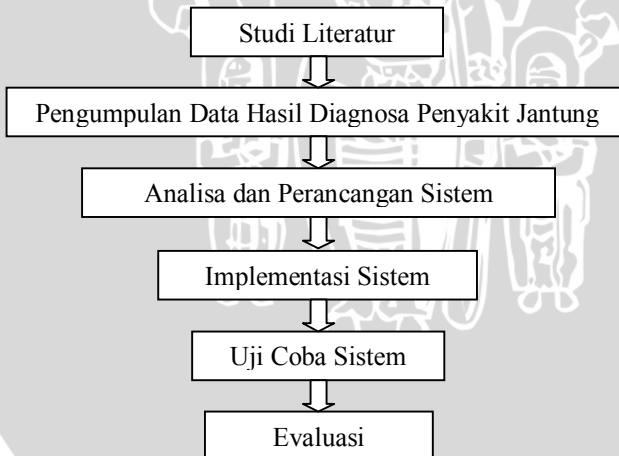


### BAB III METODOLOGI DAN PERANCANGAN

Pada bab metodologi dan perancangan ini akan dibahas metode, rancangan yang digunakan dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tentang *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5 untuk klasifikasi data penyakit jantung. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mempelajari literatur yang terkait dengan penyakit jantung dan klasifikasi data menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5.
2. Mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian ini seperti data pasien penyakit jantung.
3. Menganalisa dan melakukan perancangan sistem dengan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5.
4. Mengimplementasikan rancangan yang dilakukan pada tahap sebelumnya menjadi sebuah sistem.
5. Melakukan uji coba terhadap sistem.
6. Mengevaluasi hasil analisa yang dilakukan oleh sistem.

Adapun langkah-langkah penelitian dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.1 Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset Hamberman's survival yang diambil UCI Machine Learning Repository [www.archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+Disease](http://www.archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+Disease) Pada dataset Hamberman's survival, parameter yang digunakan adalah umur, tekanan darah (*tresbps*), kolesterol (*chol*), denyut jantung (*thalach*) dan *oldpeak*. Data-data pada dataset diklasifikasikan ke dalam 5 kelas yaitu penderita sehat (*healthy*), penderita memiliki penyakit jantung dalam kategori ringan (*sick1*), sedang (*sick2*), berat (*sick3*) dan sangat berat (*sick4*). Jumlah data pada dataset penyakit jantung sebanyak 303 data dan tidak ada *missing value* pada data di setiap atribut.

### 3.2 Analisis dan Perancangan Sistem

#### 3.2.1 Deskripsi Umum Sistem

Sistem yang dibangun adalah sistem klasifikasi penyakit jantung yang mengimplementasikan proses pembangunan model klasifikasi menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5. Sistem ini bertujuan memberikan hasil klasifikasi pasien terhadap penyakit jantung berdasarkan beberapa parameter yang digunakan.

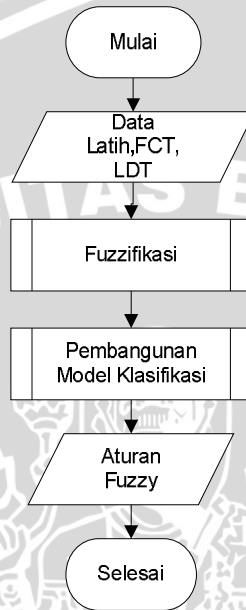
Sistem yang dibangun dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji. Sistem ini akan menguji keakuratan hasil klasifikasi dataset terhadap data sebenarnya. Parameter uji yang digunakan untuk menganalisis metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5 adalah akurasi diagnosa.

#### 3.2.2 Perancangan Proses

Sistem yang dibangun memiliki dua proses utama, yaitu proses pembentukan aturan klasifikasi dan proses pengujian atau klasifikasi penyakit jantung. Perancangan alur sistem untuk kedua proses diatas, dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.

Proses pembentukan aturan klasifikasi merupakan proses untuk mendapatkan sejumlah aturan *fuzzy* menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5. Proses ini terdiri dari 2 subproses yaitu transformasi ke data *fuzzy* (fuzzifikasi) dan pembangunan model klasifikasi. Masukan yang diperlukan pada proses ini adalah data penyakit jantung, *Fuzziness Control Threshold*

(FTC), *Leaf Decision Threshold* (LDT) yang diberikan oleh pengguna sedangkan keluaran proses berupa aturan *fuzzy*.



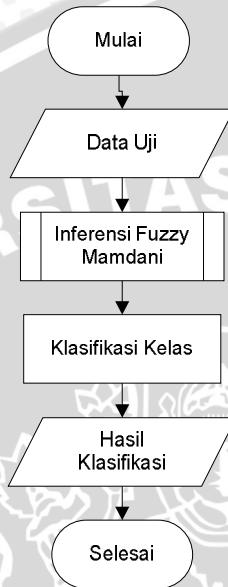
**Gambar 3.2** Flowchart Proses Pembentukan Aturan Klasifikasi

Berikut ini adalah penjelasan tahapan pada alur proses diatas:

1. Sistem mendapatkan data input berupa data latih, FCT dan LDT. Data latih terdiri dari 6 atribut yaitu umur, tekanan darah (*tresbps*), kolesterol (*chol*), denyut jantung (*thalach*), *oldpeak* dan kelas.
2. Mengubah data latih kedalam linguistik dan derajat keanggotaan.
3. Membangun model klasifikasi data latih dengan *fuzzy* C4.5.
4. Keluarannya berupa aturan *fuzzy*.

Setelah terbentuk aturan *fuzzy* dari proses pembentukan aturan klasifikasi, proses selanjutnya adalah proses pengujian atau klasifikasi penyakit jantung. Proses pengujian merupakan proses untuk mengetahui tingkat keakuratan aturan yang terbentuk. Proses ini terdiri dari 2 subproses yaitu proses inferensi *fuzzy* dan proses

klasifikasi kelas sebagaimana yang ditunjukkan pada *flowchart* berikut.



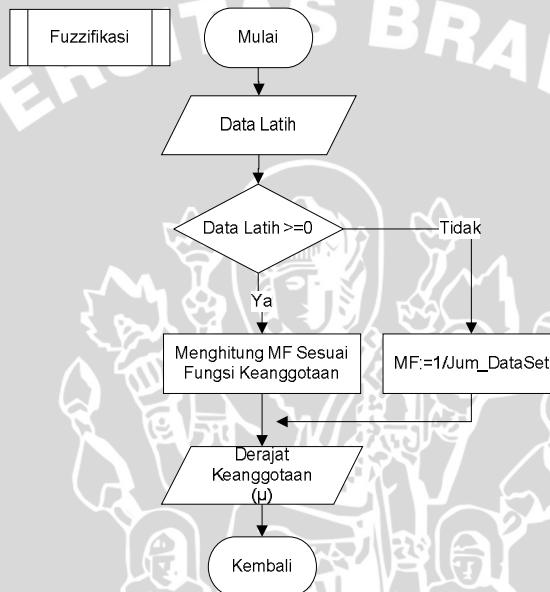
**Gambar 3.3** *Flowchart* Proses Pengujian

Berikut ini adalah penjelasan tahapan pada alur proses diatas:

1. Sistem mendapatkan data input berupa data uji yang terdiri dari atribut umur, tekanan darah (*tresbps*), kolesterol (*chol*), denyut jantung (*thalach*), *oldpeak*.
2. Melakukan proses pengambilan keputusan dengan metode inferensi *fuzzy* mamdani.
3. Mengklasifikasi kelas sesuai nilai crisp yang dihasilkan dari proses inferensi *fuzzy* dalam *range* tertentu.
4. Keluarannya berupa hasil klasifikasi penyakit jantung.

### 3.2.2.1 Proses Fuzzifikasi Data

Proses ini mengubah nilai kuantitatif pada setiap atribut dalam *dataset* menjadi derajat keanggotaan *fuzzy* beserta linguistiknya berdasarkan fungsi keanggotaan masing-masing atribut. Apabila data latih  $< 0$  atau *missing value*, maka derajat keanggotaannya adalah 1 per jumlah *dataset*. Alur proses transformasi ke data *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



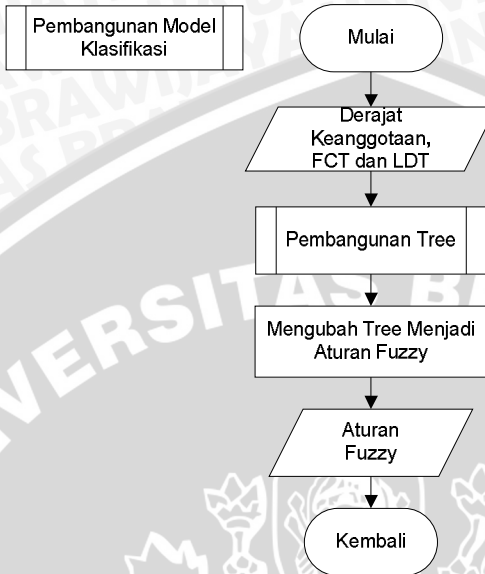
**Gambar 3.4** Flowchart Proses Fuzzifikasi

Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk mengubah atribut diperoleh dari internet yang digunakan dalam jurnal dan penelitian yang pernah dilakukan oleh Ali Adeli dan Mehdi Neshat tahun 2010.

### 3.2.2.2 Proses Pembangunan Model Klasifikasi

Setelah sistem mendapatkan data yang telah mengalami proses fuzzifikasi, proses selanjutnya adalah membentuk model klasifikasi menggunakan *decision tree* seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.5 sebagai berikut:





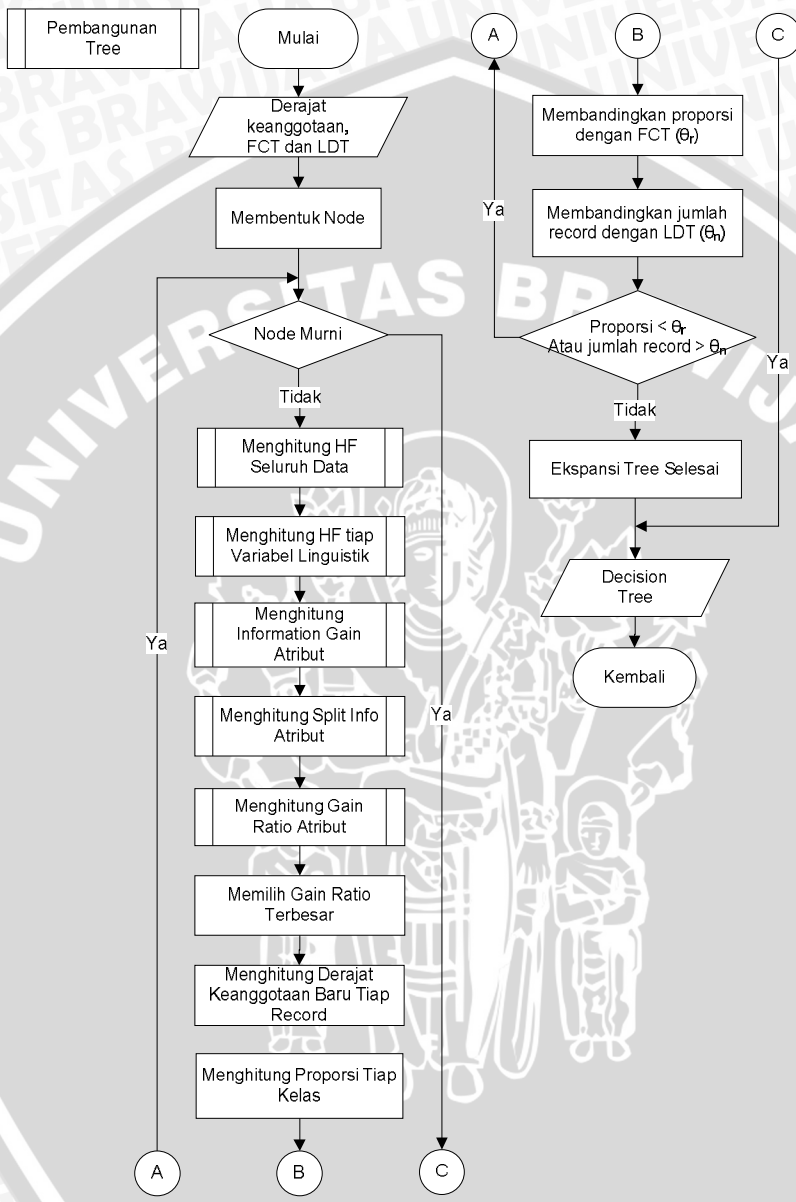
**Gambar 3.5** Flowchart Proses Pembangunan Model Klasifikasi

Berdasarkan gambar diatas, langkah-langkah dalam pembangunan model klasifikasi adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa derajat keanggotaan *fuzzy* tiap linguistiknya, FCT dan LDT.
2. Membangun tree menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5.
3. Mengubah *tree* yang telah terbentuk ke dalam aturan.
4. Keluarannya berupa aturan.

