

BAB IV

PEMBAHASAN

BAB IV merupakan pembahasan yang meliputi proses penelitian dengan menggunakan kajian teori pada bab sebelumnya. Pembahasan berisi FCM *clustering* untuk mencari pusat *cluster*, klasifikasi logika *fuzzy*, klasifikasi *Table Look-Up Scheme* dan hasil pembahasan.

A. FCM *Clustering* untuk Mencari Pusat *Cluster*

Berdasarkan data WDBC, diperoleh sepuluh variabel yang dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Selanjutnya melakukan *clustering* dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dengan FCM untuk mendapatkan pusat *cluster* yang akan digunakan dalam membangun *rule*.

Pada penelitian ini, digunakan Matlab dalam mencari pusat *cluster*. Pada lembar kerja Matlab mengetik perintah seperti berikut:

```
>> X=xlsread('kankerp');
```

```
>> [Center]=fcm(X,10)
```

maka diperoleh matriks V ,

$$V = \begin{pmatrix} 11.26131 & 16.22573 & \dots & 1.123846 \\ 14.8039 & 19.86894 & \dots & 1.607906 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 17.31554 & 20.7971 & \dots & 1.958079 \\ 20.38832 & 19.88398 & \dots & 1.999974 \end{pmatrix}$$

Sehingga dari matriks V hasil *clustering* yang berupa pusat *cluster* (*center*) dapat diuraikan seperti yang terlihat pada Lampiran 3. Berdasarkan hasil *center* di setiap *cluster* tersebut, selanjutnya akan digunakan dalam pembentukan *rule*.

B. Klasifikasi Logika Fuzzy

Klasifikasi logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahap. Klasifikasi logika fuzzy ini yang nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk membangun sistem *fuzzy*.

1. Mengidentifikasi Himpunan Semesta (U) untuk setiap *Input*

Himpunan semesta merupakan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Berdasarkan data dari Winconsin Breast Cancer Database diperoleh himpunan semesta yang merupakan range antara nilai minimum dan nilai maksimum untuk setiap variabel. Himpunan semesta untuk setiap variabel akan diuraikan sebagai berikut.

a. *Radius* (X_1)

Himpunan semesta untuk *radius* dari data adalah nilai minimum 8,196 dan nilai maksimum 27,22. Maka himpunan semesta untuk *radius* adalah $U_{(X_1)} = [8,196; 27,22]$.

b. *Tekstur* (X_2)

Himpunan semesta untuk *tekstur* dari data adalah nilai minimum 9,71 dan nilai maksimum 31,46. Maka himpunan semesta untuk *tekstur* adalah $U_{(X_2)} = [9,71; 31,46]$.

c. *Perimeter* (X_3)

Himpunan semesta untuk *perimeter* dari data adalah nilai minimum 51,71 dan nilai maksimum 182,1. Maka himpunan semesta untuk *perimeter* adalah $U_{(X_3)} = [51,71; 182,1]$.

d. *Area* (X_4)

Himpunan semesta untuk *area* dari data adalah nilai minimum 201,9 dan nilai maksimum 2250. Maka himpunan semesta untuk *area* adalah $U_{(X_4)} = [201,9; 2250]$.

e. *Smoothness* (X_5)

Himpunan semesta untuk *smoothness* dari data adalah nilai minimum 0,06251 dan nilai maksimum 0,1425. Maka himpunan semesta untuk *smoothness* adalah $U_{(X_5)} = [0,06251; 0,1425]$.

f. *Compactness* (X_6)

Himpunan semesta untuk *compactness* dari data adalah nilai minimum 0,01938 dan nilai maksimum 0,2839. Maka himpunan semesta untuk *compactness* adalah $U_{(X_6)} = [0,01938; 0,2839]$.

g. *Concavity* (X_7)

Himpunan semesta untuk *concavity* dari data adalah nilai minimum 0,000692 dan nilai maksimum 0,4108. Maka himpunan semesta untuk *concavity* adalah $U_{(X_7)} = [0,000692; 0,4108]$.

h. *Concave points* (X_8)

Himpunan semesta untuk *concave points* dari data adalah nilai minimum 0,001852 dan nilai maksimum 0,1878. Maka himpunan semesta untuk *concave points* adalah $U_{(X_8)} = [0,001852; 0,1878]$.

i. *Symmetry* (X_9)

Himpunan semesta untuk *symmetry* dari data adalah nilai minimum 0,1167 dan nilai maksimum 0,304. Maka himpunan semesta untuk *symmetry* adalah $U_{(X_9)} = [0,1167; 0,304]$.

j. *Fractal Dimension* (X_{10})

Himpunan semesta untuk *fractal dimension* dari data adalah nilai minimum 0,05025 dan nilai maksimum 0,09744. Maka himpunan semesta untuk *fractal dimension* adalah $U_{(X_{10})} = [0,05025; 0,09744]$.

2. Mengidentifikasi Himpunan Semesta (U) untuk setiap *Output*

Output pada sistem *fuzzy* yang diharapkan dalam penelitian ini adalah tumor (*benign*) dan kanker (*malignant*). Himpunan semesta yang digunakan dalam himpunan semesta *output* adalah [1; 2]. Nilai 1 mengindikasikan bahwa kondisi payudara tumor (*benign*) dan nilai 2 mengindikasikan kondisi payudara kanker (*malignant*). Diagnosis payudara tumor berada pada *range* [1; 1,5] dan diagnosis payudara kanker berada pada *range* [1,5; 2].

3. Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy* pada *Input*

Tahap selanjutnya yakni mendefinisikan himpunan *fuzzy* dengan membawa data yang berupa himpunan klasik ke dalam himpunan *fuzzy*. Pada penelitian ini akan digunakan kurva gauss untuk merepresentasikan *input*, sedangkan untuk merepresentasikan *output* digunakan kurva linier.

Input dari setiap variabel didefinisikan menjadi 10 himpunan *fuzzy* sesuai dengan hasil pengklusteran. Pembagian *input* ini dilakukan peneliti dengan mencoba agar mengoptimalkan *rule* yang akan digunakan untuk membangun *rule* sehingga menghasilkan sistem yang baik.

Berdasarkan hasil FCM, dijelaskan matriks V seperti pada Lampiran 3. Selanjutnya entri-entri dari matriks V menyatakan pusat-pusat himpunan *fuzzy* pada setiap *input*.

a. *Radius* (X_1)

Variabel *radius* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* $X_1A, X_1B, X_1C, X_1D, X_1E, X_1F, X_1G, X_1H, X_1I, X_1J$. Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *radius* adalah 0.905905 yang diperoleh dengan membagi himpunan semesta dengan dua puluh satu. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *radius* berdasarkan Persamaan (2.21).

