

BAB III

METODOLOGI

3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

3.1.1 Metode Analisis

Tahap analisis digunakan untuk mengetahui dan menerjemahkan semua permasalahan serta kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan sistem yang akan dibangun, yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk kepentingan membangun sistem.

Untuk aplikasi *fuzzy* pendukung keputusan pada penentuan ketinggian level isi tangki ini di rancang dengan menggunakan metode Mamdani, sedangkan untuk perhitungan statistiknya dirancang dengan menggunakan metode regresi berganda. Untuk melihat proses aplikasi pada penentuan level isi tangki yang mencakup proses input, proses output dinyatakan dengan menggunakan metode berarah alir (*flow chart*) dan pendekatan terstruktur (*structured approach*). Diagram alir (*flow chart*) digunakan untuk menggambarkan sistem baru yang akan dikembangkan secara logis tanpa mempertimbangkan terlebih dahulu lingkungan fisik dimana sistem ini akan digunakan, pada tahap ini digunakan notasi-notasi untuk menggambarkan arus data dimana akan sangat membantu dalam proses komunikasi dengan pemakai.

Pendekatan terstruktur dilengkapi dengan alat-alat (*tools*) berupa komputer yang dibutuhkan dan teknik-teknik, yaitu metode dan fungsi- fungsi yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem sehingga hasil analisis dari sistem yang dikembangkan akan menghasilkan sistem yang strukturnya dapat didefinisikan dengan baik dan jelas.

3.1.2 Hasil Analisis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka dapat diketahui apa saja yang menjadi masukan sistem, keluaran sistem, fungsi atau metode yang digunakan oleh sistem, kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak serta antar muka sistem yang akan dibuat, sehingga sistem yang dibuat nantinya sesuai dengan apa yang diharapkan.

3.1.2.1 Analisis Masukan Sistem

Masukan untuk sistem fuzzy untuk pendukung keputusan pada penentuan ketinggian level isi tangki dengan menggunakan metode Mamdani ini adalah:

- a. Variabel input, yang terdiri dari masukan
 - Nama input variabel yang mempunyai 2 input, yaitu : input arus dalam satuan ampermeter, dan input cacah.
 - Batas minimum dan maksimum input variabel.
 - Nama himpunan input variabel
 - Jenis representasi kurva

- Masukkan berupa parameter-parameter kurva

Dari masing-masing input untuk variabel tersebut dibuat fungsi keanggotaannya berdasarkan tipe dari fungsi yang akan dipakai.

Aturan-aturan yang akan dibentuk berdasarkan pada data variabel input dan output. Dan operator yang dipakai dalam hal ini adalah AND.

- b. Fungsi implikasi yang dipakai

Dalam hal ini fungsi implikasi yang akan dipakai adalah fungsi *Minimum*.

- c. Metode agrerasi

Dalam hal ini metode agrerasi yang akan dipakai adalah metode *Maximum*

- d. Metode defuzzy

Dalam hal ini metode *defuzzy* yang akan dipakai yaitu metode *Centroid*

Adapun masukan yang digunakan dalam penentuan level isi tangki dengan menggunakan perhitungan statistik metode regresi berganda adalah dua variabel input bebas yaitu arus dan cacah, dan satu variabel input lepas yaitu level.

3.1.2.2 Analisis Kebutuhan Proses

Beberapa proses yang dilakukan di dalam sistem adalah :

- a. Proses memasukan variabel input dan variabel output.
- b. Proses memasukkan himpunan input dan himpunan output.
- c. Proses penghitungan derajat keanggotaan (*fire strength*) untuk tiap-tiap variabel berdasarkan jenis representasi kurva

- d. Proses perhitungan predikat dari tiap-tiap aturan.
- e. Proses komposisi antar semua aturan-aturan yang akan menghasilkan fungsi keanggotaan dari komposisi tersebut.
- f. Proses defuzzifikasi dilakukan dengan metode Centroid

Metode centroid yaitu metode dengan solusi crisp yang diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.22) untuk variabel kontinu dan persamaan (2.23) untuk variabel diskret.

3.1.2.3 Analisis Keluaran Sistem

Keluaran pada sistem ini adalah level ketinggian isi tangki dengan perhitungan fuzzy metode mamdani dan level ketinggian isi tangki dengan perhitungan statistik metode regresi berganda.

3.1.2.4 Analisis Kebutuhan Fungsi

Fungsi-fungsi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penentuan ketinggian level isi tangki ini adalah fungsi-fungsi yang dimiliki oleh algoritma inferensi sistem fuzzy dengan menggunakan metode Mamdani yang terdiri dari proses pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi (aturan), komposisi aturan, penegasan (defuzzy).

3.1.2.5 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk pengembangan dan implementasi sistem fuzzy untuk proses pengambilan keputusan dengan menggunakan metode Mamdani, yaitu:

1. Sistem operasi Windows XP, adalah sistem operasi yang digunakan untuk implementasi perangkat lunak
2. Borland delphi 7, yaitu merupakan kakas pemrograman untuk membangun perangkat lunak ini.

3.1.2.6 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras (*hardware*) ini dapat berjalan dengan baik, apabila memenuhi standar minimal dari perangkat keras (*hardware*). Perangkat keras yang digunakan minimal memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Satu unit komputer dengan spesifikasi minimum *Processor Pentium II* 300 MHz, RAM 64 MB dan *Hard Disk* 500 MB.
2. Satu unit *printer* HP3920 deskjet atau laser jet atau yang lebih tinggi.
3. Monitor VGA atau SVGA atau yang lebih tinggi lagi.
4. *Mouse*.
5. *Keyboard*.

3.1.2.7 Antarmuka Sistem

Antarmuka untuk perangkat lunak ini adalah antar muka berbasis windows. Selain itu *interface* ini dititikberatkan pada *interface* yang bersifat *user friendly* yang berarti lebih mudah untuk dioperasikan.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Metode Perancangan

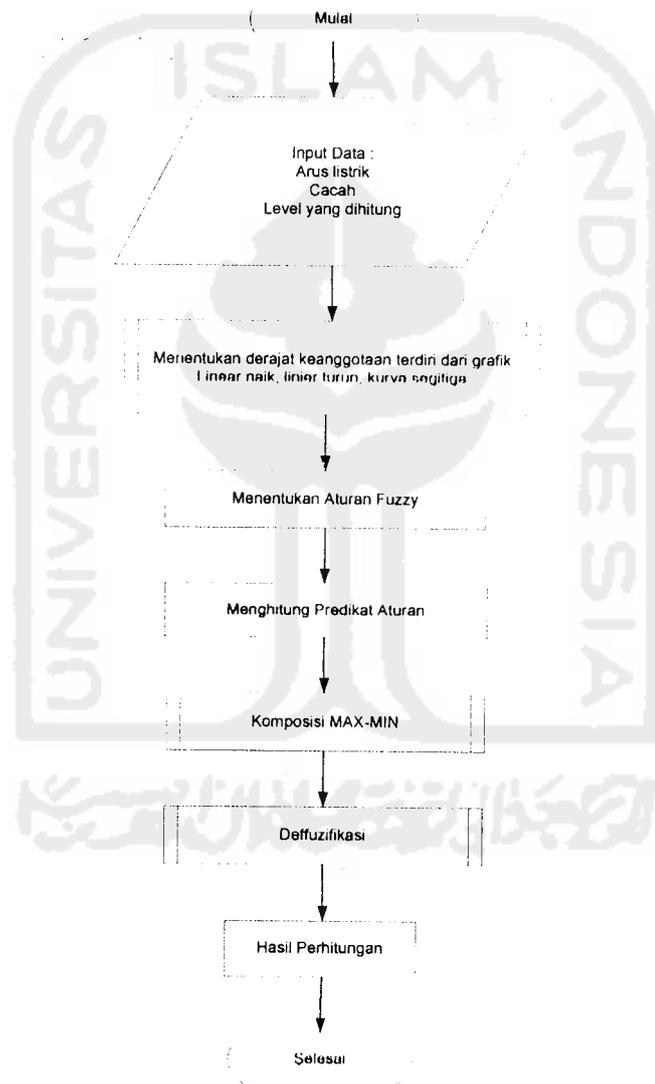
Metode yang digunakan dalam perancangan sistem pendukung keputusan menggunakan *fuzzy inference system* metode Mamdani dan statistik metode regresi berganda adalah dengan menggunakan bantuan diagram alir (*flowchart*). Flowchart merupakan teknik grafis yang menggambarkan aliran informasi dan transformasi yang diaplikasikan pada saat data bergerak dari input menjadi output. Flowchart juga digunakan untuk menyajikan sebuah sistem atau perangkat lunak pada setiap tingkat abstraksi.