### 3.2.2.3 Proses Pembangunan Tree

Proses membangun tree menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5 dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut:



**Gambar 3.6** Flowchart Proses Pembangunan Tree

Proses pembangunan tree meliputi proses dibawah ini:

1. Sistem mendapatkan data input berupa derajat keanggotaan *fuzzy*, FCT dan LDT.
2. Membentuk node.
3. Memeriksa apakah node murni atau tidak. Node dikatakan murni ketika sudah tidak ada lagi data yang dapat diekspansi. Jika tidak ada data yang dapat diekspansi lagi, maka proses pembangunan tree selesai. Jika node tidak murni maka proses dilanjutkan ke langkah 4.
4. Menghitung *fuzzy entropy*, *information gain*, *split info* dan *gain ratio* masing-masing atribut, kemudian memilih node dengan melihat atribut yang memiliki *gain ratio* terbesar. Atribut yang menjadi root memiliki derajat keanggotaan 1.
5. Menghitung nilai derajat keanggotaan yang baru masing-masing record pada subnode. Derajat keanggotaan diperoleh dari hasil perkalian antara derajat keanggotaan pada root node dan derajat keanggotaan atribut.
6. Menghitung proporsi kelas pada tiap node.
7. Membandingkan proporsi tiap kelas dengan FCT dan LDT. Apabila proporsi lebih kecil daripada FCT atau jumlah record lebih besar dari LDT, maka dilakukan proses ekspansi tree. Jika proporsi lebih besar daripada FCT atau jumlah record lebih kecil daripada LDT maka ekspansi berhenti.
8. Memeriksa kembali apakah node sudah murni atau belum. Jika sudah murni maka nilai proporsi kelas terbesar merupakan kesimpulan dari sekumpulan rule yang diperoleh dengan menghubungkan setiap node yang dilewati dari root node hingga *leaf* node. Jika belum, maka proses kembali kelangkah 4 sampai 8. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai semua node yang terbentuk menjadi murni dan tidak ada lagi node yang bisa diekspansi.
9. Keluarannya berupa pohon keputusan atau *decision tree*.

#### 3.2.2.4 Proses *Fuzzy Entropy*, *Information Gain*, *Split Info*, *Gain Ratio*

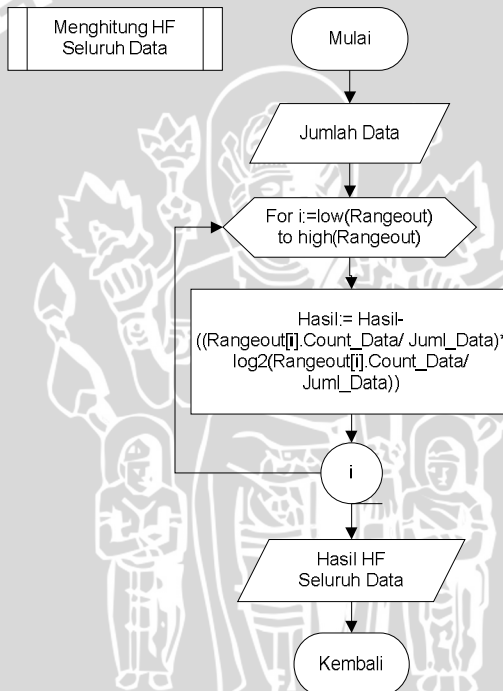
Proses menghitung *fuzzy entropy*, *information gain*, *split info* dan *gain ratio* digunakan untuk menentukan atribut yang dijadikan root node dengan memilih *gain ratio* yang terbesar diantara semua



atribut. Sebelum menghitung *fuzzy entropy* atribut, maka dilakukan perhitungan *fuzzy entropy* keseluruhan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa jumlah data.
2. Menghitung *fuzzy entropy* keseluruhan dengan memakai probabilitas tiap kelas, sesuai dengan persamaan 2.22.
3. Keluarannya berupa *fuzzy entropy* keseluruhan data.

*Flowchart* perhitungan *fuzzy entropy* keseluruhan data dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.

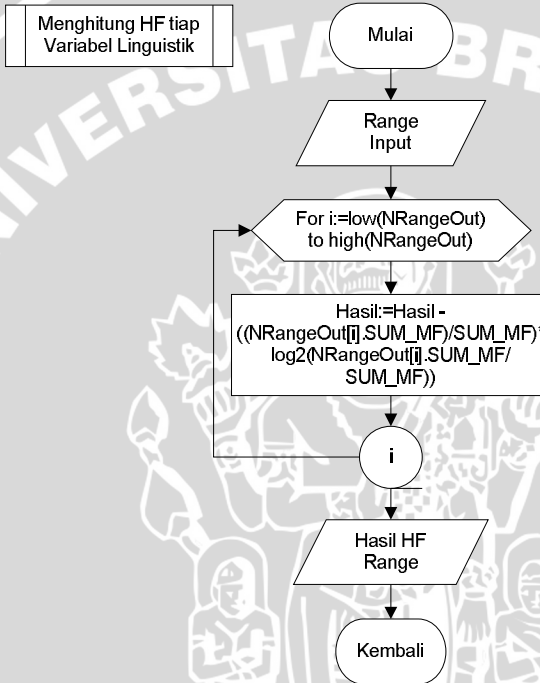


**Gambar 3.7** *Flowchart* Perhitungan *Fuzzy Entropy* Seluruh Data

Setelah mendapatkan nilai *fuzzy entropy* keseluruhan data, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *fuzzy entropy* masing-masing variabel linguistik atribut. Langkah-langkah pada proses ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa variabel linguistik.
2. Menghitung *fuzzy entropy* atribut seperti persamaan 2.24.
3. Keluarannya berupa *fuzzy entropy* atribut.

*Flowchart* perhitungan *fuzzy entropy* tiap atribut dapat dilihat pada Gambar 3.8 sebagai berikut.

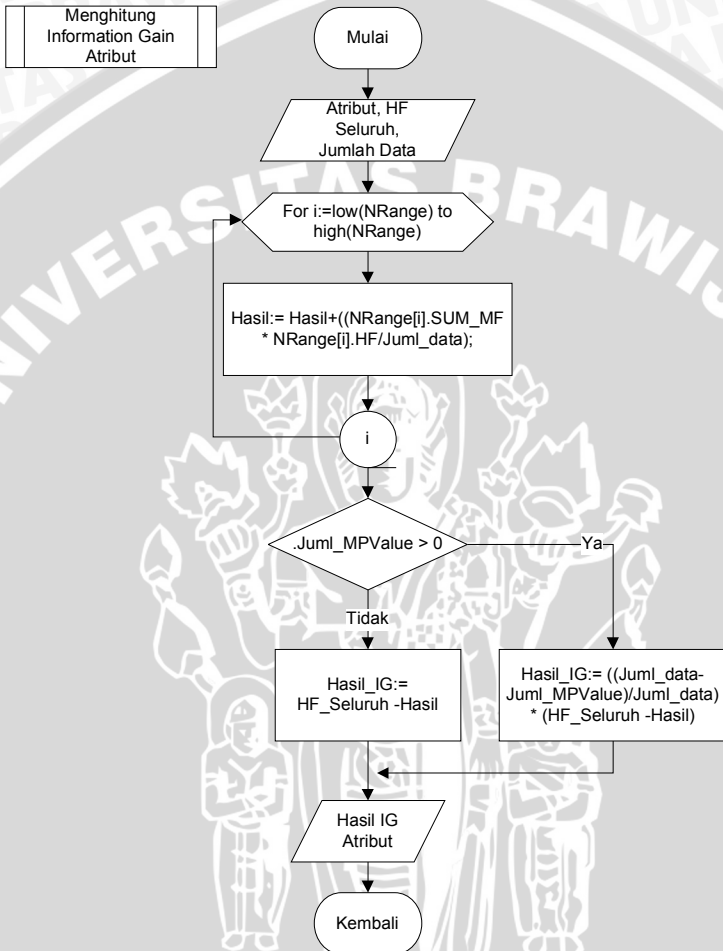


**Gambar 3.8** *Flowchart* Perhitungan *Fuzzy Entropy* Tiap Atribut

Proses selanjutnya adalah menghitung nilai *information gain* masing-masing atribut. Langkah-langkah proses ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa *fuzzy entropy* seluruh data, atribut dan jumlah data.
2. Menghitung *information gain* seperti pada persamaan 2.27 atau 2.31.
3. Keluarannya berupa *information gain* tiap atribut.

Flowchart perhitungan *information gain* tiap atribut dapat dilihat pada Gambar 3.9 sebagai berikut.

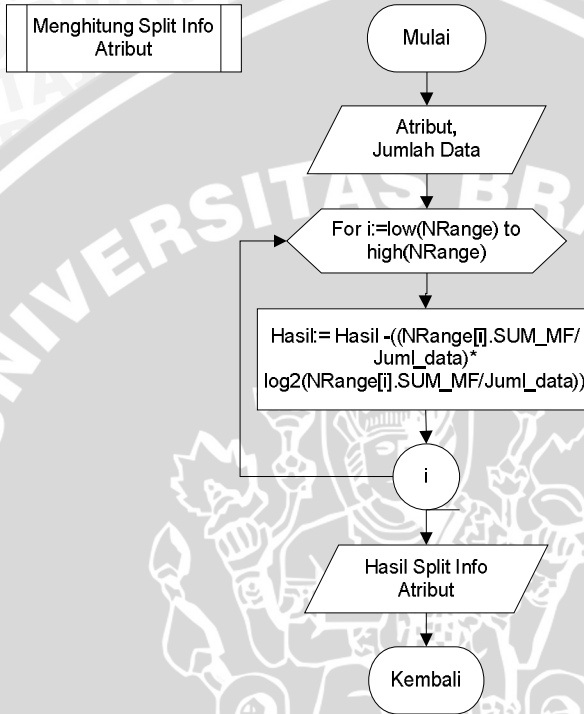


**Gambar 3.9** Flowchart Perhitungan *Information Gain*

Selanjutnya adalah menghitung nilai *split info* tiap atribut. Langkah-langkah proses ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan input berupa atribut dan jumlah data.
2. Menghitung *split info* tiap atribut dengan persamaan 2.28.
3. Keluarannya berupa *split info* tiap atribut.

Flowchart perhitungan *split info* tiap atribut digambarkan pada Gambar 3.10 sebagai berikut.

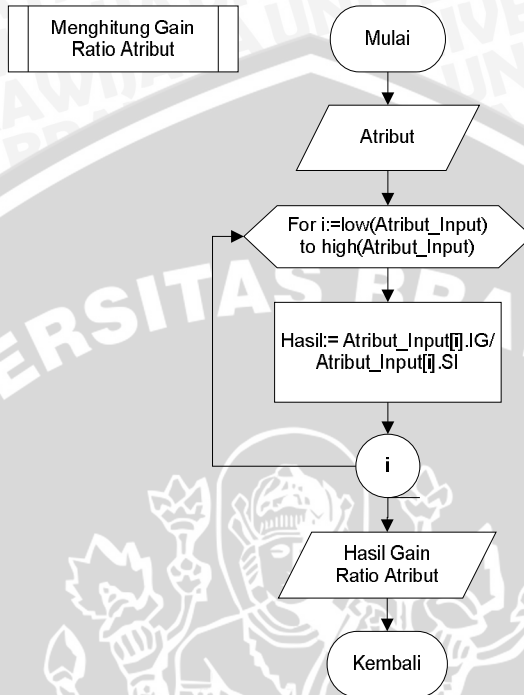


**Gambar 3.10** Flowchart Perhitungan *Split Info*

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *gain ratio* masing-masing atribut. Langkah-langkah proses ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa *information gain* dan *split info* tiap atribut.
2. Menghitung *gain ratio* seperti pada persamaan 2.29.
3. Keluarannya berupa *gain ratio* tiap atribut yang didapatkan setelah dilakukan perhitungan.

Flowchart perhitungan *gain ratio* tiap atribut digambarkan pada Gambar 3.11 sebagai berikut.



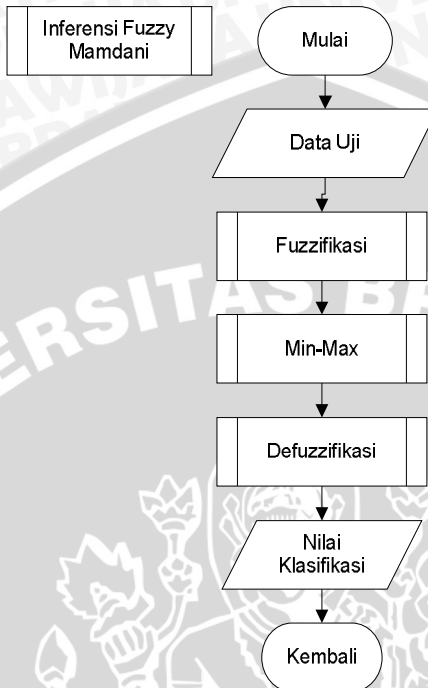
**Gambar 3.11** Flowchart Perhitungan Gain Ratio

### 3.2.2.5 Proses Inferensi Fuzzy Mamdani

Setelah terbentuk aturan *fuzzy* dari proses pembentukan aturan klasifikasi, proses selanjutnya adalah proses pengujian atau klasifikasi penyakit jantung dengan menggunakan inferensi *fuzzy*. Proses ini terdiri dari 3 subproses yaitu fuzzifikasi data, inferensi *fuzzy* mamdani dan defuzzifikasi. Untuk subproses pada proses pengujian fuzzifikasi data sama dengan subproses yang ada pada proses pembentukan aturan klasifikasi. Penjabaran langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa data uji.
2. Mengubah data latih kedalam derajat keanggotaan *fuzzy*.
3. Metode inferensi *fuzzy* yang digunakan dalam pengujian ini adalah mamdani.
4. Keluarannya berupa nilai crisp hasil proses defuzzifikasi.