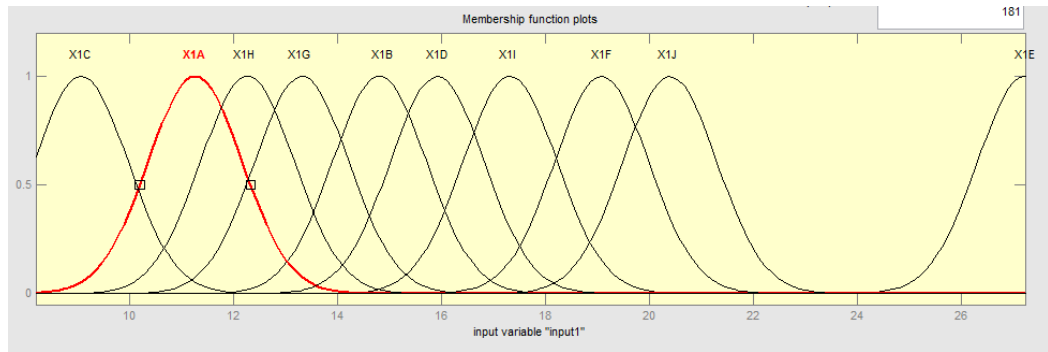
$$\mu_{X_1A}(x) = f(x; 11,26131; 0,905905) = e^{-\frac{(x-0,905905)^2}{2(11,26131)^2}} \quad (4.1)$$

$$\mu_{X_1B}(x) = f(x; 14,8039; 0,905905;) = e^{-\frac{(x-0,905905;)^2}{2(11,26131)^2}} \quad (4.2)$$

⋮

$$\mu_{X_{1J}}(x) = f(x; 20,38832; 0,905905) = e^{-\frac{(x-0,905905)^2}{2(20,38832)^2}} \quad (4.3)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *radius* ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Representasi himpunan fuzzy *radius*

b. Tekstur (X_2)

Variabel tekstur didefinisikan dengan 10 himpunan fuzzy, yaitu himpunan fuzzy X_{2A} , X_{2B} , X_{2C} , X_{2D} , X_{2E} , X_{2F} , X_{2G} , X_{2H} , X_{2I} , X_{2J} . Lebar tiap himpunan fuzzy pada variabel tekstur adalah 1,035714. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel tekstur berdasarkan Persamaan (2.21).

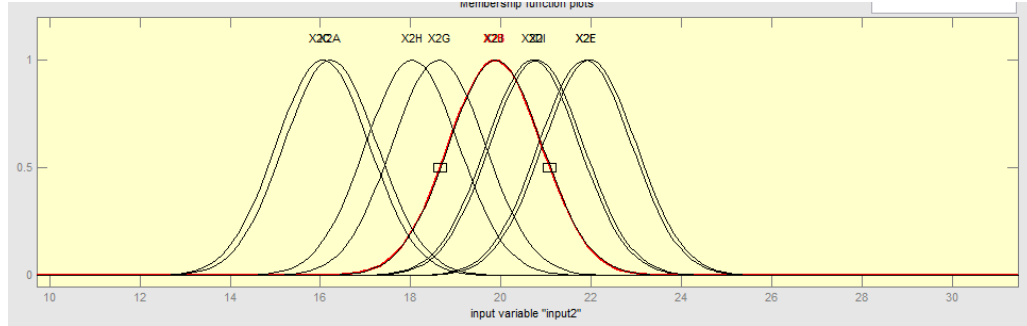
$$\mu_{X_{2A}}(x) = f(x; 16,22573; 1,035714) = e^{-\frac{(x-1,035714)^2}{2(16,22573)^2}} \quad (4.4)$$

$$\mu_{X_{2B}}(x) = f(x; 19,86894; 1,035714) = e^{-\frac{(x-1,035714)^2}{2(19,86894)^2}} \quad (4.5)$$

⋮

$$\mu_{X_{2J}}(x) = f(x; 19,88398; 1,035714) = e^{-\frac{(x-1,035714)^2}{2(19,88398)^2}} \quad (4.6)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel tekstur ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Representasi himpunan *fuzzy* tekstur

c. *Perimeter* (X_3)

Variabel *perimeter* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_3A , X_3B , X_3C , X_3D , X_3E , X_3F , X_3G , X_3H , X_3I , X_3J . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel tekstur adalah 6,209048. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *perimeter* berdasarkan Persamaan (2.21).

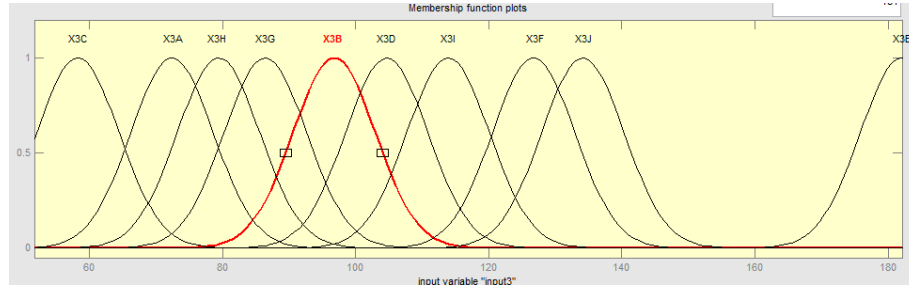
$$\mu_{X_3A}(x) = f(x; 16,22573; 6,209048) = e^{-\frac{(x-6,209048)^2}{2(16,22573)^2}} \quad (4.7)$$

$$\mu_{X_3B}(x) = f(x; 96,76817; 6,209048) = e^{-\frac{(x-6,209048)^2}{2(96,76817)^2}} \quad (4.8)$$

⋮

$$\mu_{X_3J}(x) = f(x; 134,1318; 6,209048) = e^{-\frac{(x-6,209048)^2}{2(134,1318)^2}} \quad (4.9)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *perimeter* ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Representasi himpunan *fuzzy perimeter*

d. Area (X_4)

Variabel *area* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* $X_4A, X_4B, X_4C, X_4D, X_4E, X_4F, X_4G, X_4H, X_4I, X_4J$. Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel tekstur adalah 97,52857. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *area* berdasarkan Persamaan (2.21).

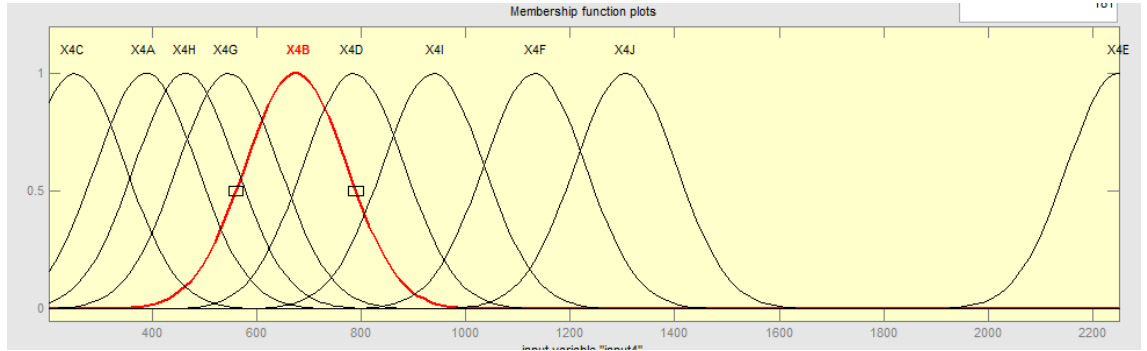
$$\mu_{X_4A}(x) = f(x; 388,6522; 97,52857) = e^{-\frac{(x-97,52857)^2}{2(388,6522)^2}} \quad (4.10)$$

$$\mu_{X_4B}(x) = f(x; 675,0038; 97,52857) = e^{-\frac{(x-97,52857)^2}{2(675,0038)^2}} \quad (4.11)$$

\vdots

$$\mu_{X_4J}(x) = f(x; 1305,868; 97,52857) = e^{-\frac{(x-97,52857)^2}{2(1305,868)^2}} \quad (4.12)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *area* ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Representasi Himpunan *Fuzzy Area*

e. *Smoothness* (X_5)

Variabel *smoothness* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_5A , X_5B , X_5C , X_5D , X_5E , X_5F , X_5G , X_5H , X_5I , X_5J . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *smoothness* adalah 0,003809. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *smoothness* berdasarkan Persamaan (2.21).