3.2.1.1 Perancangan Diagram Alir Sistem

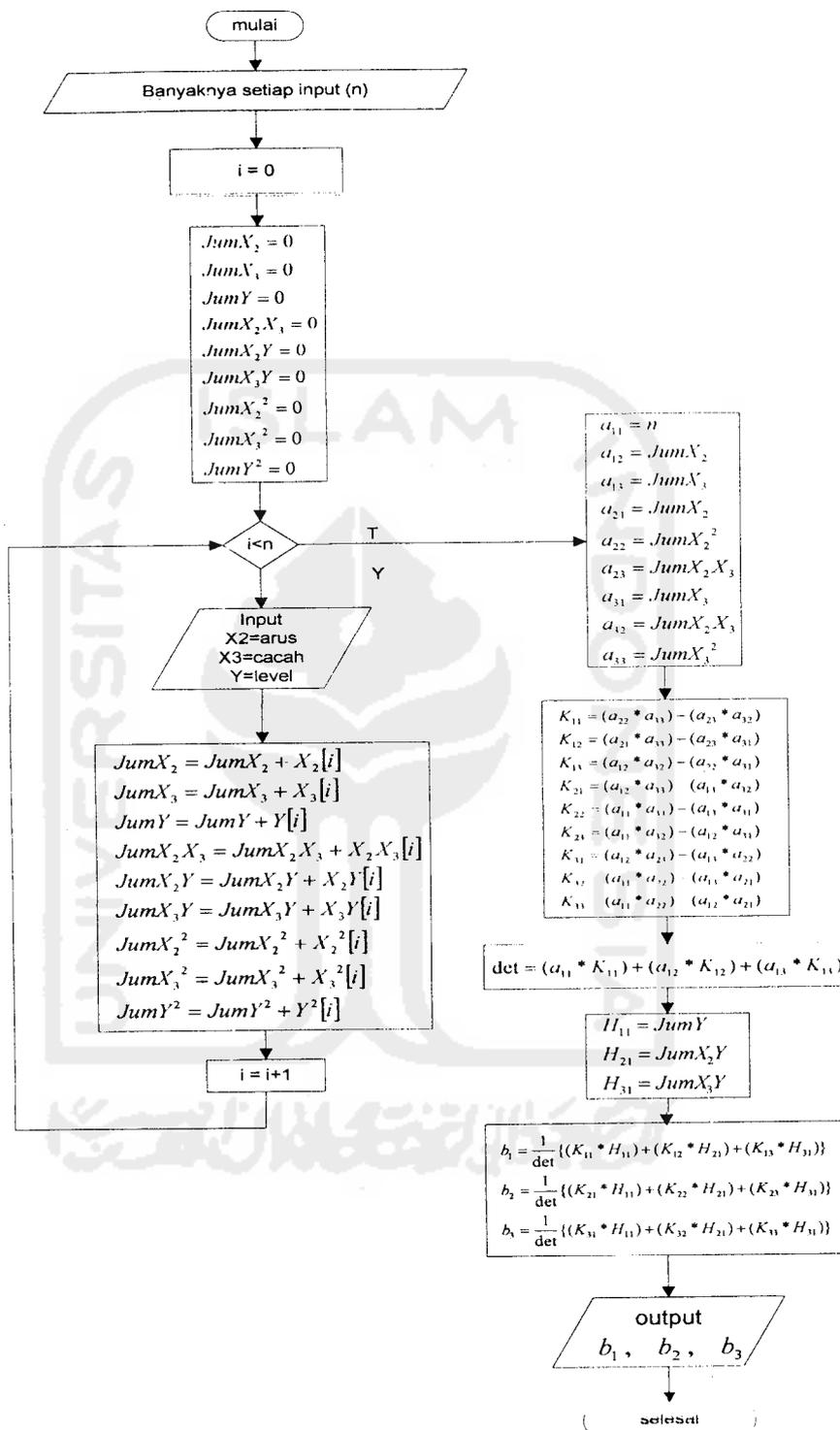
Untuk mempermudah penggambaran suatu proses menjadi sistem yang mudah untuk dikembangkan secara logika maka digunakan bagan alir atau *flowchart*. *Flowchart* adalah gambaran keseluruhan langkah kerja dan sistem yang akan dibuat dan juga akan digunakan untuk menentukan langkah-langkah kerja, mulai dari

perancangan antarmuka sampai pembuatan laporan - laporan yang dibutuhkan pemakai

Gambar 3.1 menunjukkan flowchart sistem fuzzy untuk pendukung keputusan menggunakan *fuzzy inference system* metode Mamdani, dan gambar 3.2 menunjukkan flowchart perhitungan statistik metode regresi berganda.



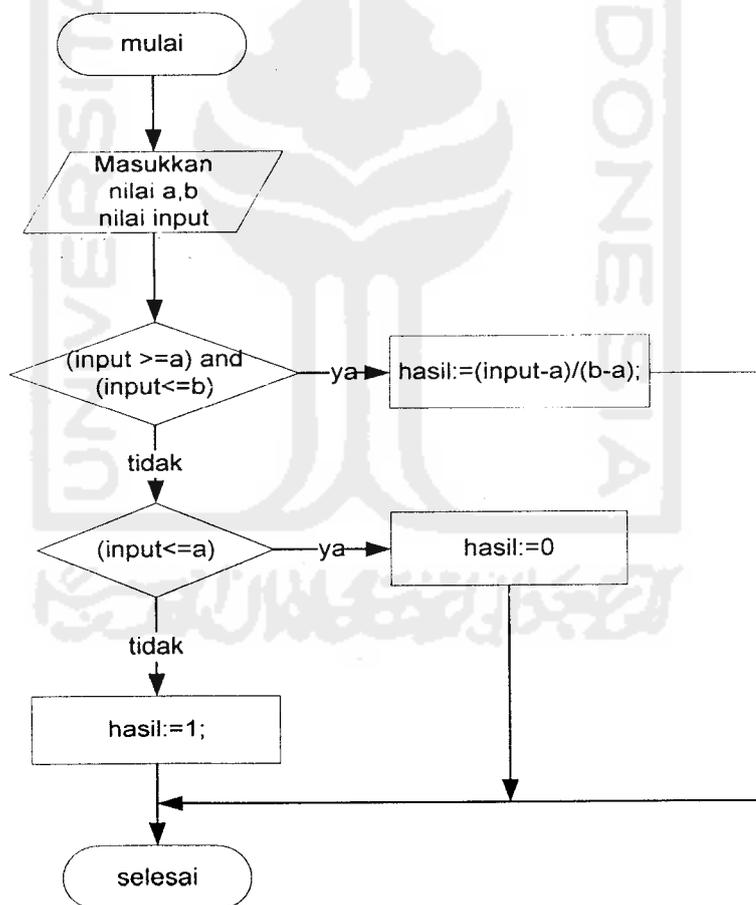
Gambar 3.1 Flowchart Proses Penyelesaian Masalah FIS Metode Mamdani



Gambar 3.2 Flowchart Regresi Berganda

3.2.1.1.1 Flowchart Linier Naik

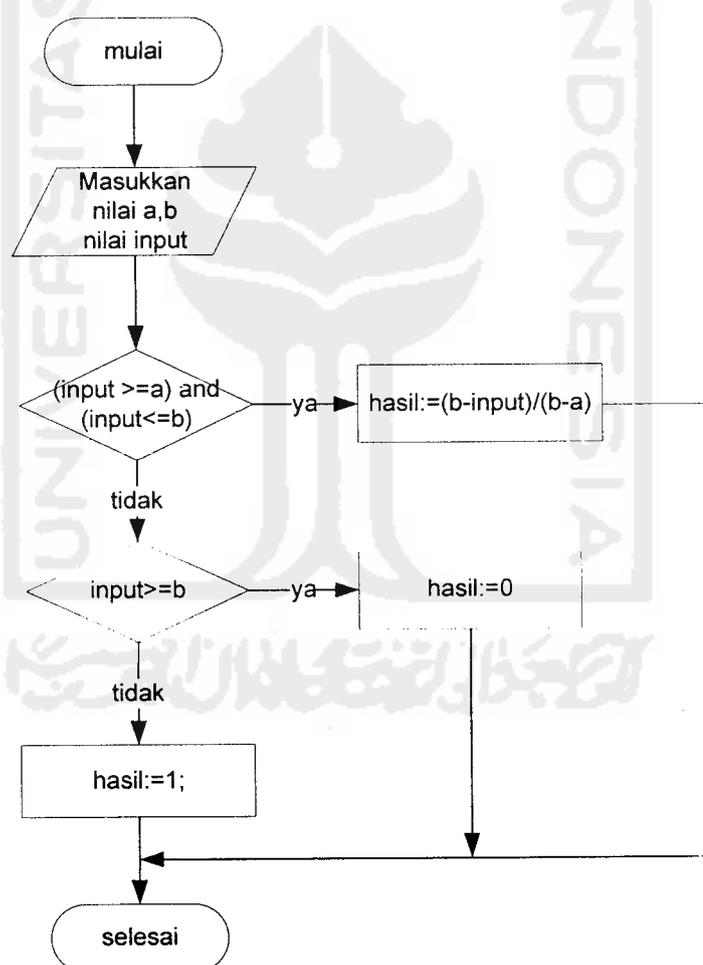
Flowchart linier naik menggambarkan proses yang dilakukan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan variabel *input* yang dimasukkan *user* berdasarkan rumusan fungsi linier naik. Inisialisasi awal fungsi linear naik adalah dengan memasukkan nilai *input*, nilai *a* (nilai minimum domain) dan nilai *b* (nilai maksimum domain). Dilanjutkan proses kondisional untuk mendapatkan hasil. Hasil merupakan derajat keanggotaan himpunan Fuzzy. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Flowchart Linier Naik