**Gambar 3.12** Flowchart Proses Inferensi *Fuzzy* Mamdani

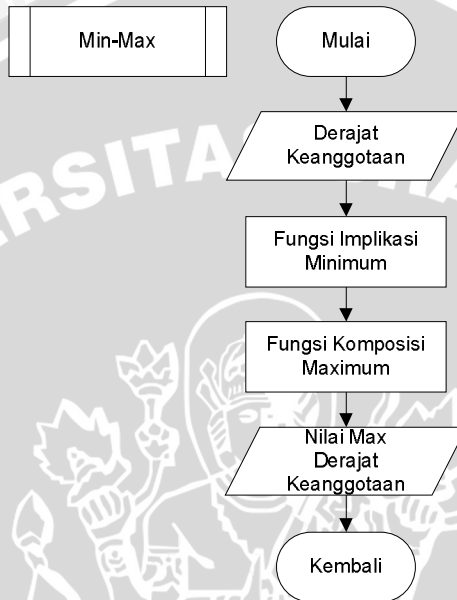
### 3.2.2.6 Proses Min-Max

Proses inferensi *fuzzy* yang digunakan dalam pengujian adalah mamdani. Proses ini terdiri dari 2 subproses yaitu fungsi implikasi minimum dan fungsi komposisi maximum, seperti pada Gambar 3.13. Penjabaran langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa derajat keanggotaan hasil *fuzzifikasi* data dan aturan *fuzzy* yang didapatkan pada proses pembentukan aturan klasifikasi.
2. Fungsi implikasi yang digunakan adalah metode minimum. Metode ini merupakan metode pemotongan output himpunan *fuzzy* dengan mengambil irisan terkecil pada nilai derajat keanggotaan tiap aturan, seperti pada persamaan 2.1.
3. Fungsi komposisi yang digunakan adalah metode maximum. Metode ini mengambil nilai Max aturan kemudian menggunakannya untuk modifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator

OR (union), seperti pada persamaan 2.8.

4. Keluarannya berupa nilai maximum derajat keanggotaan tiap kelas.

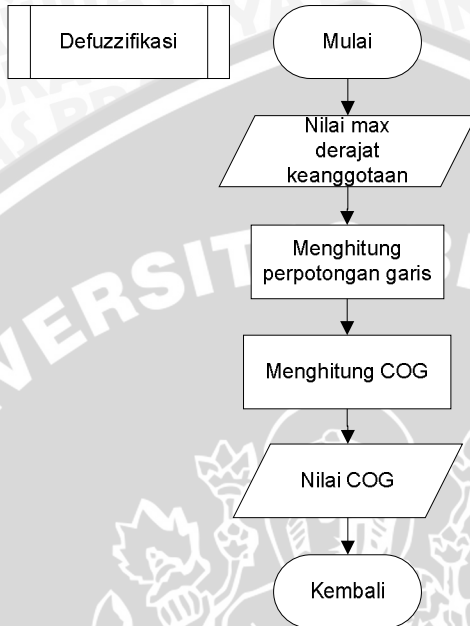


**Gambar 3.13** Flowchart Proses Min-Max

### 3.2.2.7 Proses Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah proses perhitungan dari himpunan *fuzzy* menjadi *crisp*. Metode yang digunakan dalam defuzzifikasi ini adalah centroid.. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai keluarannya. Penjabaran langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem mendapatkan data input berupa nilai max derajat keanggotaan.
2. Menghitung perpotongan garis sesuai dengan himpunan *fuzzy*.
3. Menghitung COG seperti pada persamaan 2.12 untuk mendapatkan solusi *crisp*.
4. Keluarannya berupa nilai klasifikasi kelas penyakit yang nantinya akan dibandingkan kedalam range kelas pada proses klasifikasi kelas.



**Gambar 3.14** Flowchart Proses Defuzzifikasi

### 3.3 Perancangan Database

Dalam penelitian ini, dibutuhkan sebuah *database* dalam pembentukan aturan klasifikasi. *Database* yang digunakan adalah Ms.Acess yang dihubungkan dengan Delphi. Terdapat beberapa data yang disimpan dalam *database* yaitu data pasien dan data detail pasien yang digunakan untuk menyimpan nilai umur, tekanan darah, kolesterol, denyut jantung dan *oldpeak* pasien. Data tersebut disimpan dalam tabel Pasien dan Detail Pasien, seperti pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

**Tabel 3.1** Tabel Pasien

Atribut	Tipe Data	Keterangan
<u>ID_Pasien</u>	Text	Id pasien
ID_Range_Output	Text	Id range output
Status_MValue	Boolean	Status <i>missing value</i>
Keterangan_UL	Boolean	Keterangan data latih / data uji

**Tabel 3.2** Tabel Detail Pasien

Atribut	Tipe Data	Keterangan
<u>ID_Detail_Pasien</u>	Text	Id detail pasien
ID_Pasien	Text	Id pasien
ID_Atribut	Text	Id atribut
Nilai	Number	Nilai parameter
Status_MPValue	Boolean	Status <i>missing value</i>

Selain data data pasien dan data detail pasien, data yang disimpan dalam *database* adalah data atribut dan data range. Data atribut untuk menyimpan data atribut yang dibutuhkan dalam klasifikasi yang meliputi atribut input dan atribut output seperti pada Tabel 3.3. Data range digunakan untuk menyimpan batas-batas minimum dan maximum range dalam fungsi keanggotaan yang dipakai seperti Tabel 3.4. Keputusan *rule* yang terbentuk disimpan dalam tabel Rule seperti pada Tabel 3.5. Sedangkan isi *rule* disimpan dalam tabel Detail\_Rule seperti pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.3** Tabel Atribut

Atribut	Tipe Data	Keterangan
<u>ID_Atribut</u>	Text	Id atribut
Nama_Atribut	Text	Nama atribut
Keterangan_IO	Boolean	Keterangan atribut input / output
Max_Output	Number	Nilai max atribut output

**Tabel 3.4** Tabel Range

Atribut	Tipe Data	Keterangan
<u>ID_Range</u>	Text	Id range
ID_Atribut	Text	Id atribut
Keterangan	Text	Keterangan nama range
Nilai_R1Min	Number	Batas atas range minimum
Nilai_R1Max	Number	Batas atas range maximum
Nilai_Rmin	Number	Batas bawah range minimum
Nilai_Rmax	Number	Batas bawah range maximum

**Tabel 3.5** Tabel Rule

<b>Atribut</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Keterangan</b>
<u>ID_Rule</u>	Text	Id rule
ID_Range_Output	Text	Id range output
FCT	Number	Nilai FCT
LDT	Number	Nilai LDT

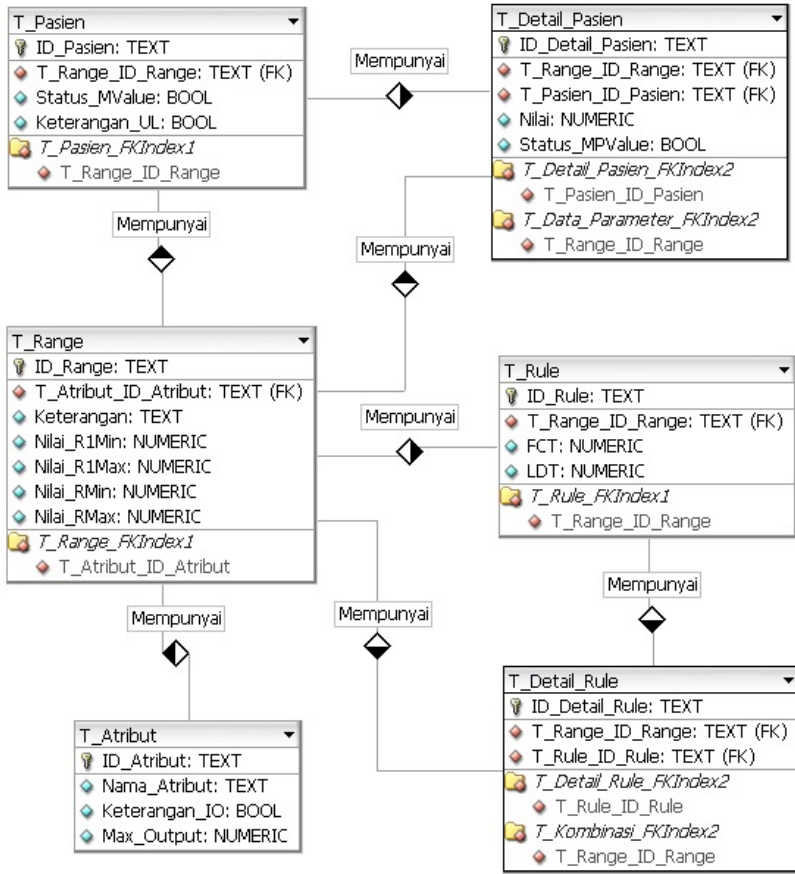
**Tabel 3.6** Tabel Detail Rule

<b>Atribut</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Keterangan</b>
<u>ID_Detail_Rule</u>	Text	Id detail <i>rule</i>
ID_Rule	Text	Id <i>rule</i>
ID_Range_Input	Text	Id range input

Diagram relasi dari rancangan basis data ini dapat dilihat pada Gambar 3.15.







**Gambar 3.15** Diagram Relasi *Database*

Berdasarkan diagram relasi *database*, tabel yang berelasi antara lain tabel pasien dengan tabel detail pasien yang memiliki kardinalitas relasi satu ke banyak, tabel range berelasi dengan tabel pasien, tabel detail pasien, tabel *rule* dan tabel detail *rule* yang masing-masing memiliki kardinalitas relasi satu ke banyak. Tabel *rule* berelasi dengan tabel detail *rule* yang memiliki kardinalitas relasi satu ke banyak dan tabel atribut berelasi dengan tabel range yang memiliki kardinalitas relasi satu ke banyak.

### 3.4 Contoh Perhitungan Manual

#### 3.4.1 Pelatihan

Tabel 3.7 Data input pelatihan

Data	Umur	TD	Kol	DJ	Old	Kelas
1	35	126	282	156	0	1
2	70	160	269	112	2.9	3
3	45	112	160	138	0	0
4	54	132	288	159	0	0
5	53	142	226	111	0	0
6	62	140	394	157	1.2	0
7	64	145	212	132	2	4
8	59	174	249	143	0	1
9	57	152	274	88	1.2	1
10	56	132	184	105	2.1	1
11	52	108	233	147	0.1	0
12	43	130	315	162	1.9	0
13	53	130	246	173	0	0
14	48	124	274	166	0.5	3
15	56	134	409	150	1.9	2

a. Proses Fuzzifikasi

Data input pelatihan diubah menjadi *fuzzy* input berdasarkan fungsi keanggotaan masing-masing atribut seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.8 untuk atribut umur, Tabel 3.9 untuk atribut tekanan darah, Tabel 3.10 untuk atribut kolesterol, tabel 3.11 untuk atribut denyut jantung dan Tabel 3.12 untuk atribut *oldpeak*.