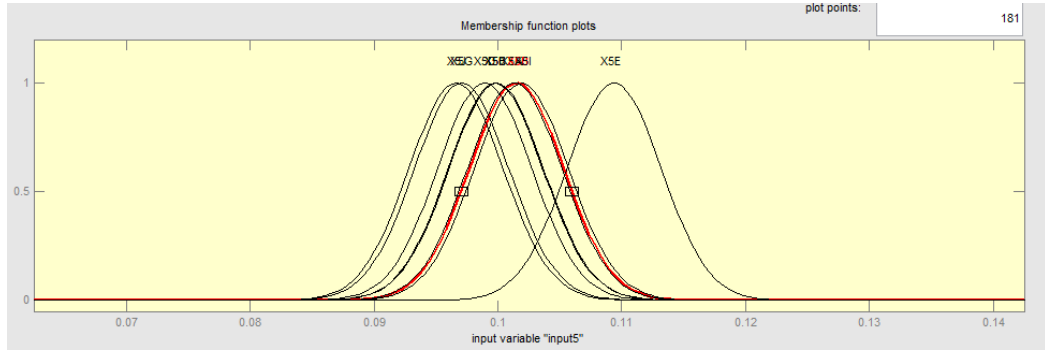
$$\mu_{X_5A}(x) = f(x; 0,101346; 0,003809) = e^{-\frac{(x-0,003809)^2}{2(0,101346)^2}} \quad (4.13)$$

$$\mu_{X_5B}(x) = f(x; 0,101511; 0,003809) = e^{-\frac{(x-0,003809)^2}{2(0,101511)^2}} \quad (4.14)$$

⋮

$$\mu_{X_5J}(x) = f(x; 0,096611; 0,003809) = e^{-\frac{(x-0,003809)^2}{2(0,096611)^2}} \quad (4.15)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *smoothness* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Representasi himpunan *fuzzy smoothness*

f. Compactness (X_6)

Variabel *compactness* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_6A , X_6B , X_6C , X_6D , X_6E , X_6F , X_6G , X_6H , X_6I , X_6J . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *compactness* adalah 0,012596. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *compactness* berdasarkan Persamaan (2.21).

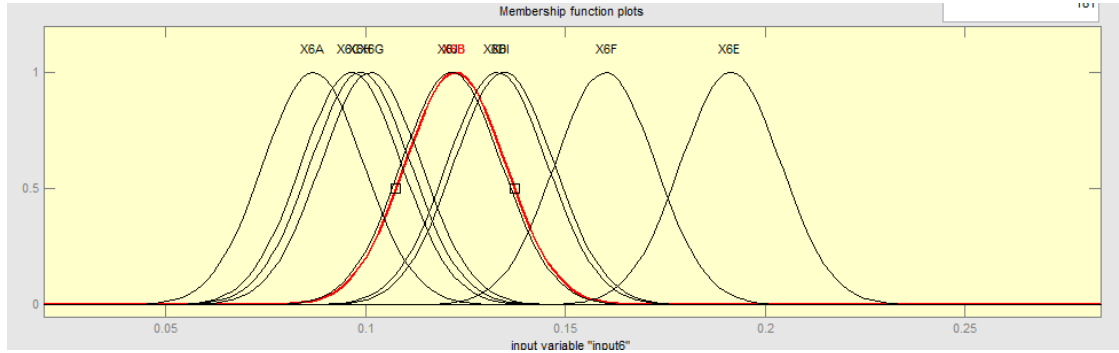
$$\mu_{6A}(x) = f(x; 0,086898; 0,012596) = e^{-\frac{(x-0,012596)^2}{2(0,086898)^2}} \quad (4.16)$$

$$\mu_{6B}(x) = f(x; 0,122464; 0,012596) = e^{-\frac{(x-0,012596)^2}{2(0,122464)^2}} \quad (4.17)$$

⋮

$$\mu_{6J}(x) = f(x; 0,121476; 0,012596) = e^{-\frac{(x-0,012596)^2}{2(0,121476)^2}} \quad (4.18)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *compactness* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Representasi himpunan *fuzzy compactness*

g. *Concavity* (X_7)

Variabel *concavity* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_7A , X_7B , X_7C , X_7D , X_7E , X_7F , X_7G , X_7H , X_7I , X_7J . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *concavity* adalah 0,019529. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *concavity* berdasarkan Persamaan (2.21).

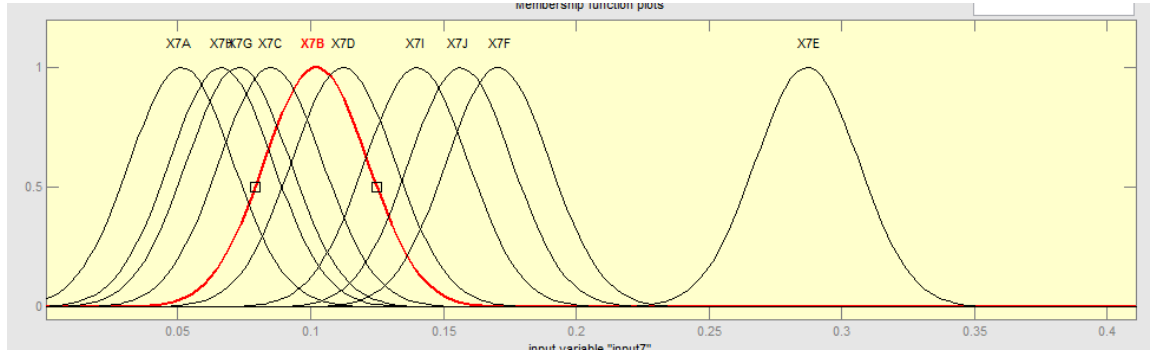
$$\mu_{7A}(x) = f(x; 0,051306; 0,019529) = e^{-\frac{(x-0,019529)^2}{2(0,051306)^2}} \quad (4.19)$$

$$\mu_{7B}(x) = f(x; 0,102064; 0,019529) = e^{-\frac{(x-0,019529)^2}{2(0,102064)^2}} \quad (4.20)$$

⋮

$$\mu_{7J}(x) = f(x; 0,156475; 0,019529) = e^{-\frac{(x-0,019529)^2}{2(0,156475)^2}} \quad (4.21)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *concavity* ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Representasi himpunan *fuzzy concavity*

h. Concave points (X_8)

Variabel *concave points* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* $X_8A, X_8B, X_8C, X_8D, X_8E, X_8F, X_8G, X_8H, X_8I, X_8J$. Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *concave points* adalah 0,008855. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *concave points* berdasarkan Persamaan (2.21).

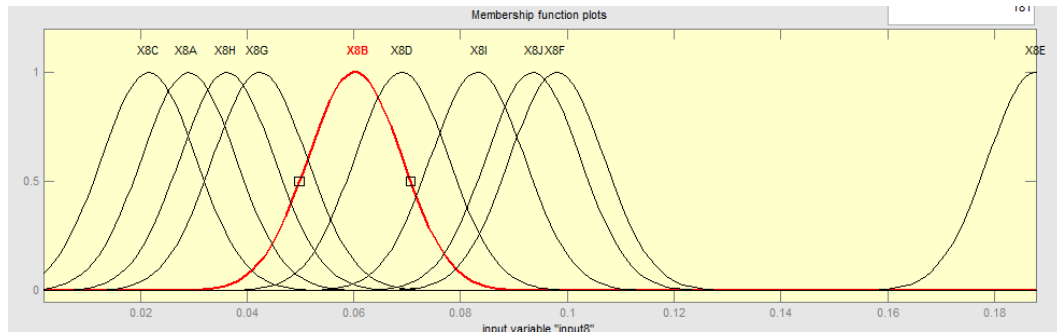
$$\mu_{8A}(x) = f(x; 0,029083; 0,008855) = e^{-\frac{(x-0,008855)^2}{2(0,029083)^2}} \quad (4.22)$$

$$\mu_{8B}(x) = f(x; 0,060233; 0,008855) = e^{-\frac{(x-0,008855)^2}{2(0,060233)^2}} \quad (4.23)$$

⋮

$$\mu_{8J}(x) = f(x; 0,093585; 0,008855) = e^{-\frac{(x-0,008855)^2}{2(0,093585)^2}} \quad (4.24)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *concave points* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Representasi himpunan *fuzzy concave points*

i. Symmetry (X_9)

Variabel *symmetry* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_9A , X_9B , X_9C , X_9D , X_9E , X_9F , X_9G , X_9H , X_9I , X_9J . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *symmetry* adalah 0,008919. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *symmetry* berdasarkan Persamaan (2.21).