3.2.1.1.2 Flowchart Linier Turun

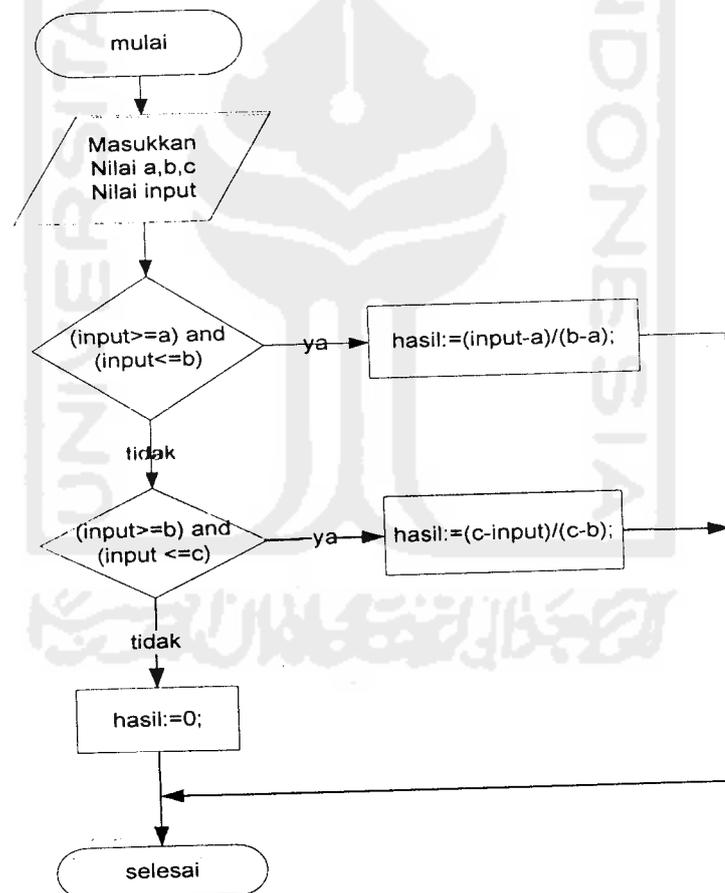
Flowchart linier turun menggambarkan proses yang dilakukan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan variabel *input* yang dimasukkan *user* berdasarkan rumusan fungsi linier turun. Inisialisasi awal fungsi linear turun adalah dengan memasukkan nilai *input*, nilai *a* (nilai minimum domain) dan nilai *b* (nilai maksimum domain). Dilanjutkan proses kondisional untuk mendapatkan hasil. Hasil adalah derajat keanggotaan himpunan *fuzzy*. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Flowchart Linier Turun

3.2.1.1.3 Flowchart Kurva Segitiga

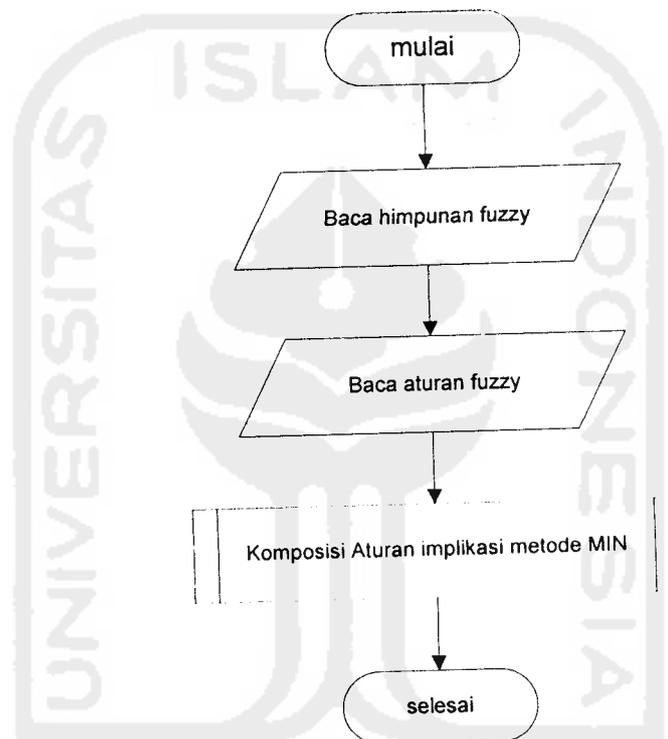
Flowchart segitiga menggambarkan proses yang dilakukan untuk melakukan perhitungan derajat keanggotaan variabel *input* yang dimasukkan user berdasarkan rumusan fungsi segitiga. Inisialisasi awal fungsi segitiga adalah dengan memasukkan nilai input (data yang dihitung), nilai a (nilai minimum domain), nilai b (nilai Tengah domain) dan nilai c (nilai maksimum domain). Dilanjutkan proses kondisional untuk mendapatkan hasil. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Flowchart Kurva Segitiga

3.2.1.1.4 Flowchart Proses Komposisi Max-Min

Flowchart proses komposisi *output* menggunakan metode Max-Min. Dalam penentuan komposisi *output* ini, data yang digunakan adalah data himpunan *fuzzy* dan aturan. Dapat dilihat detailnya pada gambar 3.6.

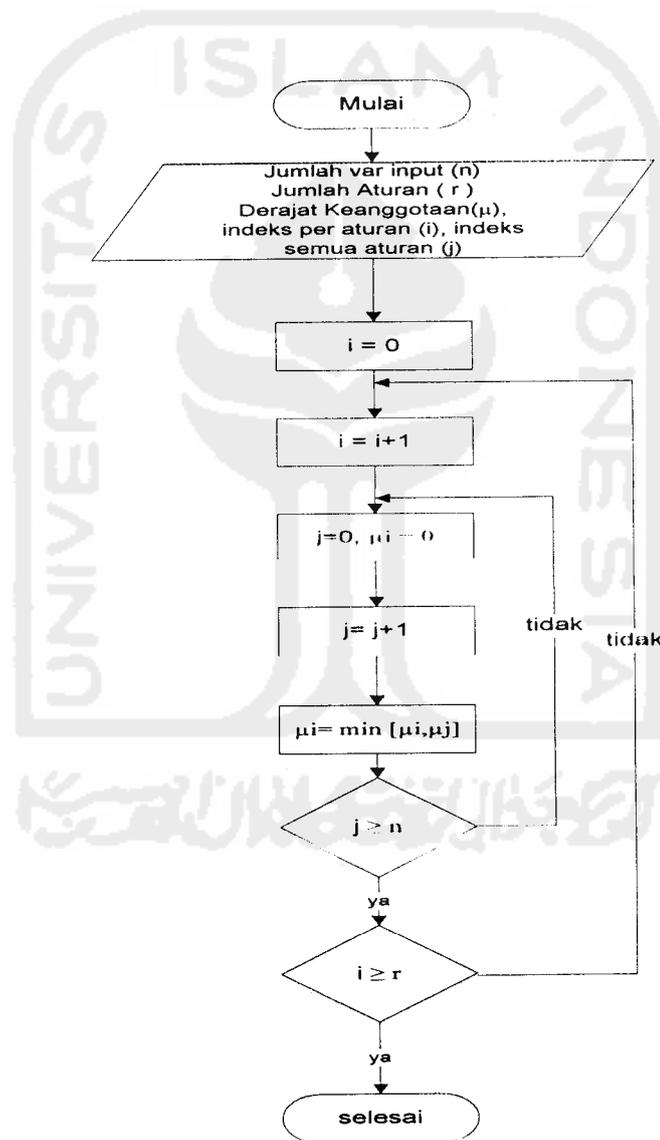


Gambar 3.6 Flowchart Proses Komposisi Max-Min

Terdapat proses yaitu proses komposisi aturan implikasi metode Min yang dapat dilihat detailnya pada gambar 3.7 dan proses komposisi semua output metode Max yang dapat dilihat pada gambar 3.8