Tabel 3.8 *Fuzzy* input pelatihan atribut umur

Data	Umur	Young	Mid	Old	Very Old
1	35	0.6	0.4	0	0
2	70	0	0	0	1
3	45	0	0	0.625	0
4	54	0	0	0.4	0.25
5	53	0	0	0.5	0.125
6	62	0	0	0	1
7	64	0	0	0	1
8	59	0	0	0	0.875
9	57	0	0	0.1	0.625
10	56	0	0	0.2	0.5
11	52	0	0	0.6	0
12	43	0	0.2857	0.375	0
13	53	0	0	0.5	0.125
14	48	0	0	1	0
15	56	0	0	0.2	0.5
	<b>Sum</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6857</b>	<b>4.5</b>	<b>6</b>

**Tabel 3.9** *Fuzzy input pelatihan atribut tekanan darah*

Data	Tek.Darah	Low	Medium	High	Very High
1	126	0.347826	0	0	0
2	160	0	0	0.8	0.352941
3	112	0.956522	0	0	0
4	132	0.086957	0.416667	0	0
5	142	0	0.785714	0	0
6	140	0	0.928571	0	0
7	145	0	0.571429	0.2	0
8	174	0	0	0	1
9	152	0	0.071429	0.666667	0
10	132	0.086957	0.416667	0	0
11	108	1	0	0	0
12	130	0.173913	0.25	0	0
13	130	0.173913	0.25	0	0
14	124	0.434783	0	0	0
15	134	0	0.583333	0	0
	<b>Sum</b>	<b>3.26087</b>	<b>4.27381</b>	<b>1.666667</b>	<b>1.352941</b>

**Tabel 3.10** *Fuzzy input pelatihan atribut kolesterol*

Data	Kolesterol	Low	Medium	High	Very High
1	282	0	0	0.568182	0.015152
2	269	0	0	0.863636	0
3	160	0.804348	0	0	0
4	288	0	0	0.431818	0.106061
5	226	0	0.685714	0.195652	0
6	394	0	0	0	1
7	212	0	0.888889	0	0
8	249	0	0.028571	0.695652	0
9	274	0	0	0.75	0
10	184	0.282609	0	0	0
11	233	0	0.485714	0.347826	0
12	315	0	0	0	0.515152
13	246	0	0.114286	0.630435	0
14	274	0	0	0.75	0
15	409	0	0	0	1
	<b>Sum</b>	<b>1.086957</b>	<b>2.203175</b>	<b>5.233202</b>	<b>2.636364</b>

**Tabel 3.11** *Fuzzy input pelatihan atribut denyut jantung*

Data	Denyut Jantung	Low	Medium	High
1	156	0	0.904762	0.0625
2	112	0.707317	0.02439	0
3	138	0.073171	0.658537	0
4	159	0	0.833333	0.109375
5	111	0.731707	0	0
6	157	0	0.880952	0.078125
7	132	0.219512	0.512195	0
8	143	0	0.780488	0

9	88	1	0	0
10	105	0.878049	0	0
11	147	0	0.878049	0
12	162	0	0.761905	0.15625
13	173	0	0.5	0.328125
14	166	0	0.666667	0.21875
15	150	0	0.95122	0
<b>Sum</b>		<b>3.609756</b>	<b>8.352497</b>	<b>0.953125</b>

**Tabel 3.12** Fuzzy input pelatihan atribut *oldpeak*

Data	Oldpeak	Low	Risk	Terrible
1	0	1	0	0
2	2.9	0	0.928571	0.241379
3	0	1	0	0
4	0	1	0	0
5	0	1	0	0
6	1.2	0.8	0	0
7	2	0	0.384615	0
8	0	1	0	0
9	1.2	0.8	0	0
10	2.1	0	0.461538	0
11	0.1	1	0	0
12	1.9	0.1	0.307692	0
13	0	1	0	0
14	0.5	1	0	0
15	1.9	0.1	0.307692	0
<b>Sum</b>		<b>9.8</b>	<b>2.39011</b>	<b>0.241379</b>

b. Perhitungan *Fuzzy Entropy*, *Information Gain*, *Split Info* dan *Gain Ratio*

Setelah diketahui *fuzzy input* masing-masing atribut, selanjutnya adalah perhitungan mencari *fuzzy entropy* keseluruhan data.

$$H_f(s) = -\left(\frac{7}{15} \log_2 \frac{7}{15}\right) - \left(\frac{4}{15} \log_2 \frac{4}{15}\right) - \left(\frac{1}{15} \log_2 \frac{1}{15}\right) - \left(\frac{2}{15} \log_2 \frac{2}{15}\right) - \left(\frac{1}{15} \log_2 \frac{1}{15}\right) = 1,9301$$

Perhitungan selanjutnya adalah mencari *fuzzy entropy*, *information gain*, *split info* dan *gain ratio* masing-masing atribut.

- *Gain Ratio* atribut umur

$$H_f(\text{um, young}) = -0 - \left(\frac{0,6}{0,6} \log_2 \frac{0,6}{0,6}\right) - 0 - 0 - 0 = 0$$

$$H_f(\text{um, mid}) = -\left(\frac{0,2857}{0,6857} \log_2 \frac{0,2857}{0,6857}\right) - \left(\frac{0,4}{0,6857} \log_2 \frac{0,4}{0,6857}\right) - 0 - 0 - 0 = 0,9798$$

$$H_f(\text{um, old}) = -\left(\frac{3}{4,5} \log_2 \frac{3}{4,5}\right) - \left(\frac{0,3}{4,5} \log_2 \frac{0,3}{4,5}\right) - \left(\frac{0,2}{4,5} \log_2 \frac{0,2}{4,5}\right) - \left(\frac{1}{4,5} \log_2 \frac{1}{4,5}\right) - 0 = 1,3323$$

$$H_f(\text{um, veryold}) = -\left(\frac{1,5}{6} \log_2 \frac{1,5}{6}\right) - \left(\frac{2}{6} \log_2 \frac{2}{6}\right) - \left(\frac{0,5}{6} \log_2 \frac{0,5}{6}\right) - \left(\frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6}\right) - \left(\frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6}\right) = 2,1887$$

$$G_f(S, \text{um}) = 1,9301 - \left(\frac{0,6}{15} * 0\right) - \left(\frac{0,6857}{15} * 0,9798\right) - \left(\frac{4,5}{15} * 1,3323\right) - \left(\frac{6}{15} * 2,1887\right) = 0,6102$$

$$\text{Split}_f(S, \text{um}) = -\left(\frac{0,6}{15} \log_2 \frac{0,6}{15}\right) - \left(\frac{0,6857}{15} \log_2 \frac{0,6857}{15}\right) - \left(\frac{4,5}{15} \log_2 \frac{4,5}{15}\right) - \left(\frac{6}{15} \log_2 \frac{6}{15}\right) = 1,4391$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, \text{um}) = \frac{0,6102}{1,4391} = 0,4239$$

- *Gain Ratio* atribut Tekanan Darah

$$H_f(\text{td, low}) = -\left(\frac{2,3913}{3,2609} \log_2 \frac{2,3913}{3,2609}\right) - \left(\frac{0,4348}{3,2609} \log_2 \frac{0,4348}{3,2609}\right) - 0 - \left(\frac{0,4348}{3,2609} \log_2 \frac{0,4348}{3,2609}\right) - 0 = 1,1033$$

$$H_f(\text{td, medium}) = -\left(\frac{2,6309}{4,2738} \log_2 \frac{2,6309}{4,2738}\right) - \left(\frac{0,4881}{4,2738} \log_2 \frac{0,4881}{4,2738}\right) - \left(\frac{0,5833}{4,2738} \log_2 \frac{0,5833}{4,2738}\right) - 0 - \left(\frac{0,5714}{4,2738} \log_2 \frac{0,5714}{4,2738}\right) = 1,5687$$

$$H_f(\text{td, high}) = -0 - \left(\frac{0,6667}{1,6667} \log_2 \frac{0,6667}{1,6667}\right) - 0 - \left(\frac{0,8}{1,6667} \log_2 \frac{0,8}{1,6667}\right) - \left(\frac{0,2}{1,6667} \log_2 \frac{0,2}{1,6667}\right) = 1,4041$$

$$H_f(\text{td, veryhigh}) = -0 - \left(\frac{1}{1,3529} \log_2 \frac{1}{1,3529}\right) - 0 - \left(\frac{0,3529}{1,3529} \log_2 \frac{0,3529}{1,3529}\right) - 0 = 0,8281$$

$$G_f(S, \text{td}) = 1,9301 - \left(\frac{3,2609}{15} * 1,1033\right) - \left(\frac{4,2738}{15} * 1,5687\right) - \left(\frac{1,6667}{15} * 1,4041\right) - \left(\frac{1,3529}{15} * 0,8281\right) = 1,0126$$



$$\begin{aligned}
 Split_f(S, td) &= -\left(\frac{3,2609}{15} \log_2 \frac{3,2609}{15}\right) - \left(\frac{4,2738}{15} \log_2 \frac{4,2738}{15}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{1,6667}{15} \log_2 \frac{1,6667}{15}\right) - \left(\frac{1,3529}{15} \log_2 \frac{1,3529}{15}\right) \\
 &= 1,6599 \\
 Gain Ratio_f(S, td) &= \frac{1,0126}{1,6599} = 0,61
 \end{aligned}$$

- *Gain Ratio* atribut Kolesterol

$$\begin{aligned}
 H_f(kol, low) &= -\left(\frac{0,8043}{1,0869} \log_2 \frac{0,8043}{1,0869}\right) - \left(\frac{0,2826}{1,0869} \log_2 \frac{0,2826}{1,0869}\right) - 0 - 0 - 0 \\
 &= 0,8267
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f(kol, medium) &= -\left(\frac{1,2857}{2,2032} \log_2 \frac{1,2857}{2,2032}\right) - \left(\frac{0,0286}{2,2032} \log_2 \frac{0,0286}{2,2032}\right) - 0 \\
 &\quad - 0 - \left(\frac{0,8889}{2,2032} \log_2 \frac{0,8889}{2,2032}\right) = 1,0631
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f(kol, high) &= -\left(\frac{1,6057}{5,2332} \log_2 \frac{1,6057}{5,2332}\right) - \left(\frac{2,0138}{5,2332} \log_2 \frac{2,0138}{5,2332}\right) - 0 \\
 &\quad - \left(\frac{1,6136}{5,2332} \log_2 \frac{1,6136}{5,2332}\right) - 0 = 1,5765
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f(kol, veryhigh) &= -\left(\frac{1,6212}{2,6364} \log_2 \frac{1,6212}{2,6364}\right) - \left(\frac{0,0151}{2,6364} \log_2 \frac{0,0151}{2,6364}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{1}{2,6364} \log_2 \frac{1}{2,6364}\right) - 0 - 0 = 1,0046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_f(S, kol) &= 1,9301 - \left(\frac{1,0869}{15} * 0,8267\right) - \left(\frac{2,2032}{15} * 1,0631\right) \\
 &\quad - \left(\frac{5,2332}{15} * 1,5765\right) - \left(\frac{2,6364}{15} * 1,0046\right) = 0,9875
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Split_f(S, kol) &= -\left(\frac{1,0869}{15} \log_2 \frac{1,0869}{15}\right) - \left(\frac{2,2032}{15} \log_2 \frac{2,2032}{15}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{5,2332}{15} \log_2 \frac{5,2332}{15}\right) - \left(\frac{2,6364}{15} \log_2 \frac{2,6364}{15}\right) \\
 &= 1,6517
 \end{aligned}$$

$$Gain Ratio_f(S, kol) = \frac{0,9875}{1,6517} = 0,5978$$

- *Gain Ratio* atribut Denyut Jantung

$$\begin{aligned}
 H_f(dj, low) &= -\left(\frac{0,8049}{3,6098} \log_2 \frac{0,8049}{3,6098}\right) - \left(\frac{1,8781}{3,6098} \log_2 \frac{1,8781}{3,6098}\right) - 0 \\
 &\quad - \left(\frac{0,7073}{3,6098} \log_2 \frac{0,7073}{3,6098}\right) - \left(\frac{0,2195}{3,6098} \log_2 \frac{0,2195}{3,6098}\right) \\
 &= 1,6796
 \end{aligned}$$

$$H_f(dj, \text{medium})$$

$$= -\left(\frac{4,5128}{8,3525} \log_2 \frac{4,5128}{8,3525}\right) - \left(\frac{1,6852}{8,3525} \log_2 \frac{1,6852}{8,3525}\right) \\ - \left(\frac{0,9512}{8,3525} \log_2 \frac{0,9512}{8,3525}\right) - \left(\frac{0,6911}{8,3525} \log_2 \frac{0,6911}{8,3525}\right) \\ - \left(\frac{0,5122}{8,3525} \log_2 \frac{0,5122}{8,3525}\right) = 1,8472$$

$$H_f(dj, \text{high}) = -\left(\frac{0,6719}{0,9531} \log_2 \frac{0,6719}{0,9531}\right) - \left(\frac{0,0625}{0,9531} \log_2 \frac{0,0625}{0,9531}\right) - 0 \\ - \left(\frac{0,2187}{0,9531} \log_2 \frac{0,2187}{0,9531}\right) - 0 = 1,1007$$

$$G_f(S, dj) = 1,9301 - \left(\frac{3,6098}{15} * 1,6796\right) - \left(\frac{8,3525}{15} * 1,8472\right) \\ - \left(\frac{0,9531}{15} * 1,1007\right) = 0,4274$$

$$\text{Split}_f(S, dj) = -\left(\frac{3,6098}{15} \log_2 \frac{3,6098}{15}\right) - \left(\frac{8,3525}{15} \log_2 \frac{8,3525}{15}\right) \\ - \left(\frac{0,9531}{15} \log_2 \frac{0,9531}{15}\right) = 1,2175$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, dj) = \frac{0,4274}{1,2175} = 0,351$$