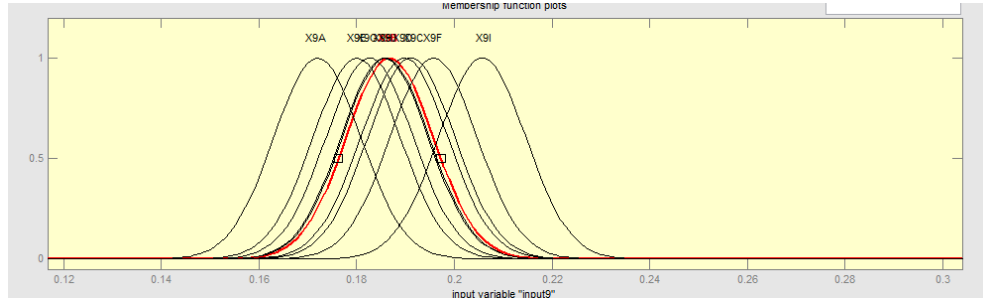
$$\mu_{9A}(x) = f(x; 0,171943; 0,008919) = e^{-\frac{(x-0,008919)^2}{2(0,171943)^2}} \quad (4.25)$$

$$\mu_{9B}(x) = f(x; 0,186765; 0,008919) = e^{-\frac{(x-0,008919)^2}{2(0,186765)^2}} \quad (4.26)$$

⋮

$$\mu_{9J}(x) = f(x; 0,185966; 0,008919) = e^{-\frac{(x-0,008919)^2}{2(0,185966)^2}} \quad (4.27)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *symmetry* ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Representasi himpunan *fuzzy symmetry*

j. *Fractal Dimension* (X_{10})

Variabel *fractal dimension* didefinisikan dengan 10 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* X_{9A} , X_{9B} , X_{9C} , X_{9D} , X_{9E} , X_{9F} , X_{9G} , X_{9H} , X_{9I} , X_{9J} . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *fractal dimension* adalah 0,002247. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel *fractal dimension* berdasarkan Persamaan (2.21).

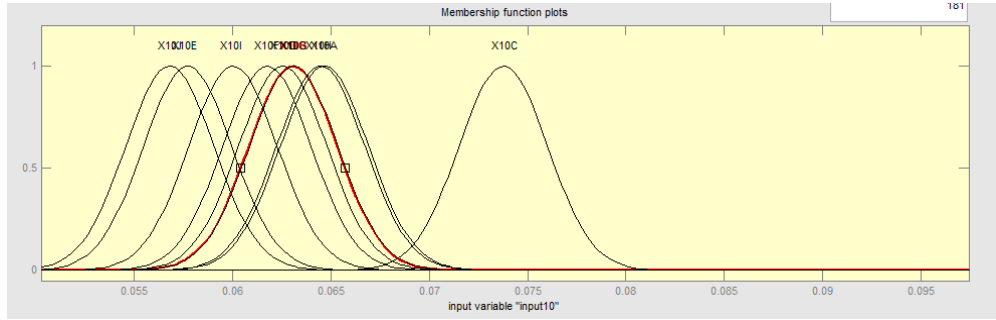
$$\mu_{10A}(x) = f(x; 0,064658; 0,002247) = e^{-\frac{(x-0,002247)^2}{2(0,064658)^2}} \quad (4.28)$$

$$\mu_{10B}(x) = f(x; 0,063051; 0,002247) = e^{-\frac{(x-0,002247)^2}{2(0,063051)^2}} \quad (4.29)$$

⋮

$$\mu_{10J}(x) = f(x; 0,056798; 0,002247) = e^{-\frac{(x-0,002247)^2}{2(0,056798)^2}} \quad (4.30)$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *fractal dimension* ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Representasi himpunan *fuzzy fractal dimension*

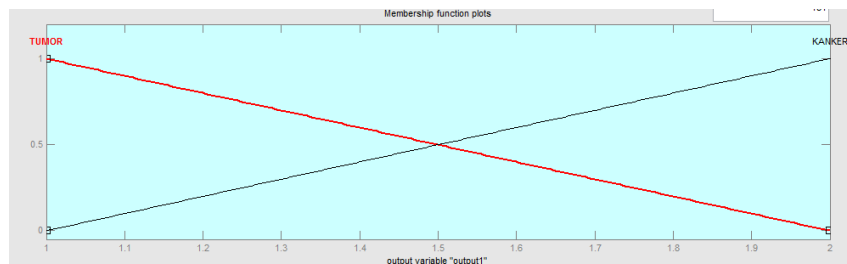
4. Mendefinisikan Himpunan Fuzzy pada *Output*

Himpunan *fuzzy* pada *output* dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu tumor dan kanker yang direpresentasikan dalam kurva linier dengan himpunan universal [1; 2]. Berikut merupakan fungsi keanggotaan untuk *output* berdasarkan Persamaan (2.10) dan (2.11)

$$\mu_{[tumor]} = \begin{cases} \frac{(2-x)}{(2-1)}; & 1 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases} \quad (4.31)$$

$$\mu_{[kanker]} = \begin{cases} 0; & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2-1}; & 1 < x \leq 2 \\ 1; & x > 2 \end{cases} \quad (4.32)$$

Representasi kurva linier pada *output* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Kurva Fungsi Keanggotaan untuk *Output*

5. Membangun Aturan *Fuzzy*

Berdasarkan hasil clustering didapat 10 bagian untuk setiap variabel yang berupa *center*, sehingga akan terdapat 10 aturan (*rule*). Berdasarkan Lampiran 3. maka diperoleh *rule* sebagai berikut:

Tabel 4.1. Pembentukan *Rule*

<i>Cluster</i>	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	Diagnosa
A	11.26 131	16.22 573	72.406 57	388.6 522	0.101 346	0.086 898	0.051 306	0.029 083	0.171 943	0.064 658	1.123846
B	14.80 39	19.86 894	96.768 17	675.0 038	0.101 511	0.122 464	0.102 064	0.060 233	0.186 765	0.063 051	1.607906
C	9.065 971	16.05 026	58.248 16	251.6 355	0.099 79	0.096 416	0.085 019	0.021 605	0.191 195	0.073 764	1.000175
D	15.91 688	20.70 511	104.65 27	785.7 13	0.098 929	0.132 923	0.112 291	0.068 986	0.189 769	0.062 539	1.872813
E	27.21 17	21.86 89	182.04 62	2248. 851	0.109 378	0.191 392	0.286 985	0.187 681	0.179 99	0.057 705	1.999995
F	19.07 631	21.96 783	126.73 41	1131. 942	0.099 872	0.159 936	0.170 657	0.098 07	0.195 749	0.061 742	1.999896
G	13.31 308	18.62 22	86.423 46	546.0 103	0.097 073	0.101 301	0.072 802	0.042 42	0.182 663	0.063 095	1.406491
H	12.26 477	18.03 627	79.385 25	463.6 024	0.099 803	0.098 7	0.066 295	0.036 284	0.185 674	0.064 47	1.225469
I	17.31 554	20.79 71	113.88 79	938.1 062	0.101 89	0.134 626	0.139 889	0.083 189	0.205 715	0.060 012	1.958079
J	20.38 832	19.88 398	134.13 18	1305. 868	0.096 611	0.121 476	0.156 475	0.093 585	0.185 966	0.056 798	1.999974

Rule pada Tabel 4.1. dapat diuraikan sebagai berikut:

Rule (1) “Jika *radius* adalah X_1A dan *tekstur* adalah X_2A dan *perimeter* adalah X_3A dan *area* adalah X_4A dan *smoothness* adalah X_5A dan *compactness* adalah X_6A dan *concavity* adalah X_7A dan *concave points* adalah X_8A dan *symmetry* adalah X_9A dan *fractal dimension* adalah $X_{10}A$ maka diagnose tumor.”