3.2.1.1.5 Flowchart Proses Komposisi Aturan Implikasi Metode Min

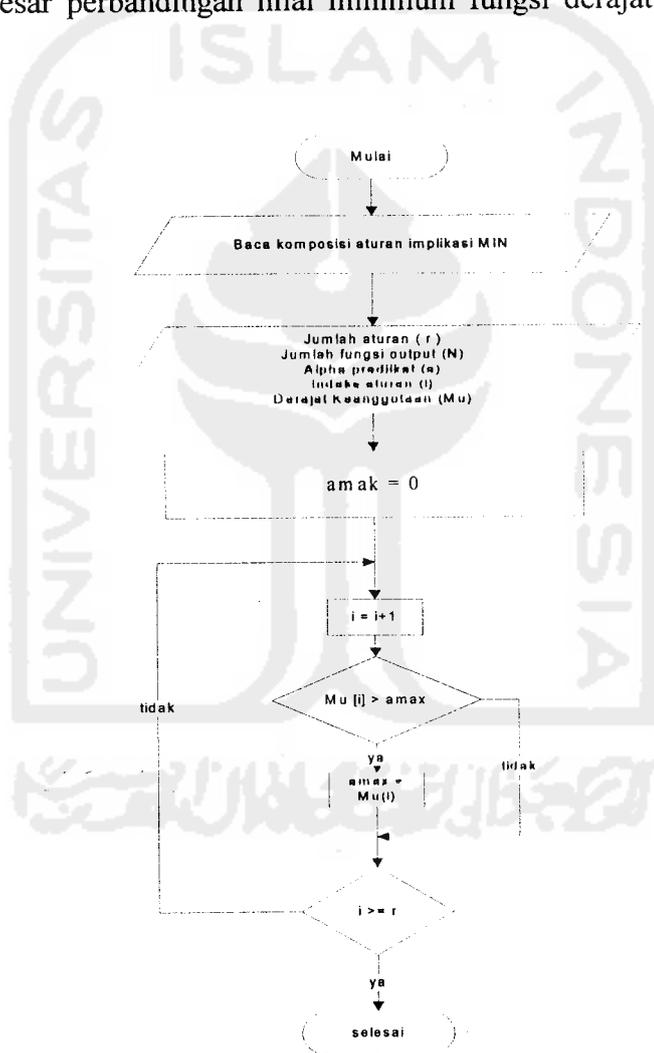
Dalam penentuan nilai aturan (μ_i), data yang digunakan adalah derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* yang digunakan, jumlah fungsi output (N), dan jumlah aturan (r). Operator dasar yang digunakan adalah *And* maka diambil nilai terkecil dari perbandingan derajat keanggotaan tiap nilai keanggotaan data input. (μ_j) setiap aturan.



Gambar 3.7 Flowchart Proses Komposisi Aturan Implikasi Metode Min

3.2.1.1.6 Flowchart Proses Komposisi Semua Output Metode Max

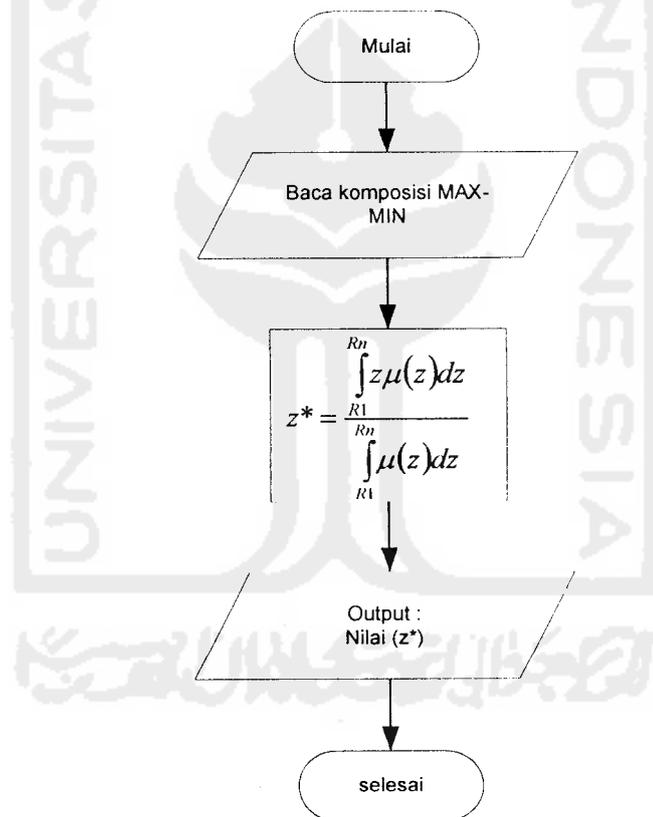
Dalam penentuan fungsi output yang digunakan maka diperlukan data dari komposisi aturan, data jumlah aturan (r), jumlah fungsi output (N) untuk menentukan kondisi berhenti proses, Nilai maksimum derajat keanggotaan (α_{\max}) menentukan fungsi output yang digunakan untuk komposisi fungsi selanjutnya. Nilai α_{\max} diambil dari nilai terbesar perbandingan nilai minimum fungsi derajat keanggotaan (α_{\min}) fungsi sejenis.



Gambar 3.8 Flowchart Proses Komposisi Semua Output Metode Max

3.2.1.1.7 Flowchart Defuzzy Centroid

Flowchart defuzzy Centroid menggambarkan proses yang dilakukan untuk menghitung *output* dengan rumusan metode *defuzzy Centroid*. Berdasarkan komposisi aturan maksimum dari aturan 1 (R1) sampai aturan ke n (Rn) diperoleh suatu daerah dan nilai keanggotaan dari daerah *fuzzy C* ($\mu(z)$) dengan membentuk komposisi fungsi baru, dari daerah tersebut dicari pusat z dengan menghitung momen dan luas daerah tersebut. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Flowchart Defuzzy Centroid

3.2.1.2 Perancangan Fuzzy

Pada penelitian ini, setiap variabel *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan linier dan segitiga sebagai pendekatan untuk memperoleh derajat keanggotaan suatu nilai dalam suatu himpunan *fuzzy*. Pencarian derajat keanggotaan dari sebuah variabel telah dijelaskan pada perancang *flowchart* linier naik, *flowchart* linier turun, *flowchart* segitiga. Dalam perancangan *fuzzy* ini akan dibuat sebuah contoh kasus sebagai berikut :

Berapa nilai level isi tangki apabila telah diketahui nilai Arus sebesar 11 dan nilai Cacah sebesar 233?

3.2.1.2.1 Variabel Arus dalam Satuan

Variabel Arus dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu RENDAH, STANDAR, TINGGI. Himpunan RENDAH dan TINGGI menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan berbentuk kurva bahu, sedangkan himpunan STANDAR menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk kurva segitiga.

Fungsi keanggotaan pada variabel Arus dalam satuan mA dapat dirumuskan pada persamaan di bawah ini :

$$\mu_{\text{ArusRendah}}[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 4 \\ (9-x)/5 & ; 4 \leq x \leq 9 \\ 0 & ; x \geq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{ArusStandar}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 6 \text{ atau } x \geq 17 \\ (x-6)/3 & ; 6 \leq x \leq 9 \\ (17-x)/8 & ; 9 \leq x \leq 17 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{ArusTinggi}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 9 \\ (x-9)/11 & ; 9 \leq x \leq 20 \\ 1 & ; x \geq 20 \end{cases}$$

3.2.1.2.2 Variabel Cacah dalam Satuan

Variabel cacah dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, RATA-RATA, BESAR. Himpunan KECIL dan BESAR menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan berbentuk kurva bahu, sedangkan himpunan RATA-RATA menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk kurva segitiga.

Fungsi keanggotaan pada variabel cacah dalam satuan CPS dapat dirumuskan pada persamaan berikut :

$$\mu_{\text{CacahKecil}}[y] = \begin{cases} 1 & ; y \leq 43 \\ (271-y)/228 & ; 43 \leq y \leq 271 \\ 0 & ; y \geq 271 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{CacahRata-rata}}[y] = \begin{cases} 0 & ; y \leq 87 \text{ atau } y \geq 305 \\ (y-87)/184 & ; 87 \leq y \leq 271 \\ (305-y)/34 & ; 271 \leq y \leq 305 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Cacah Besar}}[y] = \begin{cases} 0 & ; y \leq 271 \\ (y-271) / 73 & ; 271 \leq y \leq 344 \\ 1 & ; y \geq 344 \end{cases}$$

3.2.1.2.3 Variabel Level Isi Tangki dalam Satuan

Variabel level isi tangki dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu MINIMUM, NORMAL, MAKSIMUM. Himpunan MINIMUM dan MAKSIMUM menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan berbentuk kurva bahu, sedangkan himpunan NORMAL menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk kurva segitiga.