- *Gain Ratio* atribut *Old peak*

$$H_f(op, \text{low}) = -\left(\frac{5,9}{9,8} \log_2 \frac{5,9}{9,8}\right) - \left(\frac{2,8}{9,8} \log_2 \frac{2,8}{9,8}\right) - \left(\frac{0,1}{9,8} \log_2 \frac{0,1}{9,8}\right) \\ - \left(\frac{1}{9,8} \log_2 \frac{1}{9,8}\right) - 0 = 1,3606$$

$$H_f(op, \text{risk}) = -\left(\frac{0,3077}{2,3901} \log_2 \frac{0,3077}{2,3901}\right) - \left(\frac{0,4615}{2,3901} \log_2 \frac{0,4615}{2,3901}\right) \\ - \left(\frac{0,3077}{2,3901} \log_2 \frac{0,3077}{2,3901}\right) - \left(\frac{0,9286}{2,3901} \log_2 \frac{0,9286}{2,3901}\right) \\ - \left(\frac{0,3846}{2,3901} \log_2 \frac{0,3846}{2,3901}\right) = 2,1737$$

$$H_f(op, \text{terrible}) = -0 - 0 - 0 - \left(\frac{0,2414}{0,2414} \log_2 \frac{0,2414}{0,2414}\right) - 0 = 0$$

$$G_f(S, op) = 1,9301 - \left(\frac{9,8}{15} * 1,3606\right) - \left(\frac{2,3901}{15} * 2,1737\right) - \left(\frac{0,2414}{15} * 0\right) \\ = 0,6948$$

$$\text{Split}_f(S, op) = -\left(\frac{9,8}{15} \log_2 \frac{9,8}{15}\right) - \left(\frac{2,3901}{15} \log_2 \frac{2,3901}{15}\right) \\ - \left(\frac{0,2414}{15} \log_2 \frac{0,2414}{15}\right) = 0,9193$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, op) = \frac{0,6948}{0,9193} = 0,7558$$

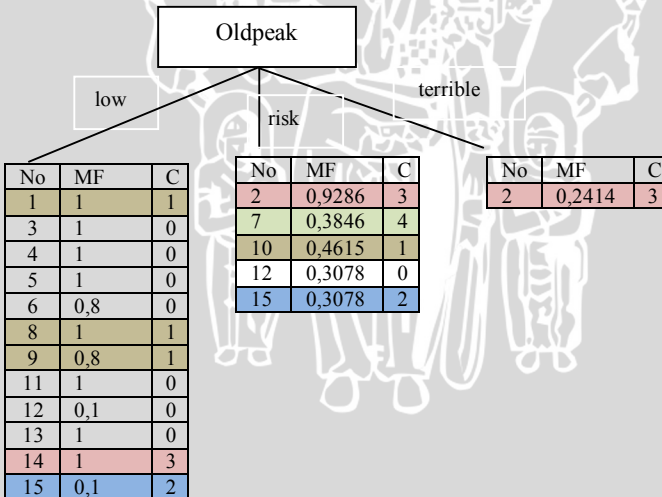
c. Pembentukan *Tree*

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapat nilai *fuzzy entropy* keseluruhan data dan *gain ratio* setiap atribut ditunjukkan pada Tabel 3.13 sebagai berikut.

**Tabel 3.13** Nilai *fuzzy entropy* dan *gain ratio*

Hasil Pencarian Nilai	Hasil
Fuzzy Entropy	1,9301
Gain Ratio untuk atribut umur	0,4239
Gain Ratio untuk atribut tekanan darah	0,61
Gain Ratio untuk atribut kolesterol	0,5978
Gain Ratio untuk atribut denyut jantung	0,351
Gain Ratio untuk atribut <i>old peak</i>	0,7558

Dari hasil tersebut dipilih atribut Oldpeak dengan nilai *gain ratio* tertinggi yaitu 0,7558. Atribut Oldpeak selanjutnya digunakan untuk mengekspansi *tree* atau menjadi *root node*. Maka hasil ekspansi *tree* yang terbentuk berdasarkan atribut Oldpeak adalah seperti Gambar 3.16 berikut.



**Gambar 3.16** Rekursi Tree Level 0

Perhitungan proporsi tiap kelas yang ada pada tiap *node* sebagai berikut.

- *Node low*

$$C_0 = 1+1+1+0,8+1+0,1+1=5,9$$

$$C_1 = 1+1+0,8=2,8$$

$$C_2 = 0,1$$

$$C_3 = 1$$

$$C_4 = 0$$

$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{5,9}{5,9+2,8+0,1+1} * 100\% = 60,20\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \frac{2,8}{5,9+2,8+0,1+1} * 100\% = 28,58\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = \frac{0,1}{5,9+2,8+0,1+1} * 100\% = 1,02\%$$

$$\text{Proporsi } C_3 = \frac{1}{5,9+2,8+0,1+1} * 100\% = 10,20\%$$

$$\text{Proporsi } C_4 = 0\%$$

- *Node risk*

$$C_0 = 0,3078$$

$$C_1 = 0,4615$$

$$C_2 = 0,3078$$

$$C_3 = 0,9286$$

$$C_4 = 0,3846$$

$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{0,3078}{0,3078+0,4615+0,3078+0,9286+0,3846} * 100\% = 12,87\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \frac{0,4615}{0,3078+0,4615+0,3078+0,9286+0,3846} * 100\% = 19,31\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = \frac{0,3078}{0,3078+0,4615+0,3078+0,9286+0,3846} * 100\% = 12,87\%$$

$$\text{Proporsi } C_3 = \frac{0,9286}{0,3078+0,4615+0,3078+0,9286+0,3846} * 100\% = 38,85\%$$

$$\text{Proporsi } C_4 = \frac{0,3846}{0,3078+0,4615+0,3078+0,9286+0,3846} * 100\% = 16,09\%$$

*Fuzziness Control Threshold (FCT) /  $\theta_r$*  yang digunakan adalah 75% sehingga *node low* dan *risk* akan diekspansi lagi karena proporsi *node* lebih kecil dari  $\theta_r$ . Sedangkan untuk *node terrible* berhenti dengan keputusan “S3”.

- *Node low*

$$H_f(s) = -\left(\frac{7}{12} \log_2 \frac{7}{12}\right) - \left(\frac{3}{12} \log_2 \frac{3}{12}\right) - \left(\frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{12}\right) - \left(\frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{12}\right) - 0$$

$$= 1,5511$$

Perhitungan selajutnya adalah mencari *fuzzy entropy*, *information gain*, *split info* dan *gain ratio* masing-masing atribut.

- *Gain Ratio* atribut umur

$$H_f(\text{um, young}) = 0$$

$$H_f(\text{um, mid}) = - \left( \frac{0,2857}{0,6857} \log_2 \frac{0,2857}{0,6857} \right) - \left( \frac{0,4}{0,6857} \log_2 \frac{0,4}{0,6857} \right) - 0 - 0 - 0 = 0,9799$$

$$H_f(\text{um, old}) = - \left( \frac{3}{4,3} \log_2 \frac{3}{4,3} \right) - \left( \frac{0,1}{4,3} \log_2 \frac{0,1}{4,3} \right) - \left( \frac{0,2}{4,3} \log_2 \frac{0,2}{4,3} \right) - \left( \frac{1}{4,3} \log_2 \frac{1}{4,3} \right) - 0 = 1,1838$$

$$H_f(\text{um, veyold}) = - \left( \frac{1,5}{3,5} \log_2 \frac{1,5}{3,5} \right) - \left( \frac{1,5}{3,5} \log_2 \frac{1,5}{3,5} \right) - \left( \frac{1,5}{3,5} \log_2 \frac{1,5}{3,5} \right) - 0 - 0 = 1,4488$$

$$G_f(S, \text{um}) = 1,5511 - 0 - \left( \frac{0,6857}{12} * 0,9799 \right) - \left( \frac{4,3}{12} * 1,1838 \right) - \left( \frac{3,5}{12} * 1,4488 \right) = 0,6483$$

$$\text{Split}_f(S, \text{um}) = - \left( \frac{0,6}{12} \log_2 \frac{0,6}{12} \right) - \left( \frac{0,6857}{12} \log_2 \frac{0,6857}{12} \right) - \left( \frac{4,3}{12} \log_2 \frac{4,3}{12} \right) - \left( \frac{3,5}{12} \log_2 \frac{3,5}{12} \right) = 1,5011$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, \text{um}) = \frac{0,6483}{1,5011} = 0,4319$$

- *Gain Ratio* atribut Tekanan Darah

$$H_f(\text{td, low}) = - \left( \frac{2,3913}{3,1739} \log_2 \frac{2,3913}{3,1739} \right) - \left( \frac{0,3478}{3,1739} \log_2 \frac{0,3478}{3,1739} \right) - 0 - \left( \frac{0,4348}{3,1739} \log_2 \frac{0,4348}{3,1739} \right) - 0 = 1,0502$$

$$H_f(\text{td, medium}) = - \left( \frac{2,6309}{3,2857} \log_2 \frac{2,6309}{3,2857} \right) - \left( \frac{0,0714}{3,2857} \log_2 \frac{0,0714}{3,2857} \right) - \left( \frac{0,5833}{3,2857} \log_2 \frac{0,5833}{3,2857} \right) - 0 - 0 = 0,8195$$

$$H_f(\text{td, high}) = -0 - \left( \frac{0,6667}{0,6667} \log_2 \frac{0,6667}{0,6667} \right) - 0 - 0 - 0 = 0$$

$$H_f(\text{td, veryhigh}) = -0 - \left( \frac{1}{1} \log_2 \frac{1}{1} \right) - 0 - 0 - 0 = 0$$

$$G_f(S, \text{td}) = 1,5511 - \left( \frac{3,1739}{12} * 1,0502 \right) - \left( \frac{3,2857}{12} * 0,8195 \right) - 0 - 0 = 1,0489$$



$$Split_f(S, td) = -\left(\frac{3,1739}{12} \log_2 \frac{3,1739}{12}\right) - \left(\frac{3,2857}{12} \log_2 \frac{3,2857}{12}\right) - \left(\frac{0,6667}{12} \log_2 \frac{0,6667}{12}\right) - \left(\frac{1}{12} \log_2 \frac{1}{12}\right) = 1,5496$$

$$Gain Ratio_f(S, td) = \frac{1,0489}{1,5496} = 0,6769$$

- *Gain Ratio* atribut kolesterol

$$H_f(kol, low) = 0$$

$$H_f(kol, medium)$$

$$= -\left(\frac{1,2857}{1,3143} \log_2 \frac{1,2857}{1,3143}\right) - \left(\frac{0,0286}{1,3143} \log_2 \frac{0,0286}{1,3143}\right) - 0 - 0 = 0,1511$$

$$H_f(kol, high) = -\left(\frac{1,6057}{4,3696} \log_2 \frac{1,6057}{4,3696}\right) - \left(\frac{2,0138}{4,3696} \log_2 \frac{2,0138}{4,3696}\right) - 0 - \left(\frac{0,75}{4,3696} \log_2 \frac{0,75}{4,3696}\right) - 0 = 1,4822$$

$$H_f(kol, veryhigh)$$

$$= -\left(\frac{1,6242}{2,6364} \log_2 \frac{1,6242}{2,6364}\right) - \left(\frac{0,0151}{2,6364} \log_2 \frac{0,0151}{2,6364}\right) - \left(\frac{1}{2,6364} \log_2 \frac{1}{2,6364}\right) - 0 - 0 = 1,0046$$

$$G_f(S, kol) = 1,5511 - 0 - \left(\frac{1,3143}{12} * 0,1511\right) - \left(\frac{4,3696}{12} * 1,4822\right) - \left(\frac{2,6364}{12} * 1,0046\right) = 0,7741$$

$$Split_f(S, kol) = -\left(\frac{0,8043}{12} \log_2 \frac{0,8043}{12}\right) - \left(\frac{1,3143}{12} \log_2 \frac{1,3143}{12}\right) - \left(\frac{4,3696}{12} \log_2 \frac{4,3696}{12}\right) - \left(\frac{2,6364}{12} \log_2 \frac{2,6364}{12}\right) = 1,6219$$

$$Gain Ratio_f(S, kol) = \frac{0,7741}{1,6219} = 0,4773$$

- *Gain Ratio* atribut denyut jantung

$$H_f(dj, low) = -\left(\frac{0,8049}{1,8049} \log_2 \frac{0,8049}{1,8049}\right) - \left(\frac{1}{1,8049} \log_2 \frac{1}{1,8049}\right) - 0 - 0 - 0 = 0,9915$$

$$H_f(dj, medium)$$

$$= -\left(\frac{4,5128}{7,8159} \log_2 \frac{4,5128}{7,8159}\right) - \left(\frac{1,6852}{7,8159} \log_2 \frac{1,6852}{7,8159}\right)$$

$$- \left(\frac{0,9512}{7,8159} \log_2 \frac{0,9512}{7,8159}\right) - \left(\frac{0,6667}{7,8159} \log_2 \frac{0,6667}{7,8159}\right) - 0 = 1,6075$$

$$H_f(dj, high) = - \left( \frac{0,6719}{0,9531} \log_2 \frac{0,6719}{0,9531} \right) - \left( \frac{0,0625}{0,9531} \log_2 \frac{0,0625}{0,9531} \right) - 0$$

$$- \left( \frac{0,2187}{0,9531} \log_2 \frac{0,2187}{0,9531} \right) - 0 = 1,1007$$

$$G_f(S, dj) = 1,5511 - \left( \frac{1,8049}{12} * 0,9915 \right) - \left( \frac{7,8159}{12} * 1,6075 \right)$$