Rule (2) “Jika *radius* adalah X_1B dan *tekstur* adalah X_2B dan *perimeter* adalah X_3B dan *area* adalah X_4B dan *smoothness* adalah X_5B dan *compactness*

adalah X_6B dan *concavity* adalah X_7B dan *concave points* adalah X_8B dan *symmetry* adalah X_9B dan *fractal dimension* adalah $X_{10}B$ maka diagnose kanker.”

Rule (3) “Jika *radius* adalah X_1C dan *tekstur* adalah X_2C dan *perimeter* adalah X_3C dan *area* adalah X_4C dan *smoothness* adalah X_5C dan *compactness* adalah X_6C dan *concavity* adalah X_7C dan *concave points* adalah X_8C dan *symmetry* adalah X_9C dan *fractal dimension* adalah $X_{10}C$ maka diagnose tumor.”

Rule (4) “Jika *radius* adalah X_1D dan *tekstur* adalah X_2D dan *perimeter* adalah X_3D dan *area* adalah X_4D dan *smoothness* adalah X_5D dan *compactness* adalah X_6D dan *concavity* adalah X_7D dan *concave points* adalah X_8D dan *symmetry* adalah X_9D dan *fractal dimension* adalah $X_{10}D$ maka diagnose kanker.”

Rule (5) “Jika *radius* adalah X_1E dan *tekstur* adalah X_2E dan *perimeter* adalah X_3E dan *area* adalah X_4E dan *smoothness* adalah X_5E dan *compactness* adalah X_6E dan *concavity* adalah X_7E dan *concave points* adalah X_8E dan *symmetry* adalah X_9E dan *fractal dimension* adalah $X_{10}E$ maka diagnose kanker.”

Rule (6) “Jika *radius* adalah X_1F dan *tekstur* adalah X_2F dan *perimeter* adalah X_3F dan *area* adalah X_4F dan *smoothness* adalah X_5F dan *compactness* adalah X_6F dan *concavity* adalah X_7F dan *concave points* adalah X_8F dan *symmetry* adalah X_9F dan *fractal dimension* adalah $X_{10}F$ maka diagnose kanker.”

Rule (7) “Jika *radius* adalah X_1G dan *tekstur* adalah X_2G dan *perimeter* adalah X_3G dan *area* adalah X_4G dan *smoothness* adalah X_5G dan *compactness* adalah X_6G dan *concavity* adalah X_7G dan *concave points* adalah X_8G dan *symmetry* adalah X_9G dan *fractal dimension* adalah $X_{10}G$ maka diagnose tumor.”

Rule (8) “Jika *radius* adalah X_1H dan *tekstur* adalah X_2H dan *perimeter* adalah X_3H dan *area* adalah X_4H dan *smoothness* adalah X_5H dan *compactness* adalah X_6H dan *concavity* adalah X_7H dan *concave points* adalah X_8H dan *symmetry* adalah X_9H dan *fractal dimension* adalah $X_{10}H$ maka diagnose tumor.”

Rule (9) “Jika *radius* adalah X_1I dan *tekstur* adalah X_2I dan *perimeter* adalah X_3I dan *area* adalah X_4I dan *smoothness* adalah X_5I dan *compactness* adalah X_6I dan *concavity* adalah X_7I dan *concave points* adalah X_8I dan *symmetry* adalah X_9I dan *fractal dimension* adalah $X_{10}I$ maka diagnose kanker.”

Rule (10) “Jika *radius* adalah X_1J dan *tekstur* adalah X_2J dan *perimeter* adalah X_3J dan *area* adalah X_4J dan *smoothness* adalah X_5J dan *compactness* adalah X_6J dan *concavity* adalah X_7J dan *concave points* adalah X_8J dan *symmetry* adalah X_9J dan *fractal dimension* adalah $X_{10}J$ maka diagnose kanker.”

6. Inferensi *Fuzzy* Metode Mamdani

Sistem inferensi yang digunakan adalah sistem mamdani. Sistem inferensi mamdani merupakan sistem yang implikasinya menggunakan *max-min*. Alasan mengenai mengapa dipilih sistem mamdani adalah karena sistem mamdani sangat sederhana tapi memberikan hasil yang optimal dalam membangun sistem. Perhitungan inferensi dibantu dengan Matlab.

Berikut diberikan perhitungan manual pada data 1 (Lampiran 1) dengan menggunakan Persamaan (2.21). Data 1 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data 1

No	Radi us	Tekst ur	Peri meter	Area	Smoo thnes s	Com pactn ess	Conc avity	Conc ave point s	Sym metry	Fract al Dime nsion
1	13.54	14.36	87.46	566.3	0.097 79	0.081 29	0.066 64	0.047 81	0.188 5	0.057 66

Aturan yang memenuhi data 1 adalah *rule* (1), *rule* (2), *rule* (3), *rule* (4), *rule* (5), *rule* (6), *rule* (7), *rule* (8), *rule* (9), dan *rule* (10). Untuk mempermudah perhitungan, kesepuluh *rule* tersebut dibagi menjadi dua bagian yakni *rule* dengan konsekuen tumor dan *rule* dengan konsekuen kanker.

Berikut perhitungan *rule* dengan konsekuen kanker yaitu *rule* (2), *rule* (4), *rule* (5), *rule* (6), *rule* (9), dan *rule* (10).

Mencari derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* diperoleh dengan mensubstitusikan besar *radius* ($X_1= 13,54$) ke Persamaan (4.2), *tekstur* ($X_2= 14,36$) ke Persamaan (4.5), *perimeter* ($X_3= 87,46$) ke Persamaan (4.8), *area* ($X_4= 566,3$) ke Persamaan (4.11), *smoothness* ($X_5 = 0,09779$) ke Persamaan (4.14), *compactness* ($X_6= 0,08129$) ke Persamaan (4.17), *concavity* ($X_7= 0,06664$) ke Persamaan (4.20), *concave points* ($X_8=0,04781$) ke Persamaan (4.23), *symmetry* ($X_9 = 0,1885$) ke Persamaan (4.26), *fractal dimension* ($X_{10} = 0,05766$) ke Persamaan (4.29), dan diagnosa tumor ke Persamaan (4.32).

$$\mu_{X_1B}(13,54) = e^{-\frac{(13,54-0,905905)^2}{2(11,26131)^2}} = 0,69772.$$

$$\mu_{X_2B}(14,36) = e^{-\frac{(14,36-1,035714)^2}{2(19,86894)^2}} = 0,79863.$$

$$\mu_{X_3B}(87,46) = e^{-\frac{(87,46-6,209048)^2}{2(96,76817)^2}} = 0,702927.$$

$$\mu_{X_4B}(566,3) = e^{-\frac{(566,3-97,52857)^2}{2(675,0038)^2}} = 0,785727.$$

$$\mu_{X_5B}(0,09779) = e^{-\frac{(0,09779-0,003809)^2}{2(0,101511)^2}} = 0,651439.$$