Fungsi keanggotaan pada variabel level isi tangki dalam satuan meter dapat dirumuskan pada persamaan berikut:

$$\mu_{\text{Level Minimum}}[L] = \begin{cases} 1 & ; L \leq 0 \\ (30 - L) / 30 & ; 0 < L < 30 \\ 0 & ; L \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Level Normal}}[L] = \begin{cases} 0 & ; L \leq 30 \text{ atau } L \geq 70 \\ (L - 30) / 20 & ; 30 \leq L \leq 50 \\ (70 - L) / 20 & ; 50 \leq L \leq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Level Maksimum}}[L] = \begin{cases} 0 & ; L \leq 50 \\ (L - 70) / 30 & ; 70 \leq L \leq 100 \\ 1 & ; L \geq 100 \end{cases}$$

3.2.1.2.4 Pembentukan Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy yang digunakan untuk menyelesaikan untuk persoalan diatas adalah:

[R1] IF Arus RENDAH and Cacah BESAR then Level MINIMUM

$$\alpha_1 = \mu_{\text{PredikatR1}} = \min(0 ; 0) = 0$$

[R2] IF Arus RENDAH and Cacah RATA-RATA thrn Level MINIMUM

$$\alpha_2 = \mu_{\text{PredikatR2}} = \min(0 ; 0.79) = 0$$

[R3] IF Arus RENDAH and Cacah KECIL then Level NORMAL

$$\alpha_3 = \mu_{\text{PredikatR3}} = \min(0 ; 0.17) = 0$$

[R4] IF Arus STANDAR and Cacah BESAR then Level MINIMUM

$$\alpha_4 = \mu_{\text{PredikatR4}} = \min(0.75 ; 0) = 0$$

[R5] IF Arus STANDAR and Cacah RATA-RATA then Level NORMAL

$$\alpha_5 = \mu_{\text{PredikatR5}} = \min(0.75 ; 0.79) = 0.75$$

[R6] IF Arus STANDAR and Cacah KECIL then Level MAKSIMUM

$$\alpha_6 = \mu_{\text{PredikatR6}} = \min(0.75 ; 0.17) = 0.17$$

[R7] IF Arus TINGGI and Cacah BESAR then Level NORMAL

$$\alpha_7 = \mu_{\text{PredikatR7}} = \min(0.18 ; 0) = 0$$

[R8] IF Arus TINGGI and Cacah RATA-RATA then Level NORMAL

$$\alpha_8 = \mu_{\text{PredikatR8}} = \min(0.18 ; 0.79) = 0.18$$

[R9] IF Arus TINGGI and Cacah KECIL then Level MAKSIMUM

$$\alpha_9 = \mu_{\text{PredikatR9}} = \min(0.18 ; 0.17) = 0.17$$

3.2.1.2.5 Pembentukan fungsi Implikasi

Semua aturan menggunakan fungsi implikasi MIN, maka berdasarkan aturan yang dibentuk dalam penyelesaian kasus tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pada aturan ke-1 [R1] pada saat $\mu_{\text{LevelMinimum}[L]} = 0$, nilai L adalah 0, $\mu_{\text{KFR1}}=0$ (tidak ada daerah hasil implikasi)
2. Pada aturan ke-2 [R2] pada saat $\mu_{\text{LevelMinimum}[L]} = 0$, nilai L adalah 0, $\mu_{\text{KFR2}}=0$ (tidak ada daerah hasil implikasi)
3. Pada aturan ke-3 [R3] pada saat $\mu_{\text{LevelNormal}[L]} = 0.125$, nilai L adalah 0, $\mu_{\text{KFR3}}=0$ (tidak ada daerah hasil implikasi)
4. Pada aturan ke-4 [R4] pada saat $\mu_{\text{LevelMinimum}[L]} = 0$, nilai L adalah 0, $\mu_{\text{KFR4}}=0$ (tidak ada daerah hasil implikasi)
5. Pada aturan ke-5 [R5] pada saat $\mu_{\text{LevelNormal}[L]} = 0.75$, nilai L dapat ditentukan sebagai berikut:

$$0.75 = (L-30) / 20$$

$$L = 45$$

atau $0.75 = (70-L)/20$

$$L = 55$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR5} = \begin{cases} (L-30)/20 & ; 30 \leq L \leq 45 \\ 0.75 & ; 45 \leq L \leq 55 \\ (70-L)/20 & ; 55 \leq L \leq 70 \end{cases}$$

6. Pada aturan ke-6 [R6] pada saat $\mu_{LevelMaksimum}[L] = 0.17$, nilai L dapat ditentukan sebagai berikut :

$$0.17 = (L-70)/30$$

$$L = 75.1$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR2} = \begin{cases} (L-70)/30 & ; 70 \leq L \leq 75.1 \\ 0.17 & ; L \geq 75.1 \end{cases}$$

7. Pada aturan ke-7 [R7] pada saat $\mu_{LevelNormal}[L] = 0$, nilai L adalah 0, $\mu_{KFR7} = 0$ (tidak ada daerah hasil implikasi)
8. Pada aturan ke-8 [R8] pada saat $\mu_{LevelMaksimum}[L] = 0.18$, nilai L dapat ditentukan sebagai berikut :

$$0.18 = (L-70)/30$$

$$L = 75.4$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR2} = \begin{cases} (L-70)/30 & ; \quad 70 \leq L \leq 75.4 \\ 0.18 & ; \quad L \geq 75.4 \end{cases}$$

9. Pada aturan ke-9 [R9] pada saat $\mu_{LevelMaksimumL} = 0.17$, nilai L dapat ditentukan sebagai berikut :

$$0.17 = (L-70) / 30$$

$$L = 75.1$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR2} = \begin{cases} (L-70)/30 & ; \quad 70 \leq L \leq 75.1 \\ 0.17 & ; \quad L \geq 75.1 \end{cases}$$

3.2.1.2.6 Komposisi Semua Output

Untuk melakukan komposisi semua output fuzzy dilakukan dengan menggunakan metode Max Untuk melakukan komposisi semua output fuzzy dilakukan dengan menggunakan metode MAX. Dari aturan-1 , aturan-2 , aturan-3 , aturan-4 , aturan-5 , aturan-6 , aturan-7 , aturan-8 , dan aturan-9 didapat komposisi semua output :

$$\mu_{Level[Normal]} = \begin{cases} (L-30) / 20 & ; \quad 30 \leq L \leq 45 \\ 0.75 & ; \quad 45 \leq L \leq 55 \\ (70-L)/20 & ; \quad 55 \leq L \leq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Level[Maksimum]}} \begin{cases} (L-70)/30 & ; \quad 70 \leq L \leq 75.4 \\ 0.18 & ; \quad L \geq 75.4 \end{cases}$$

Sehingga didapat daerah solusi fuzzy :

$$\mu_{\text{SF}} = \begin{cases} (L-30)/20 & ; \quad 30 \leq L \leq 45 \\ 0.75 & ; \quad 45 \leq L \leq 55 \\ (70-L)/20 & ; \quad 55 \leq L \leq 70 \\ (L-70)/30 & ; \quad 70 \leq L \leq 75.4 \\ 0.18 & ; \quad L \geq 75.4 \end{cases}$$

3.2.1.2.7 Penegasan (Defuzzy)

Dari komposisi output yang ada maka akan dilanjutkan ke proses berikutnya yaitu proses penegasan (*defuzzy*), metode *defuzzy* yang digunakan adalah metode *centroid*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (L^*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan :

$$L = \frac{\sum_{i=0}^n L_i * \mu_C(L_i)}{\sum_{i=0}^n \mu_C(L_i)} \quad L = \frac{\int_{x_1}^{x_2} L \mu_c(L) dl}{\int_{x_1}^{x_2} \mu_c(L) dl}$$

Pertama yang dilakukan adalah menghitung momen untuk setiap daerah

$$M1 = \int_{30}^{45} \left(\frac{L-30}{20}\right) L dl = (0,05L^2 - 1,5L) dl = \left(\frac{0,05}{3} L^3 - \frac{1,5}{2} L^2\right) \Big|_{30}^{45} = 246,375$$

$$M2 = \int_{45}^{55} (0,75)L \cdot dl = \left(\frac{0,75}{2} L^2 \right) \Big|_{45}^{55} = 375$$

$$M3 = \int_{55}^{70} \left(\frac{70-L}{20} \right) L \cdot dl = (3,5L - 0,05L^2) dl = \left(\frac{3,5}{2} L^2 - \frac{0,05}{3} L^3 \right) \Big|_{55}^{70} = 278,625$$

$$M4 = \int_{70}^{75,4} \left(\frac{L-70}{30} \right) L \cdot dl = (0,033L^2 - 2,33L) dl = \left(\frac{0,033}{3} L^3 - \frac{2,33}{2} L^2 \right) \Big|_{70}^{75,4} = 27,56$$

$$M5 = \int_{75,4}^{100} (0,18)L \cdot dl = \left(\frac{0,18}{2} L^2 \right) \Big|_{75,4}^{100} = 388,334$$