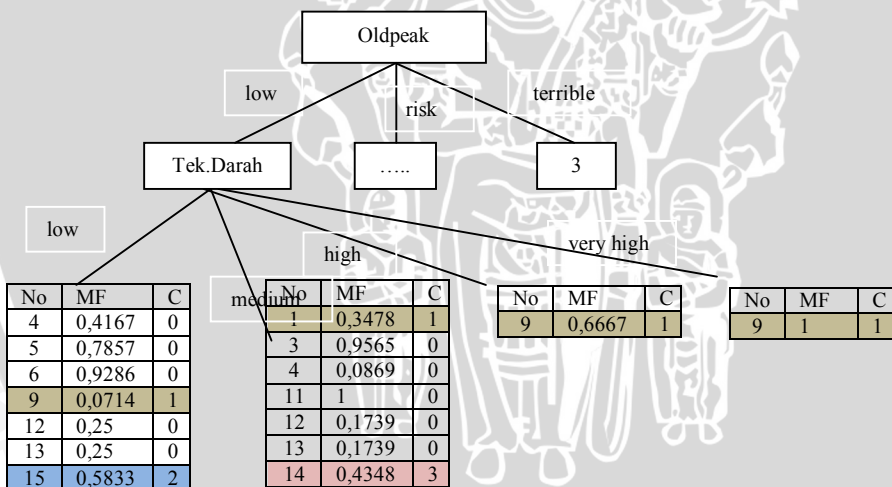
$$- \left( \frac{0,9531}{12} * 1,1007 \right) = 0,2675$$

$$Split_f(S, dj) = - \left( \frac{1,8049}{12} \log_2 \frac{1,8049}{12} \right) - \left( \frac{7,8159}{12} \log_2 \frac{7,8159}{12} \right)$$

$$- \left( \frac{0,9531}{12} \log_2 \frac{0,9531}{12} \right) = 1,1042$$

$$Gain Ratio_f(S, dj) = \frac{0,2675}{1,1042} = 0,2423$$

Berdasarkan *gain ratio* diatas, maka atribut Tekanan Darah digunakan sebagai *root* dari *sub-node* karena memiliki nilai *gain ratio* terbesar. *Tree* yang terbentuk adalah seperti Gambar 3.17 sebagai berikut



**Gambar 3.17** Rekursi Tree Level 1 Iterasi 1

Perhitungan proporsi tiap kelas yang ada pada tiap *node* sebagai berikut.

- *Node low*

$$C_0 = 0,9565 + 0,0869 + 1 + 0,1739 + 0,1739 = 2,3913$$

$$C_1 = 0,3478$$

$$C_2 = 0$$

$$C_3 = 0,4348$$

$$C_4 = 0$$

$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{2,3913}{2,3913 + 0,3478 + 0,4348} * 100\% = 75,34\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \frac{0,3478}{2,3913 + 0,3478 + 0,4348} * 100\% = 10,96\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = 0\%$$

$$\text{Proporsi } C_3 = \frac{0,4348}{2,3913 + 0,3478 + 0,4348} * 100\% = 13,7\%$$

$$\text{Proporsi } C_4 = 0\%$$

- *Node medium*

$$C_0 = 0,4167 + 0,7857 + 0,9286 + 0,25 + 0,25 = 2,6309$$

$$C_1 = 0,0714$$

$$C_2 = 0,5833$$

$$C_3 = C_4 = 0$$

$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{2,6309}{2,6309 + 0,0714 + 0,5833} * 100\% = 80,07\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \frac{0,0714}{2,6309 + 0,0714 + 0,5833} * 100\% = 2,18\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = \frac{0,5833}{2,6309 + 0,0714 + 0,5833} * 100\% = 17,75\%$$

$$\text{Proporsi } C_3 = \text{Proporsi } C_4 = 0\%$$

*Node low* berhenti dengan keputusan “healthy”, *node medium* berhenti dengan keputusan “healthy”, *node high* berhenti dengan keputusan “S1” dan *node very high* berhenti dengan keputusan “S1”.

- *Node risk*

$$H_f(s) = -\left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) - \left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) - \left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) - \left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) - \left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) \\ = 1,8575$$

- *Gain Ratio* atribut umur

$$H_f(\text{um, young}) = 0$$

$$H_f(\text{um, mid}) = 0$$

$$H_f(\text{um, old}) = -\left(\frac{0,375}{0,775} \log_2 \frac{0,375}{0,775}\right) - \left(\frac{0,2}{0,775} \log_2 \frac{0,2}{0,775}\right) - \left(\frac{0,2}{0,775} \log_2 \frac{0,2}{0,775}\right) - 0 - 0 = 1,5154$$

$$H_f(\text{um, veyold}) = -0 - \left(\frac{0,5}{3} \log_2 \frac{0,5}{3}\right) - \left(\frac{0,5}{3} \log_2 \frac{0,5}{3}\right) - \left(\frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3}\right) - \left(\frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3}\right) = 1,9183$$

$$G_f(S, \text{um}) = 1,8575 - 0 - 0 - \left(\frac{0,775}{5} * 1,5154\right) - \left(\frac{3}{5} * 1,9183\right) = 0,4717$$

$$\text{Split}_f(S, \text{um}) = -0 - \left(\frac{0,2857}{5} \log_2 \frac{0,2857}{5}\right) - \left(\frac{0,775}{5} \log_2 \frac{0,775}{5}\right) - \left(\frac{3}{5} \log_2 \frac{3}{5}\right) = 1,095$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, \text{um}) = \frac{0,4717}{1,095} = 0,4307$$

- *Gain Ratio* atribut Tekanan Darah

$$H_f(\text{td, low}) = -\left(\frac{0,1739}{0,2609} \log_2 \frac{0,1739}{0,2609}\right) - \left(\frac{0,087}{0,2609} \log_2 \frac{0,087}{0,2609}\right) - 0 - 0 - 0 = 0,9183$$

$$H_f(\text{td, medium})$$

$$= -\left(\frac{0,25}{1,8214} \log_2 \frac{0,25}{1,8214}\right) - \left(\frac{0,4167}{1,8214} \log_2 \frac{0,4167}{1,8214}\right) - \left(\frac{0,5833}{1,8214} \log_2 \frac{0,5833}{1,8214}\right) - 0 - \left(\frac{0,5714}{1,8214} \log_2 \frac{0,5714}{1,8214}\right) = 1,9308$$

$$H_f(\text{td, high}) = -0 - 0 - 0 - \left(\frac{0,8}{1} \log_2 \frac{0,8}{1}\right) - \left(\frac{0,2}{1} \log_2 \frac{0,2}{1}\right) = 0,7219$$

$$H_f(\text{td, veryhigh}) = 0$$

$$G_f(S, \text{td}) = 1,8575 - \left(\frac{0,2609}{5} * 0,9183\right) - \left(\frac{1,8214}{5} * 1,9308\right) - \left(\frac{1}{5} * 0,7219\right) - 0 = 0,9619$$

$$\text{Split}_f(S, \text{td}) = -\left(\frac{0,2609}{5} \log_2 \frac{0,2609}{5}\right) - \left(\frac{1,8214}{5} \log_2 \frac{1,8214}{5}\right) - \left(\frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}\right) - \left(\frac{0,3529}{5} \log_2 \frac{0,3529}{5}\right) = 1,4873$$

$$\text{Gain Ratio}_f(S, \text{td}) = \frac{0,9619}{1,4873} = 0,6467$$

- *Gain Ratio* atribut kolesterol

$$H_f(\text{kol, low}) = 0$$

$$H_f(\text{kol, medium}) = 0$$

$$\begin{aligned}
 H_f(kol, high) &= 0 \\
 H_f(kol, veryhigh) &= -\left(\frac{0,5151}{1,5151} \log_2 \frac{0,5151}{1,5151}\right) - 0 - \left(\frac{1}{1,5151} \log_2 \frac{1}{1,5151}\right) \\
 &= 0 - 0 = 0,9248
 \end{aligned}$$

$$G_f(S, kol) = 1,8575 - 0 - 0 - 0 - \left(\frac{1,5151}{5} * 0,9248\right) - 0 = 1,5773$$

$$\begin{aligned}
 Split_f(S, kol) &= -\left(\frac{0,2826}{5} \log_2 \frac{0,2826}{5}\right) - \left(\frac{0,8889}{5} \log_2 \frac{0,8889}{5}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{0,8636}{5} \log_2 \frac{0,8636}{5}\right) - \left(\frac{1,5151}{5} \log_2 \frac{1,5151}{5}\right) \\
 &= 1,6368
 \end{aligned}$$

$$Gain Ratio_f(S, kol) = \frac{1,5773}{1,6368} = 0,9636$$

- *Gain Ratio* atribut denyut jantung

$$\begin{aligned}
 H_f(dj, low) &= -0 - \left(\frac{0,8781}{1,8049} \log_2 \frac{0,8781}{1,8049}\right) - 0 - \left(\frac{0,7073}{1,8049} \log_2 \frac{0,7073}{1,8049}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{0,2195}{1,8049} \log_2 \frac{0,2195}{1,8049}\right) = 1,405
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f(dj, medium) &= -\left(\frac{0,7619}{2,2497} \log_2 \frac{0,7619}{2,2497}\right) - 0 - \left(\frac{0,9512}{2,2497} \log_2 \frac{0,9512}{2,2497}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{0,0244}{2,2497} \log_2 \frac{0,0244}{2,2497}\right) - \left(\frac{0,5122}{2,2497} \log_2 \frac{0,5122}{2,2497}\right) \\
 &= 1,6109
 \end{aligned}$$

$$H_f(dj, high) = 0$$

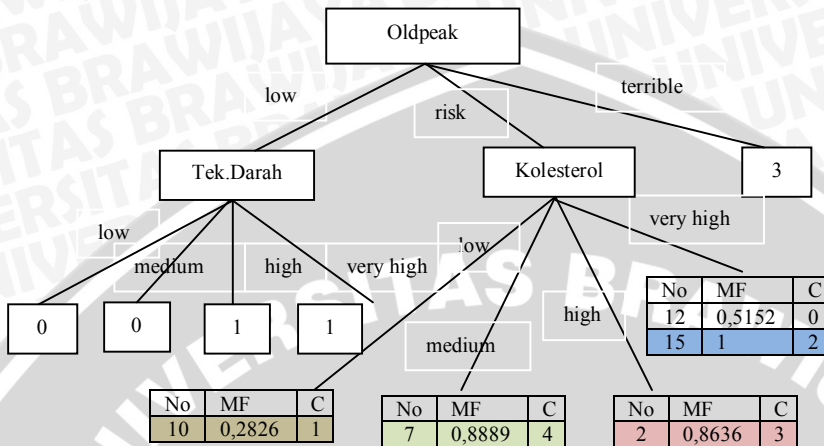
$$G_f(S, dj) = 1,8575 - \left(\frac{1,8049}{5} * 1,405\right) - \left(\frac{2,2497}{5} * 1,6109\right) - 0 = 0,6255$$

$$\begin{aligned}
 Split_f(S, dj) &= -\left(\frac{1,8049}{5} \log_2 \frac{1,8049}{5}\right) - \left(\frac{2,2497}{5} \log_2 \frac{2,2497}{5}\right) \\
 &\quad - \left(\frac{0,1562}{5} \log_2 \frac{0,1562}{5}\right) = 1,2053
 \end{aligned}$$

$$Gain Ratio_f(S, dj) = \frac{0,6255}{1,2053} = 0,519$$

Berdasarkan *gain ratio* diatas, maka atribut Kolesterol digunakan sebagai *root* dari *sub-node Tree* yang terbentuk adalah seperti Gambar 3.18 sebagai berikut





**Gambar 3.18** Rekursi Tree Level 1 Iterasi 2

Perhitungan proporsi tiap kelas yang ada pada *node* very high sebagai berikut:

- *Node* very high

$$C_0 = 0,5152$$

$$C_2 = 1$$

$$C_1 = C_3 = C_4 = 0$$

$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{0,5152}{0,5152+1} * 100\% = 34\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = \frac{1}{0,5152+1} * 100\% = 66\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \text{Proporsi } C_3 = \text{Proporsi } C_4 = 0\%$$

*Node* low berhenti dengan keputusan “S1”, *node* medium berhenti dengan keputusan “S3”, *node* high berhenti dengan keputusan “S3”. Sedangkan *node* very high nilai proporsinya masih lebih kecil dari  $\theta_r$ , sehingga perlu dilakukan proses ekspansi tree.