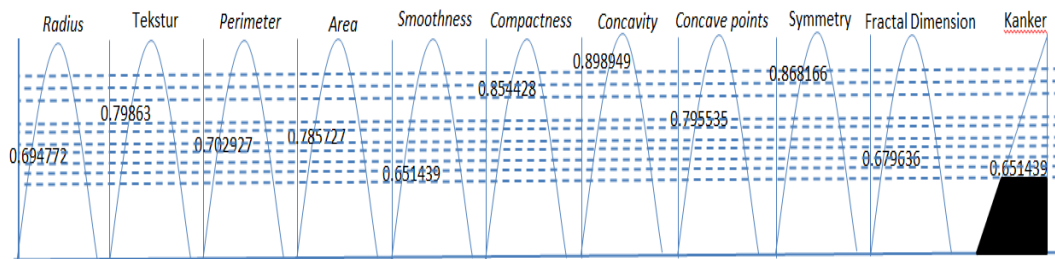
$$\mu_{X_6B}(0,08129) = e^{-\frac{(0,08129-0,012596)^2}{2(0,122464)^2}} = 0,854428.$$

$$\mu_{X_7B}(0,06664) = e^{-\frac{(0,06664-0,019529)^2}{2(0,102064)^2}} = 0,898949.$$

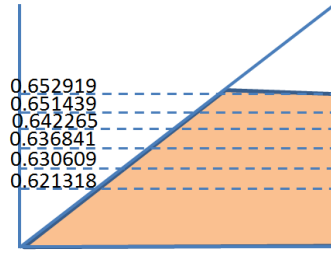
$$\mu_{X_8B}(0,04781) = e^{-\frac{(0,04781-0,008855)^2}{2(0,060233)^2}} = 0,795535.$$

$$\mu_{X_9B}(0,1885) = e^{-\frac{(0,1885-0,008919)^2}{2(0,186765)^2}} = 0,868166.$$

$$\mu_{X_{10}B}(0,05766) = e^{-\frac{(0,05766-0,002247)^2}{2(0,063051)^2}} = 0,679636.$$



Gambar 4.12. Fungsi Implikasi untuk *Rule (2)*



Gambar 4.13. Daerah Hasil Komposisi Kanker

Derajat keanggotaan data 1 secara rinci terdapat pada Lampiran 4. Gambar 4.12. merupakan fungsi implikasi pada *rule* (2). Untuk *rule* (4), *rule* (5), *rule* (6), *rule* (9), dan *rule* (10) analog dengan fungsi implikasi *rule* (2). Pada fungsi implikasi dicari nilai minimumnya. Gambar 4.13. merupakan daerah hasil komposisi dari *rule* (2), *rule* (4), *rule* (5), *rule* (6), *rule* (9), dan *rule* (10), yang diperoleh dengan mencari nilai maksimumnya.

Berdasarkan Persamaan (2.31) diperoleh:

$$y_k = \max[(\min(0,694772; 0,79863; 0,702927; 0,785727; 0,651439; 0,854428; 0,898949; 0,795535; 0,868166; 0,679636), \dots, (\min(0,825309; 0,798901; 0,832377; 0,937601; 0,623038; 0,852236; 0,955688; 0,909596; 0,86711; 0,621318))]$$

$$y_k = \max[0,651439; \dots ; 0,621318]$$

$$y_k = 0,652919.$$

Berikut perhitungan *rule* dengan konsekuen tumor yaitu *rule* (1), *rule* (3), *rule* (7), dan *rule* (8).

Mencari derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* diperoleh dengan mensubstitusikan besar *radius* ($X_1= 13,54$) ke Persamaan (4.1), *tekstur* ($X_2= 14,36$) ke Persamaan (4.4), *perimeter* ($X_3= 87,46$) ke Persamaan (4.7), *area* ($X_4= 566,3$) ke Persamaan (4.10), *smoothness* ($X_5 = 0,09779$) ke Persamaan (4.13), *compactness* ($X_6= 0,08129$) ke Persamaan (4.16), *concavity* ($X_7= 0,06664$) ke Persamaan (4.19), *concave points* ($X_8=0,04781$) ke Persamaan (4.22), *symmetry* ($X_9 = 0,1885$) ke Persamaan (4.25), *fractal dimension* ($X_{10} = 0,05766$) ke Persamaan (4.28), dan diagnosa tumor ke Persamaan (4.31).

$$\mu_{X_1A}(13.54) = e^{-\frac{(13.54-0,905905)^2}{2(11,26131)^2}} = 0,532947.$$

$$\mu_{X_2A}(14,36) = e^{-\frac{(14,36-1,035714)^2}{2(16,22573)^2}} = 0,713787.$$

$$\mu_{X_3A}(87,46) = e^{-\frac{(87,46-6,209048)^2}{2(16,22573)^2}} = 0,5328.$$

$$\mu_{X_4A}(566,3) = e^{-\frac{(566,3-97,52857)^2}{2(388,6522)^2}} = 0,483166.$$

$$\mu_{X_5A}(0,09779) = e^{-\frac{(0,09779-0,003809)^2}{2(0,101346)^2}} = 0,650529.$$

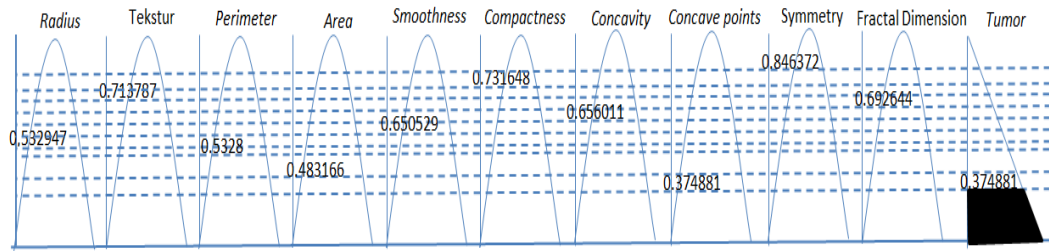
$$\mu_{X_6A}(0,08129) = e^{-\frac{(0,08129-0,012596)^2}{2(0,086898)^2}} = 0,731648.$$

$$\mu_{X_7A}(0,06664) = e^{-\frac{(0,06664-0,019529)^2}{2(0,051306)^2}} = 0,656011.$$

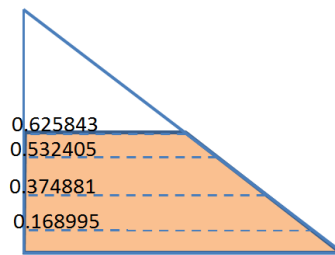
$$\mu_{X_8A}(0,04781) = e^{-\frac{(0,04781-0,008855)^2}{2(0,029083)^2}} = 0,374881.$$

$$\mu_{X_9A}(0,1885) = e^{-\frac{(0,1885-0,008919)^2}{2(0,171943)^2}} = 0,846372.$$

$$\mu_{X_{10}A}(0,05766) = e^{-\frac{(0,05766-0,002247)^2}{2(0,064658)^2}} = 0,692644.$$



Gambar 4.14. Fungsi Implikasi untuk *Rule* (1)



Gambar 4.15. Daerah Hasil Komposisi Tumor

Derajat keanggotaan data 1 secara rinci terdapat pada Lampiran 4. Gambar 4.14. merupakan fungsi implikasi pada *rule* (1). Untuk *rule* (3), *rule* (7), dan *rule* (8) analog dengan fungsi implikasi pada *rule* (1). Pada fungsi implikasi dicari nilai minimumnya. Gambar 4.15. merupakan daerah hasil komposisi dari *rule* (1), *rule* (3), *rule* (7), dan *rule* (8), yang diperoleh dengan mencari nilai maksimumnya.