Kemudian setelah menghitung momen langkah selanjutnya adalah menghitung luas dari setiap daerah :

$$L1 = (45-30) * 0,75 / 2 = 5,625$$

$$L2 = (55-45) * 0,75 = 7,5$$

$$L3 = (70-55) * 0,75 / 2 = 5,625$$

$$L4 = (75,4-70) * 0,18 / 2 = 0,486$$

$$L5 = (100- 75,4) * 0,18 = 4,428$$

Setelah momen dan luas dari tiap-tiap daerah dihitung, maka dapat diperoleh titik pusat (Z) sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{246,375 + 375 + 278,625 + 27,56 + 388,334}{5,625 + 7,5 + 5,625 + 0,486 + 4,428} = 55,66$$

3.2.1.3 Perancangan Regresi Berganda

Pada penelitian ini, akan dicari sebuah rumus dengan menggunakan metode peramalan regresi berganda dimana nilai level isi tangki dipengaruhi oleh arus dan cacah. Hasil penelitian yang sudah ada dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3.1 Data Arus, Cacah, dan Level

ARUS	CACAH	LEVEL
4	344.6	0.0
5.4	335.4	8.3
6.4	305.0	14.9
7.2	296.0	20.1
8.4	292.8	27.4
9.6	271.0	35.0
11.0	233.0	43.4
15.8	136.3	73.8
17.3	87.3	86.4
18.7	68.5	91.6
20.0	43.0	100.0



Hitung b_1 , b_2 , dan b_3 dari persamaan regresi $\hat{Y} = b_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3$?

3.2.1.3.1 Pemecahan

Dari data-data arus (X_2), cacah (X_3), dan level (\hat{Y}) yang telah diketahui, kemudian dilakukan pemecahan dengan menghitung nilai-nilai X_2^2 (kuadrat arus), X_3^2 (kuadrat cacah), $X_2 * X_3$ (arus dikalikan cacah), $X_2 * Y$ (arus dikalikan level), $X_3 * Y$ (cacah dikalikan level), Y^2 (kuadrat level). Setelah ini dihitung juga jumlah

(Σ) dari tiap tiap perhitungan tadi, dan rata-rata dari jumlah arus ($\overline{X_2}$), cacah ($\overline{X_3}$) dan level (\overline{Y}).

Hasil dari perhitungan tadi dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Pemecahan Arus, Cacah, Level

X_2	X_3	Y	X_2^2	X_3^2	$X_2 * X_3$	$X_2 * Y$	$X_3 * Y$	Y^2
4.00	344.60	0.00	16.00	118749.16	1378.40	0.00	0.00	0.00
5.40	335.40	8.30	29.16	112493.16	1811.16	44.82	2783.82	68.89
6.40	305.00	14.90	40.96	93025.00	1952.00	95.36	4544.50	222.01
7.20	296.00	20.10	51.84	87616.00	2131.20	144.72	5949.60	404.01
8.40	292.80	27.40	70.56	85731.84	2459.52	230.16	8022.72	750.76
9.60	271.00	35.00	92.16	73441.00	2601.60	336.00	9485.00	1225.00
11.00	233.00	43.40	121.00	54289.00	2563.00	477.40	10112.20	1883.56
15.80	136.30	73.80	249.64	18577.69	2153.54	1166.04	10058.94	5446.44
17.30	87.30	86.40	299.29	7621.29	1510.29	1494.72	7542.72	7464.96
18.70	68.50	91.60	349.69	4692.25	1280.95	1712.92	6274.60	8390.56
20.00	43.00	100.00	400.00	1849.00	860.00	2000.00	4300.00	10000.00
ΣX_2	ΣX_3	ΣY	ΣX_2^2	ΣX_3^2	$\Sigma X_2 * X_3$	$\Sigma X_2 * Y$	$\Sigma X_3 * Y$	ΣY^2
=	=	=	=	=	=	=	=	=
123.80	2412.90	500.90	1720.30	658085.39	20701.66	7702.14	69074.10	35856.19
$\overline{X_2}$	$\overline{X_3}$	\overline{Y}						
=	=	=						
11.254	219.354	45.536						

3.2.1.3.2 Pembentukan Persamaan Regresi Berganda

$$\underline{X}' \underline{X}_b = \underline{X}' \underline{Y} \Rightarrow \underline{b} = (\underline{X}' \underline{X})^{-1} \underline{X}' \underline{Y}$$

Diketahui:

$$X^T Y = \begin{bmatrix} n & \sum X_{2i} & \sum X_{3i} \\ \sum X_{2i} & \sum X_{2i}^2 & \sum X_{2i3i} \\ \sum X_{3i} & \sum X_{3i} X_{2i} & \sum X_{3i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{2i} Y_i \\ \sum X_{3i} Y_i \end{bmatrix}$$

$$X^T Y = \begin{bmatrix} 11 & 123.8 & 2412.9 \\ 123.8 & 1720.3 & 20701.66 \\ 2412.9 & 20701.66 & 658085.39 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 500.9 \\ 7702.14 \\ 69074.1 \end{bmatrix} \Rightarrow Ab = H$$

$$\underline{Ab} = \underline{H} \Rightarrow \underline{b} = \underline{A}^{-1} \underline{H}$$

$$\underline{A}^{-1} = \frac{1}{\det(\underline{A})} \text{Adj}(\underline{A}) = \frac{1}{\det(\underline{A})} \underline{K}, \quad \underline{K} = \text{matriks kofaktor}, \quad K^T = \text{transpos } K$$

$$\underline{K} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}$$

$$K_{11} = (a_{22} * a_{33}) - (a_{23} * a_{32}) = 703545569.66$$

$$K_{12} = -\{ (a_{21} * a_{33}) - (a_{23} * a_{31}) \} = -31519935.87$$

$$K_{13} = (a_{21} * a_{32}) - (a_{22} * a_{31}) = -1588046.36$$

$$K_{21} = -\{ (a_{12} * a_{33}) - (a_{13} * a_{32}) \} = -31519935.87$$

$$K_{22} = (a_{11} * a_{33}) - (a_{13} * a_{31}) = 1416852.88$$

$$K_{23} = -\{ (a_{11} * a_{32}) - (a_{12} * a_{31}) \} = 70998.76$$

$$K_{31} = (a_{12} * a_{23}) - (a_{13} * a_{22}) = -1588046.36$$

$$K_{32} = -(a_{11} * a_{23}) - (a_{13} * a_{21}) = 70998.76$$

$$K_{33} = (a_{11} * a_{22}) - (a_{12} * a_{21}) = 3596.86$$

$$\det(A) = a_{11}K_{11} + a_{12}K_{12} + a_{13}K_{13}$$

$$= 11(703545569.66) + 123.80(-31519935.87) + 2412.90(-1588046.36)$$

$$= (7739001266.28) + (-3902168060.46) + (-3831797066.87)$$

$$= 5036138.947$$

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} K_{11} & K_{21} \\ K_{12} & K_{22} \\ K_{13} & K_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{31} \\ K_{32} \\ K_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{5036138.947} \begin{bmatrix} 70354556966 & -3151993587 & -158804636 \\ -3151993587 & 141685288 & 7099876 \\ -158804636 & 7099876 & 359686 \end{bmatrix}$$

$$\underline{b} = (\underline{X}^T \underline{X})^{-1} \underline{X}^T \underline{Y} = \underline{A}^{-1} \underline{X}^T \underline{Y}$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{5036138.947} \begin{bmatrix} 703545569.66 & -31519935.87 & -1588046.36 \\ -31519935.87 & 1416852.88 & 70998.76 \\ -1588046.36 & 70998.76 & 3596.86 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 500.9 \\ 7702.14 \\ 69074.1 \end{bmatrix}$$

$$b_1 = \frac{1}{5036138.947} \{(703545569.66)(500.9) + (-31519935.87)(7702.14) + (-1588046.36)(69074.1)\}$$

$$= -11.488$$

$$b_2 = \frac{1}{5036138.947} \{(-31519935.87)(500.9) + (1416852.88)(7702.14) + (70998.76)(69074.1)\}$$

$$= 5.686$$

$$b_3 = \frac{1}{5036138.947} \{(-1588046.36)(500.9) + (70998.76)(7702.14) + (3596.86)(69074.1)\}$$

$$= -0.0318$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai b_1 , b_2 , dan b_3 yang akan dimasukkan kedalam persamaan regresi linier berganda untuk menghitung level isi tangki sebagai berikut :

$$\hat{Y} = b_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

$$\hat{Y} = -11.49 + 5.69 X_2 + (-0.03) X_3$$

3.2.1.3.3 Perhitungan Dengan Persamaan Regresi Berganda

Untuk melakukan perhitungan level isi tangki, kita akan menggunakan persamaan regresi berganda yang telah dibentuk sebelumnya. Dari persamaan

tersebut kita langsung memasukkan nilai arus dan cacah dari input yang telah dimasukkan sebelumnya, kemudian akan dihasilkan nilai level isi tangki dari persamaan berikut:

$$\hat{Y} = -11.49 + 5.69X_2 - 0.03X_3, \quad \text{dengan } \hat{Y} = \text{Level}$$

$$X_2 = \text{Arus}$$

$$X_3 = \text{Cacah}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut:

