setting dan relay **bekerja**, maka kinerja relay **tidak baik**

$$\alpha_4 = \min \{ \mu_{\text{eksternal}}(X), \mu_{\text{lebih besar}}(X), \mu_{\text{bekerja}}(X) \}$$

[R5] Jika Gangguan **Internal** dan besarnya arus gangguan **lebih kecil** dari arus setting dan relay **bekerja**, maka kinerja relay **tidak baik**

$$\alpha_5 = \min \{ \mu_{\text{internal}}(X), \mu_{\text{lebih kecil}}(X), \mu_{\text{bekerja}}(X) \}$$

[R6] Jika Gangguan **Internal** dan besarnya arus gangguan **lebih besar** dari arus setting dan relay **bekerja**, maka kinerja relay **baik**

$$\alpha_6 = \min \{ \mu_{\text{internal}}(X), \mu_{\text{lebih besar}}(X), \mu_{\text{bekerja}}(X) \}$$

[R7] Jika Gangguan **Internal** dan besarnya arus gangguan **lebih besar** dari arus setting dan relay **tidak bekerja**, maka kinerja relay **tidak baik**

$$\alpha_7 = \min \{ \mu_{\text{internal}}(X), \mu_{\text{lebih besar}}(X), \mu_{\text{tidak bekerja}}(X) \}$$

[R8] Jika Gangguan **Eksternal** dan besarnya arus gangguan **lebih kecil** dari arus setting dan relay **tidak bekerja**, maka kinerja relay **baik**

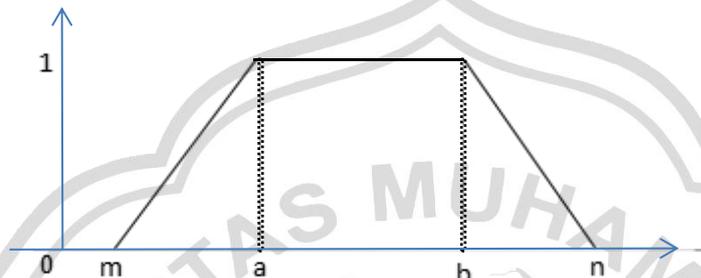
$$\alpha_8 = \min \{ \mu_{\text{internal}}(X), \mu_{\text{lebih kecil}}(X), \mu_{\text{tidak bekerja}}(X) \}$$

5. Selanjutnya untuk langkah kelima yaitu defuzzifikasi guna mencari besarnya output crisp dengan cara defuzzifikasi dengan rata-rata terpusat. Metode defuzzifikasi menggunakan center average sesuai dengan ketentuan logika

fuzzy tsukamoto. Untuk rumusnya sebagai berikut :

$$z = \frac{a_i + z_i}{z_i} \quad (3.09)$$

Dalam mencari nilai defuzzifikasi terdapat 2 kondisi, Pada rule yang pertama memiliki output “tidak baik” dapat digunakan apabila nilai $m=a$. adapun rumus yang telah digunakan sebagai berikut :



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Trapesium

$$\begin{aligned} \text{crisp} &= \mu_i * (b-n) + b; \\ \text{Center Persegi} &= a + ((\text{crisp} - a) / 2); \\ \text{Luas Persegi} &= (\text{crisp} - a) * x; \\ \text{Center Segitiga} &= ((b - \text{crisp}) / 3) + \text{crisp}; \\ \text{luasSegitiga} &= (b - \text{crisp}) * x / 2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Pada rule yang kedua memiliki output “baik” dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{crisp} &= -(\mu_i * (m-a) - m); \\ \text{centerPersegi} &= \text{crisp} + ((b - \text{crisp}) / 2); \\ \text{luasPersegi} &= (b - \text{crisp}) * x; \\ \text{centerSegitiga} &= (2 * (\text{crisp} - a) / 3) + a; \\ \text{luasSegitiga} &= (\text{crisp} - a) * x / 2 \end{aligned} \quad (3.11)$$

Setelah mendapatkan hasil output pada masing-masing rule, selanjutnya dilakukan rata-rata tepusat untuk mencari hasil yang diinginkan dengan cara dibawah ini :

$$Z_i = \frac{(Center\ persegi * luas\ persegi) + (Center\ segitiga * luas\ segitiga)}{(luas\ persegi + luas\ segitiga) * i}$$