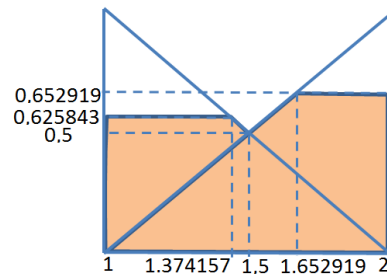
Berdasarkan Persamaan (2.31) diperoleh:

$$y_t = \max[(\min(0,532947; 0,713787; 0,5328; 0,483166; 0,650529; 0,731648; 0,656011; 0,374881; 0,846372; 0,692644), \dots, (\min(0,588272; 0,761188;$$

0,592279; 0,599768; 0,641872; 0,7849; 0,77686; 0,532405; 0,86672;
0,69116)]

$$y_t = \max[0,374881; \dots ; 0,532405]$$

$$y_t = 0,625843.$$



Gambar 4.16. Daerah Hasil Komposisi

Selanjutnya mencari titik potong dengan menggunakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* kanker pada *output*. Untuk $y_k = 0,652919$ maka

$$y_k = \frac{x-1}{2-1} \quad (4.33)$$

$$0,652919 = \frac{x-1}{1}$$

$$0,652919 = x - 1$$

$$x_k = 1,652919$$

Mencari titik potong fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* tumor pada *output*. Untuk $y_t = 0,625843$ maka

$$y_t = \frac{2-x}{2-1} \quad (4.34)$$

$$0,625843 = \frac{2 - x}{1}$$

$$0,625843 = 2 - x$$

$$x = 2 - 0,625843$$

$$x_t = 1,374157$$

Maka diperoleh fungsi keanggotaan sesuai dengan Gambar 4.16. seperti berikut

$$\mu = \begin{cases} 0,625843; & 1 \leq x \leq 1,374157 \\ \frac{2-x}{2-1}; & 1,374157 \leq x \leq 1,5 \\ \frac{x-1}{2-1}; & 1,5 \leq x \leq 1,652919 \\ 0,652919; & 1,652919 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \end{cases} \quad (4.35)$$

7. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke dalam himpunan klasik. Defuzzifikasi merupakan proses menjadikan himpunan *fuzzy* dari aturan *If-Then* ke dalam himpunan klasik. Himpunan klasik yang dihasilkan merupakan representasi diagnosis payudara. Penelitian ini menggunakan metode defuzzifikasi centroid alasannya yaitu nilai *defuzzy* akan bergerak secara halus selain itu juga karena mudah dalam proses perhitungannya.

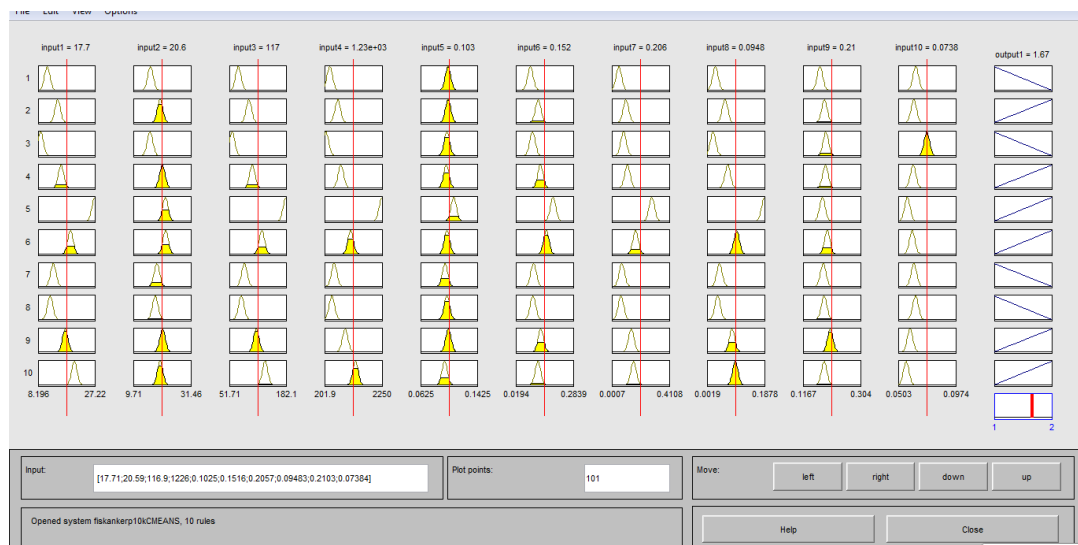
Himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan pada Persamaan (4.35) diubah menjadi bilangan tegas berupa diagnosis kanker payudara dengan menggunakan formula pada Persamaan (2.32). Diagnosis kanker payudara dilambangkan dengan Z. Berikut adalah proses defuzzifikasi manual berdasarkan Persamaan (2.32) dan Persamaan (4.35).

$$\begin{aligned}
Z_1 &= \frac{\int_1^{1,374157} 0,625843 \ x \ dx + \int_{1,374157}^{1,5} x \left(\frac{2-x}{1} \right) dx}{\int_1^{1,374157} 0,625843 \ dx + \int_{1,374157}^{1,5} \left(\frac{2-x}{1} \right) dx} \\
&= \frac{\left[\frac{0,625843}{2} x^2 \right]_1^{1,374157} + \left[x^2 - \frac{x^3}{3} \right]_{1,374157}^{1,5}}{\left[0,625843 \ x \right]_1^{1,374157} + \left[2x - \frac{x^2}{2} \right]_{1,374157}^{1,5}} \\
&= \frac{([0,3129215 \times 1,374157^2] - [0,3129215 \times 1^2]) + \left(\left[1,5^2 - \frac{1,5^3}{3} \right] - \left[1,374157^2 - \frac{1,374157^3}{3} \right] \right)}{\left([(0,625843 \times 1,374157) - (0,625843 \times 1)] + \left[\left(2(1,5) - \frac{1,5}{2} \right) - \left(2(1,374157) - \frac{1,374157^2}{2} \right) \right] \right)} \\
&= \frac{([0,590892003 - 0,3129215] + [1,125 - 1,0233638222])}{([0,8600065394 - 0,625843] + [2,25 - 1,8041602697])} \\
&= \frac{(0,277970503 + 0,1016361778)}{(0,2341635394 + 0,4458397303)} \\
&= \frac{0,3796066808}{0,6800032697}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= \frac{\int_{1,652919}^2 0,652919 \ x \ dx + \int_{1,652919}^{1,5} x \left(\frac{x-1}{1} \right) dx}{\int_{1,652919}^2 0,652919 \ dx + \int_{1,652919}^{1,5} \left(\frac{x-1}{1} \right) dx} \\
&= \frac{\left[\frac{0,652919}{2} x^2 \right]_{1,652919}^2 + \left[\frac{x^3}{3} - \frac{x^2}{2} \right]_{1,652919}^{1,5}}{\left[0,652919 \ x \right]_{1,652919}^2 + \left[\frac{x^2}{2} - x \right]_{1,652919}^{1,5}} \\
&= \frac{([0,3264595 \times 2^2] - [0,3264595 \times 1,652919^2]) + \left(\left[\frac{1,5^3}{3} - \frac{1,5^2}{2} \right] - \left[\frac{1,652919^3}{3} - \frac{1,652919^2}{2} \right] \right)}{\left([0,652919 \times 2] - [0,652919 \times 1,652919] + \left[\left(\frac{1,5^2}{2} - 1,5 \right) - \left(\frac{1,652919^2}{2} - 1,652919 \right) \right] \right)} \\
&= \frac{([1,305838 - 0,8919334568] + [0 + 0,1666666667])}{([1,305838 - 1,0792222206] + [-0,375 - (-0,2868483897)])} \\
&= \frac{(0,4139045432 + 0,3059321011)}{(0,2266157794 - 0,0881516103)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,7198366443}{0,1384641691} \\
Z = Z_1 + Z_2 &= \frac{0,3796066808 + 0,7198366443}{0,6800032697 + 0,1384641691} \\
&= \frac{1,0994433251}{0,8184674388} \\
&= 1,3432951306.
\end{aligned}$$