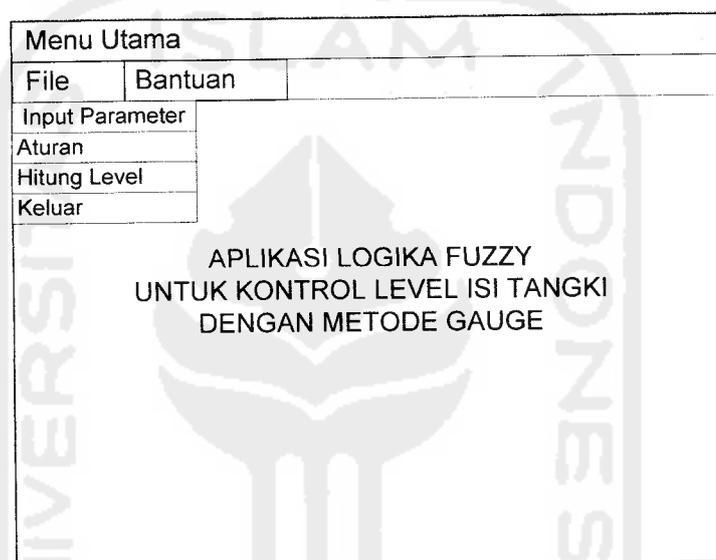
Tabel 3.3 Perhitungan Level Isi Tangki

Arus	Cacah	Level
4	344.6	0.299
5.4	335.4	8.5529
6.4	305.0	15.2064
7.2	296.0	20.042
8.4	292.8	26.9677
9.6	271.0	34.485
11.0	233.0	43.6549
15.8	136.3	74.0262
17.3	87.3	84.1146
18.7	68.5	92.6738
20.0	43.0	100.8775

3.2.1.4 Rancangan Interface

3.2.1.4.1 Rancangan Interface Menu Utama

Interface menu utama mempunyai beberapa menu yang bisa difungsikan pada sistem ini, yaitu menu File dan Bantuan. Menu File memiliki sub menu Input Parameter, Aturan, Hitung Level, Keluar , seperti yang terlihat pada gambar 3.10 :



Gambar 3.10 Interface Menu Utama

3.2.1.4.2 Rancangan Interface Input Parameter

Interface menu Input Parameter digunakan untuk meng-*input*-kan batas-batas grafik fungsi keanggotaan arus, cacah, dan level seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 sampai 3.13

Arus	Cacah	Level
Batas Rendah		
Batas Standar	GRAFIK FUNGSI KEANGGOTAAN	
Batas Tinggi		Default
		Ubah
		Simpan

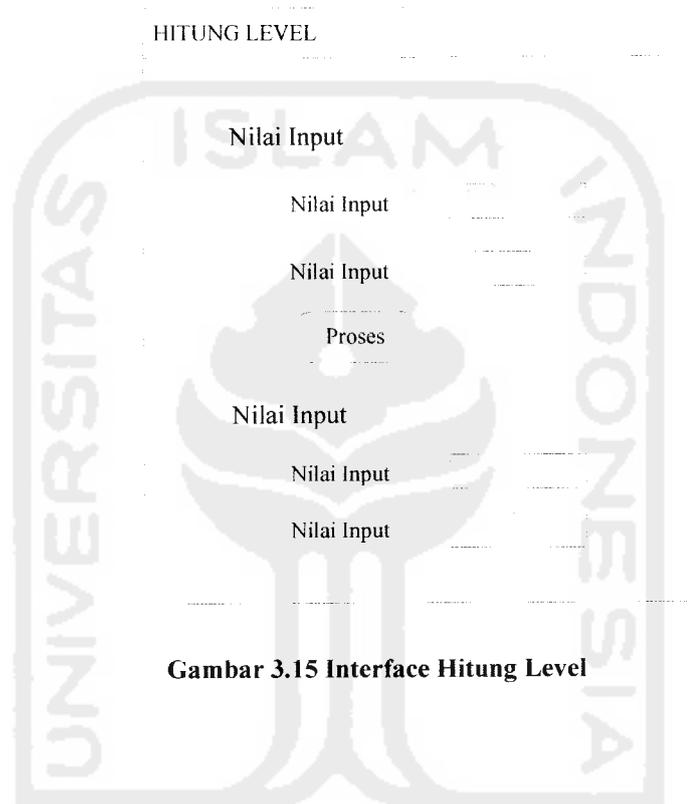
Gambar 3.11 Interface Input Parameter Arus

Arus	Cacah	Level
Batas Kecil		
Batas Rata-Rata	GRAFIK FUNGSI KEANGGOTAAN	
Batas Besar		Default
		Ubah
		Simpan

Gambar 3.12 Interface Input Parameter Cacah

3.2.1.4.4 Rancangan Interface Menu Hitung Level

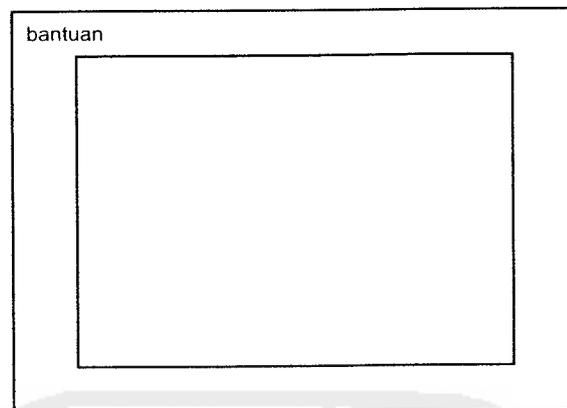
Interface menu hitung level digunakan untuk menampilkan *output* berupa nilai level dalam perhitungan fuzzy dan statistik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Interface Hitung Level

3.2.1.4.5 Rancangan Interface Menu Bantuan

Interface menu bantuan digunakan untuk membantu user jika menemukan kesulitan dalam menggunakan sistem ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Interface menu bantuan

3.3 Implementasi Perangkat Lunak

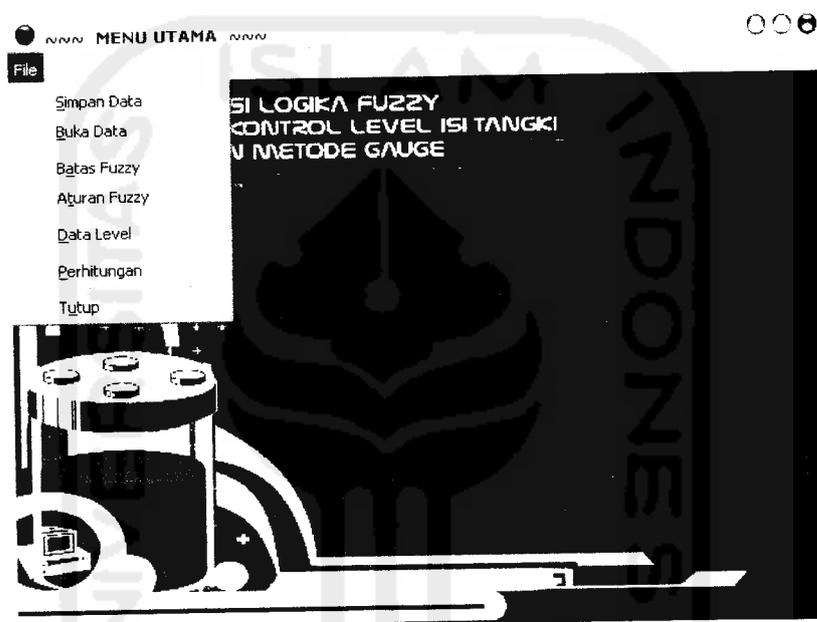
Implementasi merupakan tahap dimana sistem siap dioperasikan pada tahap yang sebenarnya, sehingga akan diketahui apakah sistem yang telah dibuat benar-benar sesuai dengan yang direncanakan. Pada implementasi perangkat lunak akan dijelaskan bagaimana sistem ini bekerja, dengan memberikan tampilan form-form yang dibuat.

3.3.1 Implementasi Antarmuka

Implementasi dari sistem untuk menghitung level isi tangki ini terdiri dari beberapa form yang memiliki fungsi sendiri-sendiri. Form-form tersebut akan tampil secara berurutan sesuai dengan urutan yang telah terprogram.