- *Node* very high

$$H_f(s) = -\left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}\right) - 0 - \left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}\right) - 0 - 0 = 1$$

- *Gain Ratio* atribut umur

$$H_f(\text{um, young}) = 0$$

$$H_f(\text{um, mid}) = 0$$



$$H_f(um, old) = -\left(\frac{0,375}{0,575} \log_2 \frac{0,375}{0,575}\right) - 0 - \left(\frac{0,2}{0,575} \log_2 \frac{0,2}{0,575}\right) - 0 - 0$$

$$= 0,9321$$

$$H_f(um, veyold) = 0$$

$$G_f(S, um) = 1 - 0 - 0 - \left(\frac{0,575}{2} * 0,9321\right) - 0 = 0,732$$

$$Split_f(S, um) = -0 - \left(\frac{0,2857}{2} \log_2 \frac{0,2857}{2}\right) - \left(\frac{0,575}{2} \log_2 \frac{0,575}{2}\right)$$

$$- \left(\frac{0,5}{2} \log_2 \frac{0,5}{2}\right) = 1,4181$$

$$Gain Ratio_f(S, um) = \frac{0,732}{1,4181} = 0,5162$$

- *Gain Ratio* atribut Tekanan Darah

$$H_f(td, low) = 0$$

$$H_f(td, medium)$$

$$= -\left(\frac{0,25}{0,8333} \log_2 \frac{0,25}{0,8333}\right) - 0 - \left(\frac{0,5833}{0,8333} \log_2 \frac{0,5833}{0,8333}\right)$$

$$- 0 - 0 = 0,8813$$

$$H_f(td, high) = 0$$

$$H_f(td, veryhigh) = 0$$

$$G_f(S, td) = 1 - 0 - \left(\frac{0,8333}{2} * 0,8813\right) - 0 - 0 = 0,6328$$

$$Split_f(S, td) = -\left(\frac{0,1739}{2} \log_2 \frac{0,1739}{2}\right) - \left(\frac{0,8333}{2} \log_2 \frac{0,8333}{2}\right) - 0 - 0$$

$$= 0,8327$$

$$Gain Ratio_f(S, td) = \frac{0,6328}{0,8327} = 0,7599$$

- *Gain Ratio* atribut denyut jantung

$$H_f(dj, low) = 0$$

$$H_f(dj, medium)$$

$$= -\left(\frac{0,7619}{1,7131} \log_2 \frac{0,7619}{1,7131}\right) - 0 - \left(\frac{0,9512}{1,7131} \log_2 \frac{0,9512}{1,7131}\right)$$

$$- 0 - 0 = 0,9912$$

$$H_f(dj, high) = 0$$

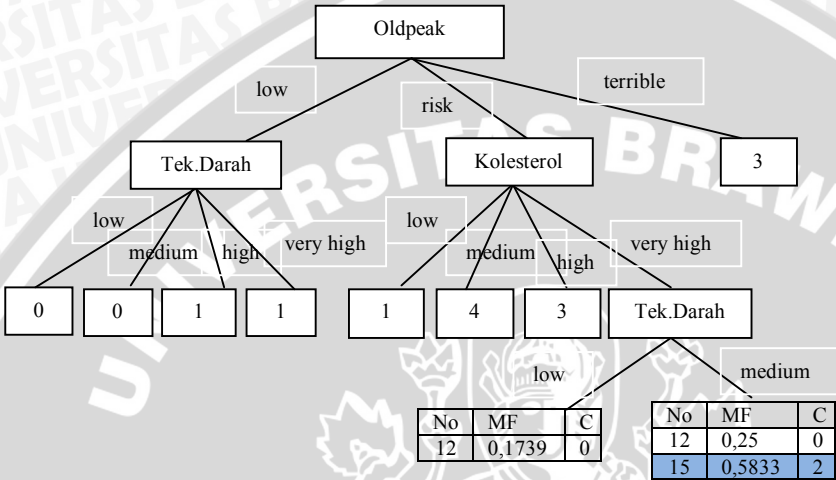
$$G_f(S, dj) = 1 - 0 - \left(\frac{1,7131}{2} * 0,9912\right) - 0 = 0,151$$

$$Split_f(S, dj) = -0 - \left(\frac{1,7131}{2} \log_2 \frac{1,7131}{2}\right) - \left(\frac{0,1562}{2} \log_2 \frac{0,1562}{2}\right)$$

$$= 0,4787$$

$$Gain Ratio_f(S, dj) = \frac{0,151}{0,4787} = 0,3155$$

Berdasarkan *information gain* diatas, maka atribut Tekanan Darah digunakan sebagai *root* dari *sub-node* karena memiliki nilai *gain ratio* terbesar. *Tree* yang terbentuk adalah seperti Gambar 3.19.



**Gambar 3.19** Rekursi Tree Level 2 Iterasi 1

Pada gambar diatas, *node* high dan very high tidak terbentuk karena proporsinya 0%. Sedangkan untuk *node* low berhenti dengan keputusan “*healthy*”. Perhitungan proporsi *node* medium adalah.

- *Node* medium

$$C_0 = 0,25$$

$$C_2 = 0,5833$$

$$C_1 = C_3 = C_4 = 0$$

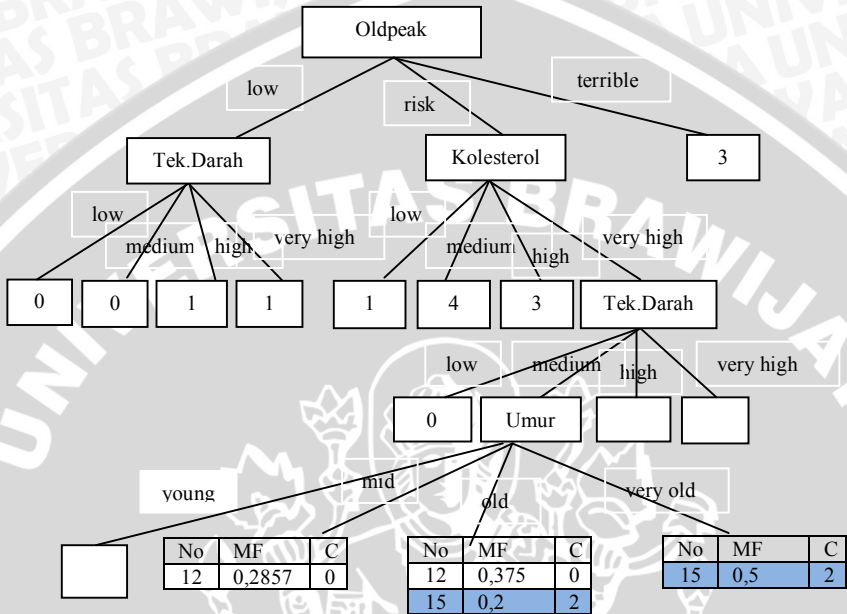
$$\text{Proporsi } C_0 = \frac{0,25}{0,25 + 0,5833} * 100\% = 30\%$$

$$\text{Proporsi } C_2 = \frac{0,5833}{0,25 + 0,5833} * 100\% = 70\%$$

$$\text{Proporsi } C_1 = \text{Proporsi } C_3 = \text{Proporsi } C_4 = 0\%$$

Proporsi *node* medium masih lebih kecil daripada  $\theta_r$  (75%), sehingga perlu dilakukan proses ekspansi *tree*. Karena record yang dihasilkan pada *node* medium sama dengan record pada proses ekspansi kolesterol *node* very high, sehingga diambil nilai *gain ratio*

yang tertinggi diantara atribut umur dan denyut jantung. Proses ekspansi selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 3.20 sebagai berikut.

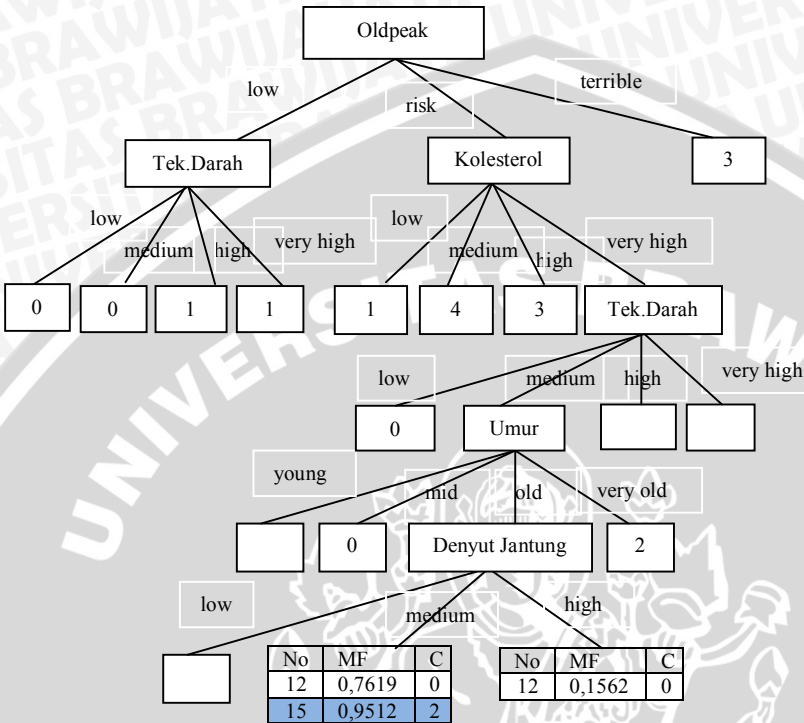


**Gambar 3.20** Rekursi Tree Level 3 Iterasi 1

Pada gambar diatas, *node* young tidak terbentuk karena proporsi untuk variable tersebut 0%. *Node* mid berhenti dengan keputusan “healthy” dan *node* very old berhenti dengan keputusan “S2”. Perhitungan proporsi untuk *node* old adalah sebagai berikut.

- *Node* old  
 $C_0 = 0,375$      $C_2 = 0,2$   
 $\text{Proporsi } C_0 = \frac{0,375}{0,375+0,2} * 100\% = 65,22\%$   
 $\text{Proporsi } C_2 = \frac{0,2}{0,375+0,2} * 100\% = 34,78\%$

Proporsi *node* old lebih kecil daripada  $\theta_r$ , sehingga perlu dilakukan ekspansi *tree* dengan atribut denyut jantung saja karena hanya atribut tersebut yang belum diekspansi. Proses ekspansi *node* old ditunjukkan pada Gambar 3.21 berikut:



**Gambar 3.21** Rekursi Tree Level 4 Iterasi 1

Pada gambar diatas, *node* low tidak terbentuk dalam tree karena proporsinya 0%. Untuk *node* high berhenti dengan keputusan “penderita sehat”. Perhitungan proporsi *node* medium sebagai berikut

- *Node* medium

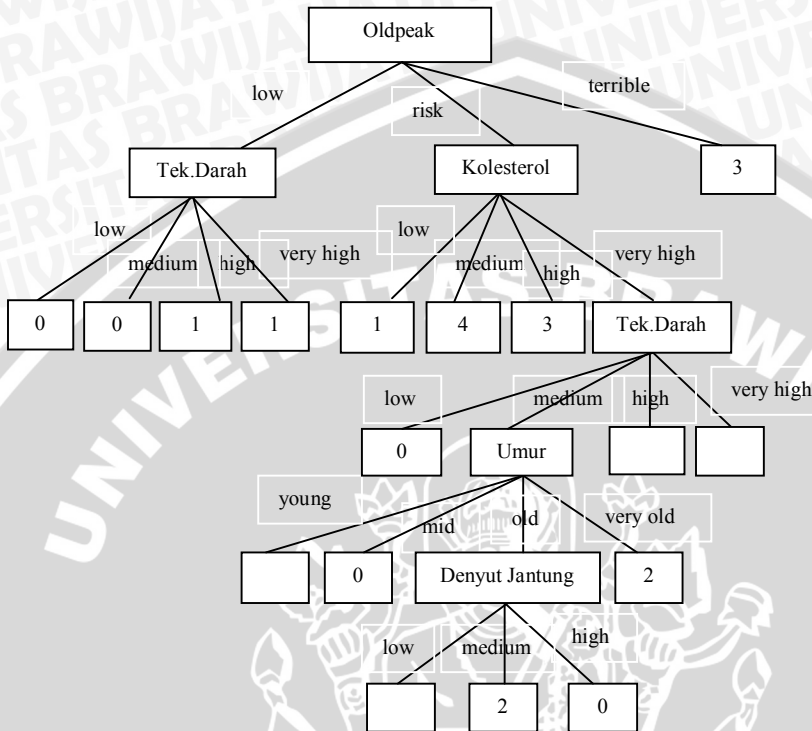
$$C_0 = 0,7619$$

$$C_2 = 0,9512$$

$$\text{Proporsi}C_0 = \frac{0,7619}{0,7619+0,9512} * 100\% = 44,47\%$$

$$\text{Proporsi}C_2 = \frac{0,9512}{0,7619+0,9512} * 100\% = 55,53\%$$

Berdasarkan perhitungan proporsi diatas, maka terbentuk *tree* seperti pada Gambar 3.22.