Nilai $Z = 1,34$ masuk dalam interval $[1; 2]$, sehingga diperoleh diagnosis tumor. Hasil defuzzifikasi dengan menggunakan Matlab R2013a untuk data 1 adalah 1,33. Hasil ini sesuai dengan hasil perhitungan manual yaitu 1,34. *Error* yang dihasilkan sebesar 0,01 diperoleh dengan cara mengurangkan 1,34 pada 1,33. Hasil defuzzifikasi menggunakan Matlab R2013a ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.17. Hasil Defuzzifikasi Data

Hasil defuzzifikasi pada seluruh data latih yang dilakukan menggunakan Matlab R2013a dapat dilihat pada Lampiran 6.

C. Klasifikasi *Table Look-Up Scheme*

Langkah-langkah klasifikasi kanker payudara pada model *fuzzy* dengan menggunakan metode *table look-up scheme* adalah sebagai berikut.

Langkah pertama, mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk variabel-variabel *input* dan variabel *output*. Himpunan semesta (U) yang digunakan sama dengan himpunan semesta (U) pada klasifikasi logika *fuzzy* Poin B yang diperoleh dari nilai minimum dan nilai maksimum data WDBC pada setiap variabel. Himpunan *fuzzy output* sama dengan himpunan *fuzzy output* Poin B. Himpunan *fuzzy* pada *input* didefinisikan dengan 9 himpunan *fuzzy*. Sebagai contoh himpunan *fuzzy* pada *input radius*.

Variabel *radius* didefinisikan dengan 9 himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan *fuzzy* A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, dan A9. Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel *radius* adalah 1,056888889, yang diperoleh dengan membagi himpunan semesta dengan delapan belas. Fungsi keanggotaan untuk variabel *radius* berdasarkan Persamaan (2.21)

$$\mu_{A1}(x) = f(x; 9,252889; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(9,252889)^2}}$$

$$\mu_{A2}(x) = f(x; 11,366667; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(11,366667)^2}}$$

$$\mu_{A3}(x) = f(x; 13,480445; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(13,480445)^2}}$$

$$\mu_{A4}(x) = f(x; 15,594223; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(15,594223)^2}}$$

$$\mu_{A5}(x) = f(x; 17,708001; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(17,708001)^2}}$$

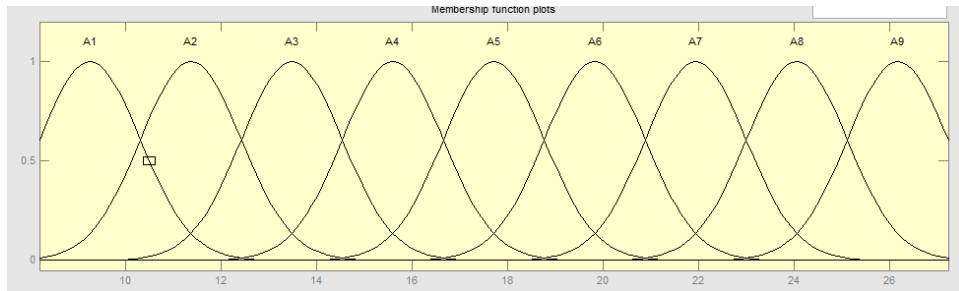
$$\mu_{A6}(x) = f(x; 19,821779; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(19,821779)^2}}$$

$$\mu_{A7}(x) = f(x; 21,935557; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(21,935557)^2}}$$

$$\mu_{A8}(x) = f(x; 24,049335; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(24,049335)^2}}$$

$$\mu_{A9}(x) = f(x; 26,163113; 1,056888889) = e^{-\frac{(x-1,056888889)^2}{2(26,163113)^2}}$$

Representasi kurva Gauss pada variabel *radius* ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Representasi Himpunan *Fuzzy Radius*

Himpunan *fuzzy input* pada variabel tekstur, *perimeter*, *area*, *smoothness*, *compactness*, *concavity*, *concave points*, *symmetry*, dan *fractal dimension* analog dengan himpunan *fuzzy input radius*.

Langkah kedua, aturan *fuzzy* dibangun untuk masing-masing pasang variabel *input-output*. Banyaknya aturan (*rule*) yang terbentuk berdasarkan data latih sebanyak 160 *rules*, yang dapat dilihat pada Lampiran 8.

Langkah ketiga, menghitung derajat keanggotaan untuk masing-masing aturan *fuzzy* yang terbentuk.

Langkah keempat, membuat aturan basis *fuzzy*. Aturan *fuzzy* yang terbentuk diseleksi dengan memilih derajat keanggotaan terbesar jika terdapat anteseden yang sama.

Langkah kelima, membentuk sistem *fuzzy* dengan bantuan Matlab R2013a. Inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah mamdani. Defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Pembentukan sistem *fuzzy* analog dengan Poin B.

D. Hasil Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan pada sistem *fuzzy* baik pada data latih maupun data uji. Pengujian berdasarkan kesesuaian antara hasil diagnosis sistem *fuzzy* dengan diagnosis asli.

1. Hasil sistem *fuzzy* pada data latih

Berdasarkan proses defuzzifikasi yang telah dilakukan terhadap data latih menggunakan Persamaan (2.34), diperoleh akurasi hasil klasifikasi kanker payudara seperti berikut:

$$akurasi_{latih} = \frac{146}{160} \times 100\% = 91\%.$$

2. Hasil sistem *fuzzy* pada data uji

Berdasarkan proses *defuzzifikasi* yang telah dilakukan terhadap data uji menggunakan Persamaan (2.34), diperoleh akurasi hasil klasifikasi kanker payudara seperti berikut

$$akurasi_{uji} = \frac{37}{40} \times 100\% = 92,5\%.$$

Tabel 4.3. Perbandingan Metode

	Akurasi		
	Mamdani (FCM)	<i>Table Look-Up Scheme</i>	FRBFNN (Retno, 2017)
Data Latih	91 %	100%	95%
Data Uji	92,5%	87,5%	90%

Berdasarkan Tabel 4.3. dapat diketahui bahwa akurasi data latih metode mamdani yang menggunakan FCM dalam membangun aturannya lebih rendah keakurasiannya jika dibandingkan dengan *Table Look-Up Scheme* dan metode FRBFNN.

Pada data uji, akurasi menggunakan metode mamdani yang menggunakan FCM dalam membangun aturannya lebih tinggi keakurasiannya jika dibandingkan dengan *Table Look-Up Scheme* dan metode FRBFNN.

Banyak aturan (*rule*) yang digunakan untuk membangun *rule* pada metode Mamdani (FCM) sebanyak 10 *rules*, jumlah tersebut lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah aturan (*rule*) yang digunakan pada *Table Look-Up Scheme* yaitu sebanyak 160 aturan, sehingga lebih efektif dalam memasukkan *rules* kedalam sistem *fuzzy*.