3.3.1.1 Implementasi Form Utama

Form ini merupakan form utama yang dapat diakses user dari sistem untuk menghitung level isi tangki. Pada halaman utama ini terdapat menu utama File dan Bantuan. Menu File terdiri dari beberapa submenu yaitu Parameter Input, Aturan, dan Hitung Level, seperti yang terlihat pada Gambar 3.17



Gambar 3.17 Form Utama

3.3.1.2 Implementasi Form Input Parameter

Pada menu parameter input *user* dapat melakukan input terhadap batas-batas pada masing-masing fungsi keanggotaan yang ada, yaitu arus, cacah, dan level. Pada form ini proses yang dilakukan ada 2 yaitu proses simpan dan tutup. Apabila *user* memilih tombol simpan maka secara otomatis file tersebut akan menyimpan sementara pada memori dan jika *user* memilih tombol tutup maka akan kembali

secara otomatis akan kembali ke menu utama. Berikut adalah bagian-bagian yang ada pada form menu data batas variabel.

3.3.1.2.1 Implementasi Form Data Batas Variabel Arus

Dari form menu data batas variabel arus terdapat 3 parameter untuk batas nilai fungsi rendah, standar, dan tinggi. *User* harus menginputkan semesta pembicaraan atau range nilai minimum dan maksimum dari ke tiga variabel tersebut. Untuk batas rendah menggunakan kurva linier turun dan batas tinggi menggunakan kurva linier naik *user* menginputkan nilai batas bawah (a) dan nilai batas atas (b), dan untuk batas standar menggunakan kurva segitiga *user* dapat menginputkan nilai batas bawah (a), nilai batas tengah (b), dan nilai batas atas (c) seperti terlihat pada gambar 3.18.

The screenshot shows a web form titled "Batas Himpunan Fuzzy" with three tabs: "Batas Arus" (selected), "Batas Cacah", and "Batas Level".

Batas Arus Section:

- Semesta Arus: Minimum: 0, Maksimum: 0
- Batas Arus Rendah: a: 4, b: 12
- Batas Arus Standar: a: 8, b: 12, c: 16
- Batas Arus Tinggi: a: 12, b: 20

Graph Section:

The graph displays three fuzzy membership functions on a coordinate system with an x-axis from 0 to 20 and a y-axis from 0 to 1. The functions are:

- Rendah:** A linear decreasing function starting at (4, 1) and ending at (12, 0).
- Standar:** A triangular function with vertices at (8, 0), (12, 1), and (16, 0).
- Tinggi:** A linear increasing function starting at (12, 0) and ending at (20, 1).

At the bottom of the graph, there is a legend: "- Rendah Standar - Tinggi".

Buttons for "Simpan" and "Tutup" are located at the bottom right of the form.

Gambar 3.18 Form Fungsi Batas Variabel Arus

3.3.1.2.2 Implementasi Form Data Batas Variabel Cacah

Dari form menu data batas variabel suhu ruangan terdapat 4 parameter untuk batas nilai fungsi kecil, rata-rata, dan besar. *User* harus menginputkan semesta pembicaraan atau range nilai minimum dan maksimum dari ke tiga variabel tersebut. Untuk batas kecil menggunakan kurva linier turun dan batas besar menggunakan kurva linier naik dan *user* dapat menginputkan nilai batas minimum (a) dan nilai batas maksimum (b), dan untuk batas rata-rata menggunakan kurva segitiga *user* dapat menginputkan nilai batas minimum (a), nilai batas tengah (b), dan nilai batas maksimum (c) seperti terlihat pada gambar 3.19.

Batas Himpunan Fuzzy

Batas Arus **Batas Cacah** **Batas Level**

Semesta Cacah
Minimum: 0 Maksimum: 0

Batas Cacah Kecil
a: 43 b: 194

Batas Cacah Rata-Rata
a: 119 b: 194 c: 269

Batas Cacah Besar
a: 194 b: 345

0 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340

— Kecil Rata-Rata Besar

Simpan Tutup

Gambar 3.19 Form Fungsi Batas Variabel Cacah

3.3.1.2.3 Implementasi Form Data Batas Variabel Level

Dari form menu data batas variabel untuk output level terdapat 3 parameter untuk batas nilai fungsi minimum, normal, dan maksimum. *User* harus menginputkan

semesta pembicaraan atau range nilai minimum dan maksimum dari ke empat variabel tersebut. Untuk batas minimum menggunakan kurva linier turun dan batas maksimum menggunakan kurva linier naik *user* dapat menginputkan nilai batas minimum (a) dan nilai batas maksimum (b), dan untuk batas normal menggunakan kurva segitiga *user* dapat menginputkan nilai batas minimum (a), nilai batas tengah (b), dan nilai batas maksimum (c) seperti terlihat pada gambar 3.20.

Batas Himpunan Fuzzy

Batas Arus **Batas Cacah** **Batas Level**

Semesta Level
Minimum: 0 Maksimum: 0

Batas Level Minimum
a: 0 b: 50

Batas Level Normal
a: 25 b: 50 c: 75

Batas Level Maksimum
a: 50 b: 100

Minimum Normal Maksimum

Simpan Tutup

Gambar 3.20 Form Fungsi Batas Variabel Output Level

3.3.1.3 Implementasi Form Data Aturan

Pada form ini terdapat data-data aturan yang harus diisi oleh *user*. *User* dapat melakukan proses tambah aturan dan hapus aturan. Dan setelah *user* menambah atau menghapus aturan, proses berikutnya adalah *user* melakukan proses simpan dimana aturan-aturan yang diinputkan oleh *user* akan disimpan sementara dalam memori.

User juga bisa membatalkan untuk pengisian form ini dengan melakukan proses batal dan sistem akan secara otomatis keluar dan kembali ke form menu utama. seperti terlihat pada Gambar 3.21.

Aturan Fuzzy

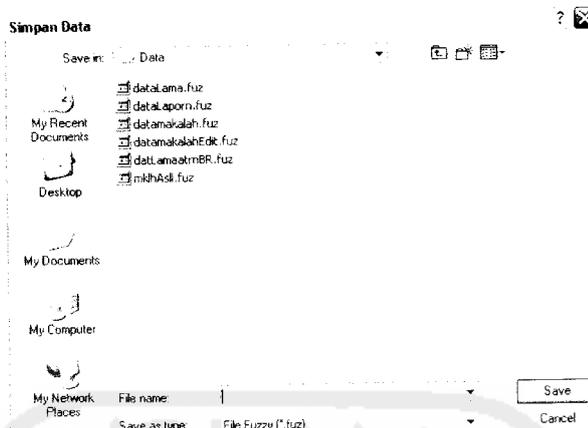
Jika Arus	Dan Cacah	Maka
Arus	Cacah	Level
Rendah	Kecil	Minimum
Standar	Rata-Rata	Normal
Tinggi	Besar	Maksimum

Tambah
Hapus
Simpan
Tutup

Gambar 3.21 Form Data Aturan

3.3.1.4 Implementasi Form Simpan Data

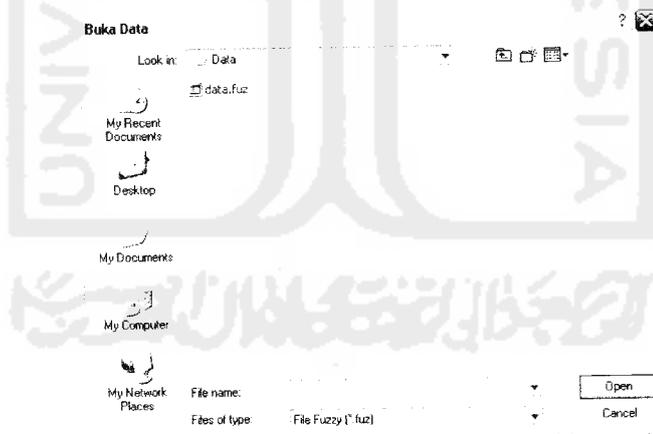
Setelah data batas dan data aturan diinputkan, maka pada form ini data-data tersebut dapat disimpan kedalam direktori penyimpanan file sehingga suatu saat apabila data tersebut diperlukan lagi maka data bisa dibuka lagi, seperti terlihat pada gambar 3.22



Gambar 3.22 Form Proses Penyimpanan Data

3.3.1.5 Implementasi Form Buka Data

Pada menu ini user dapat membuka file data yang telah disimpan sebelumnya, dan secara otomatis data tersebut akan di tampilkan pada form data batas dan form data aturan, seperti terlihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Form Proses Buka Data

3.3.1.6 Implementasi Form Data Input

Pada menu ini user dapat memasukkan nilai input arus dan cacah, dan data tersebut dapat disimpan. Dan apabila data yang sudah disimpan tadi ingin digunakan kembali, maka user dapat membuka kembali data tersebut.

Arus	Cacah
------	-------

Gambar 3.24 Form Data Input

3.3.1.7 Implementasi Form Perhitungan

Pada form ini *user* dapat melihat data input arus dan cacah yang telah dimasukkan pada form data input. Kemudian jika *user* melakukan proses perhitungan dengan cara menekan tombol proses hitung, sistem ini akan melakukan