**Gambar 3.22** *Fuzzy Decision Tree* untuk *Training Set*

Berdasarkan perhitungan pembentukan *fuzzy decision tree* dengan algoritma C4.5 diperoleh sebuah model yang terdiri atas 13 aturan dengan menggunakan *training set*. Aturan klasifikasi yang diperoleh yaitu sebagai berikut.

1. IF oldpeak low AND tekanan darah low THEN *Healthy*.
2. IF oldpeak low AND tekanan darah medium THEN *Healthy*.
3. IF oldpeak low AND tekanan darah high THEN *S1*.
4. IF oldpeak low AND tekanan darah very high THEN *S1*.
5. IF oldpeak risk AND kolesterol low THEN *S1*.
6. IF oldpeak risk AND kolesterol medium THEN *S4*.
7. IF oldpeak risk AND kolesterol high THEN *S3*.
8. IF oldpeak risk AND kolesterol very high AND tekanan darah low THEN *Healthy*.



9. IF oldpeak risk AND kolesterol very high AND tekanan darah medium AND umur middle THEN *Healthy*.
10. IF oldpeak risk AND kolesterol very high AND tekanan darah medium AND umur old AND denyut jantung medium THEN *S2*.
11. IF oldpeak risk AND kolesterol very high AND tekanan darah medium AND umur old AND denyut jantung high THEN *Healthy*.
12. IF oldpeak risk AND kolesterol very high AND tekanan darah medium AND umur very old THEN *S2*.
13. IF oldpeak terrible THEN *S3*.

### 3.4.2 Pengujian

Data yang digunakan dalam pengujian adalah data uji. Berikut contoh perhitungan dalam proses pengujian.

Input data uji:

Umur = 45

Tekanan Darah = 112

Kolesterol = 160

Denyut Jantung = 138

Oldpeak = 0

a. Fuzzifikasi

- Umur 45 termasuk dalam himpunan fuzzy old.  
 $\mu_{old}(45) = 0,625$
- Tekanan darah 112 termasuk dalam himpunan fuzzy low..  
 $\mu_{low}(112) = 0,9565$
- Kolesterol 160 termasuk dalam himpunan fuzzy low.  
 $\mu_{low}(160) = 0,8043$
- Denyut Jantung 138 termasuk dalam himpunan fuzzy low dan medium.  
 $\mu_{low}(138) = 0,0732$   
 $\mu_{medium}(138) = 0,6585$
- *Oldpeak* 0 termasuk dalam himpunan fuzzy low.  
 $\mu_{low}(0) = 1$



b. Rule Fuzzy

Proses fuzzifikasi tersebut memakai 13 aturan yang memenuhi, yaitu:

No	Umur	Tekanan Darah	Kolesterol	Denyut Jantung	Oldpeak	Kelas
1	-	0,9565	-	-	1	0
2	-	0	-	-	1	0
3	-	0	-	-	1	1
4	-	0	-	-	1	1
5	-	-	0,8043	-	0	1
6	-	-	0	-	0	4
7	-	-	0	-	0	3
8	-	0,9565	0	-	0	0
9	0	0	0	-	0	0
10	0,625	0	0	0,7619	0	2
11	0,625	0	0	0,1562	0	0
12	0	0	0	-	0	2
13	-	-	-	-	0	3

No	Minimum	Kelas
1	0,9565	0
2	0	0
3	0	1
4	0	1
5	0	1
6	0	4
7	0	3
8	0	0
9	0	0
10	0	2
11	0	0
12	0	2
13	0	3

Menghasilkan (Maximal) :

0 (0,9565), 1(0), 2 (0), 3 (0), 4(0)

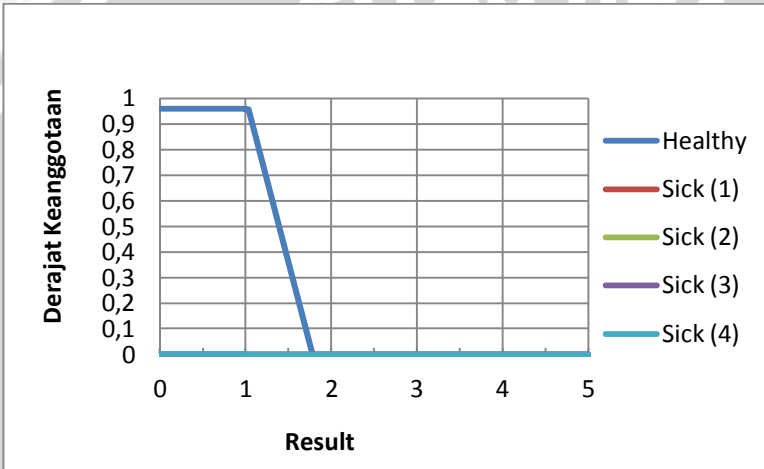
Mencari titik potong :

$$MF = \frac{\text{range max} - x}{\text{range max} - \text{range min}} = 0,9565$$

$$= \frac{1,78 - x}{1,78 - 1} = 0,9565$$

$$= 1,034$$

Proses komposisinya sebagai berikut :



**Gambar 3.23** Daerah Hasil Komposisi

Berdasarkan daerah hasil komposisi pada Gambar 3.23 kemudian akan dicari titik potongnya yaitu sebagai berikut.

c. Defuzzifikasi

$$A = (0,2+0,4+0,6+0,8+1+1,034+1,2+1,4+1,6) * 0,9565 = 7,8758$$

$$\text{Luas Daerah A} = (9 * 0,9565) = 8,6085$$

Setelah diketahui titik-titik potongnya maka dihitung hasil defuzzifikasinya dengan menggunakan metode *centroid* yaitu:

$$COG = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} = \frac{7,8758}{8,6085} = 0,91488$$

Pasien mempunyai faktor resiko dengan nilai 0,91488. Nilai COG berada diantara kelas sehat, maka klasifikasinya adalah pasien sehat.

### 3.5 Perancangan Antarmuka

Antarmuka untuk sistem ini terdiri dari 3 bagian, yaitu penginputan data pasien, pembentukan aturan klasifikasi yang bertujuan membangkitkan aturan *fuzzy* dan bagian pengujian yang bertujuan untuk melakukan pengujian terhadap aturan yang terbentuk. Antarmuka data pasien ditunjukkan pada Gambar 3.24.

The image shows a user interface for entering patient data. It consists of a large empty rectangular box at the top, labeled with a circled '1'. Below this is a form with several input fields and buttons. The form is organized into two main columns. The left column contains labels for 'No', 'Umur', 'Tekanan Darah', 'Kolesterol', 'Denyut Jantung', 'Oldpeak', and 'Kelas'. Each label is followed by an input field. The 'Kelas' field has a dropdown arrow. The right column contains two buttons, each with a circled number. The top button is labeled '3' and the bottom button is labeled '6'. There are also two more buttons, labeled '2' and '4', positioned between the input fields and the right column buttons. The '2' button is next to the 'No' field, and the '4' button is next to the 'Denyut Jantung' field.

**Gambar 3.24** Perancangan Antarmuka Data Pasien

Berikut ini adalah keterangan antarmuka data pasien Gambar 3.24:

1. Tabel data pasien yang tersimpan dalam database sebelumnya.
2. *Field* parameter untuk memasukan data kedalam database.
3. Tombol 'insert tabel' untuk memasukan data yang telah diisi pada *field* parameter kedalam tabel.
4. Tombol 'delete tabel' untuk menghapus isi tabel.
5. Tombol 'add pasien' untuk menambahkan data pasien.
6. Tombol 'save data' untuk menyimpan data pasien kedalam database.

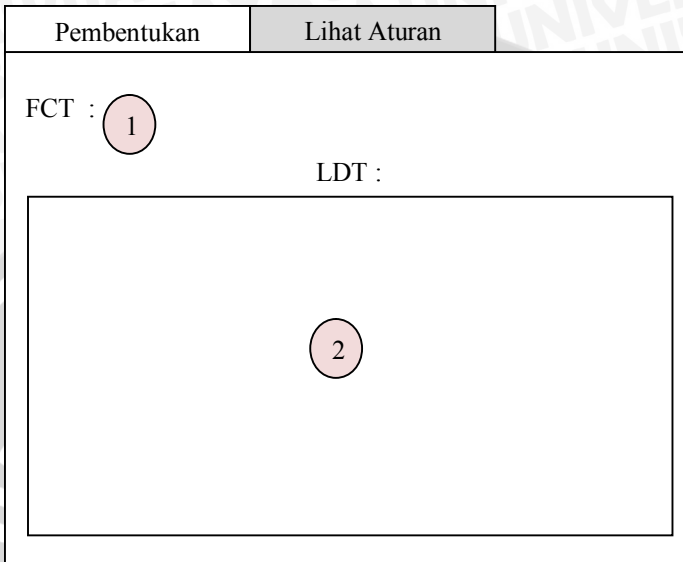
Antarmuka pelatihan ditunjukkan pada Gambar 3.25 dan 3.26.

Pembentukan Aturan	Lihat Aturan						
<table border="1"><tr><td>FCT</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr><tr><td>LDT</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	FCT	<input type="text"/>	<input type="text"/>	LDT	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
FCT	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
LDT	<input type="text"/>	<input type="text"/>					

**Gambar 3.25** Perancangan Antarmuka Pembentukan Aturan

Berikut ini keterangan antarmuka pembentukan aturan Gambar 3.25:

1. *Field* untuk memasukan nilai FCT dan LDT yang akan dipakai dalam proses pelatihan.
2. Tombol 'setting FCT & LDT' untuk mengatur nilai FCT dan LDT yang telah dimasukan dalam *field*.
3. Tombol 'proses pembentukan aturan' untuk memproses data kedalam bentuk tree.
4. Listbox node untuk menampilkan node-node yang terbentuk.
5. Listbox parameter untuk menampilkan parameter yang belum terbentuk dalam node.
6. Listbox untuk menampilkan keterangan node yang terbentuk, seperti Atribut induk, range node dan atribut node.
7. Tabel yang menampilkan *membership function* setiap linguistik.

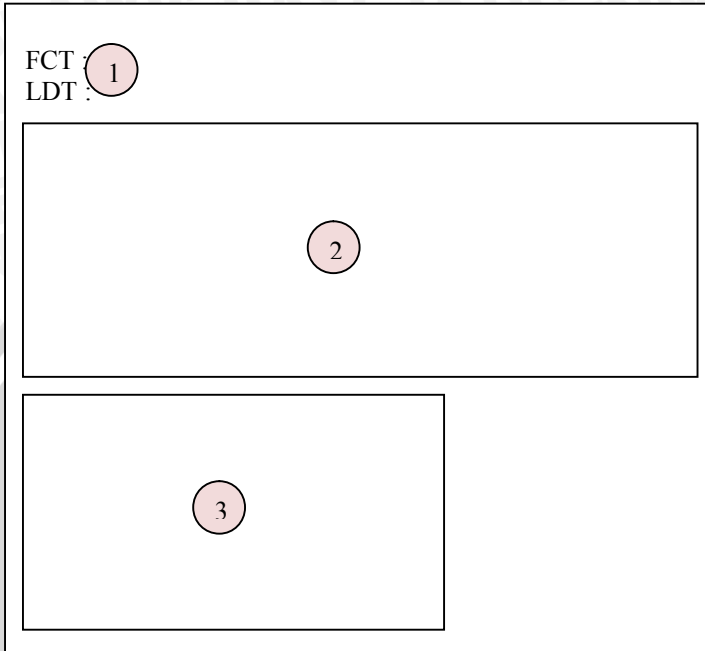


**Gambar 3.26** Perancangan Antarmuka Lihat Aturan

Berikut ini keterangan antarmuka lihat aturan Gambar 3.25:

1. Label yang menampilkan nilai FCT dan LDT yang dipakai dalam proses pelatihan.
2. Tabel yang menampilkan hasil aturan yang terbentuk dari proses pembentukan aturan.

Antarmuka pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.26



Berikut ini keterangan antarmuka pengujian Gambar 3.26:

1. Label yang menampilkan nilai FCT dan LDT yang dipakai dalam proses pelatihan.
2. Tabel yang menampilkan hasil klasifikasi yang terbentuk, nilai COG dan klasifikasi pada data sebenarnya.
3. Label perhitungan nilai akurasi.

### 3.6 Perancangan Uji Coba

Setelah sistem dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap sistem. Pengujian dilakukan secara berulang dengan mengubah-ubah nilai FCT dan LDT. Dari proses pengujian akan didapatkan sejumlah aturan yang terbentuk. Pengujian akurasi menggunakan data latih yang telah ditetapkan sebelumnya. Dari aturan-aturan yang terbentuk, kemudian dilakukan perbandingan hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh *fuzzy decision tree* C4.5 dengan data sebenarnya yang menggunakan penghitungan akurasi. Tingkat akurasi dinyatakan dalam bentuk persen (%). Perhitungannya dapat



dinyatakan dengan rumus 2.53. Hasil dari perhitungan akurasi kemudian disimpan dalam Tabel 3.14

**Tabel 3.14** Rancangan Pengujian Akurasi

FCT (%)	LDT (%)			



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

