

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang penerapan *fuzzy inference system* Tsukamoto untuk mendiagnosis penyakit mata serta implementasi ke dalam program menggunakan pemrograman Microsoft Visual Basic.NET

4.1. Fuzzyfikasi

4.1.1 Fuzzyfikasi input

Berikut fuzzyfikasi dari gejala-gejala penyakit mata berdasarkan pertanyaan yang digunakan pada proses diagnosis penyakit mata konjungtivitis, keratitis dan glaukoma.

Pertanyaan 1: Berapa hari anda mengalami kondisi mata merah ?

Himpunan fuzzy dan domain yang dapat dibentuk untuk pertanyaan 1 berdasar periode gejala mata merah menurut Sidarta (2009) ditunjukkan oleh Tabel 4.1

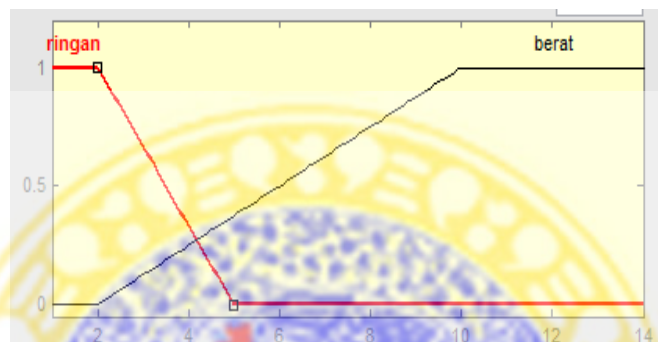
Tabel 4.1. Himpunan fuzzy dari variabel gejala mata merah

Himpunan Fuzzy	Domain
Ringan	$1 \leq x \leq 14$
Berat	$1 \leq x \leq 14$

Himpunan fuzzy dari variabel gejala mata merah di atas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium terpancung seperti pada Gambar 4.1 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.1) dan (4.2)

$$\mu_{\text{ringan}}(x) = \begin{cases} 1 & 1 \leq x \leq 2 \\ \frac{5-x}{5-2} & 2 \leq x \leq 5 \\ 0 & x \geq 5 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\mu_{\text{berat}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{10-2} & 2 \leq x \leq 10 \\ 1 & 10 \leq x \leq 14 \end{cases} \quad (4.2)$$



Gambar 4.1. Fungsi keanggotaan dari gejala mata merah

Pertanyaan 2: Berapa jam anda telah mengalami kondisi sakit kepala dalam kurun waktu 1-3 hari terakhir ?

Himpunan fuzzy dan domain yang dapat dibentuk untuk pertanyaan 2 berdasar periode gejala sakit kepala menurut Sjahrir (2005) ditunjukkan oleh Tabel 4.2

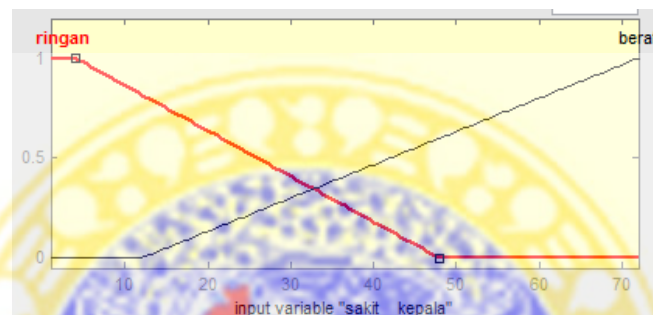
Tabel 4.2. Himpunan fuzzy dari variabel gejala sakit kepala

Himpunan Fuzzy	Domain
Ringan	$1 \leq x \leq 72$
Berat	$1 \leq x \leq 72$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium terpancung seperti pada Gambar 4.2 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.3) dan (4.4)

$$\mu_{Ringan}(x) = \begin{cases} 1 & 1 \leq x \leq 4 \\ \frac{48-x}{48-4} & 4 \leq x \leq 48 \\ 0 & x \geq 48 \end{cases} \quad (4.3)$$

$$\mu_{Berat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 12 \\ \frac{x-12}{72-12} & 12 \leq x \leq 72 \end{cases} \quad (4.4)$$



Gambar 4.2. Fungsi keanggotaan dari gejala sakit kepala

Pertanyaan 3: Berapa kali dalam sehari anda mengalami kondisi mual muntah ?

Himpunan fuzzy dan domain yang dapat dibentuk untuk pertanyaan 3 berdasar intensitas gejala mual muntah menurut Favero (1992) ditunjukkan oleh Tabel 4.3

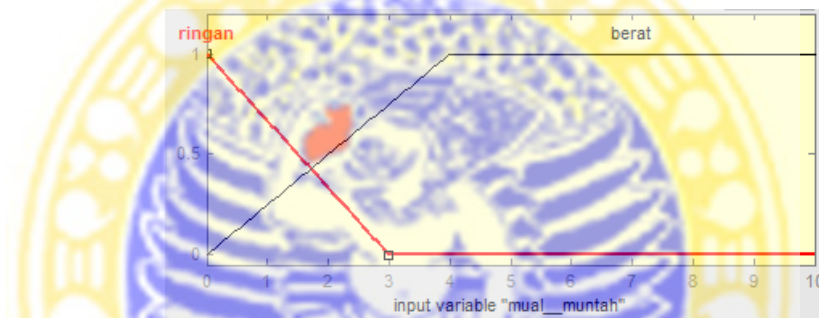
Tabel 4.3. Himpunan fuzzy dari gejala mual muntah

Himpunan Fuzzy	Domain
Ringan	$0 \leq x \leq 10$
Berat	$0 \leq x \leq 10$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva linier turun dan trapesium terpancung seperti pada Gambar 4.3 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.5) dan (4.6)

$$\mu_{ringan}(x) = \begin{cases} \frac{3-x}{3} & 0 \leq x \leq 3 \\ 0 & x \geq 3 \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{berat}(x) = \begin{cases} \frac{x}{4} & 0 \leq x \leq 4 \\ 1 & 4 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (4.6)$$



Gambar 4.3. Fungsi keanggotaan dari gejala mual muntah

Pertanyaan 4: Berapa hari anda mengalami kondisi kelopak mata bengkak ?

Himpunan fuzzy dan domain yang dapat dibentuk untuk pertanyaan 4 berdasar periode gejala kelopak mata bengkak menurut Sidarta (1997) ditunjukkan oleh Tabel 4.4

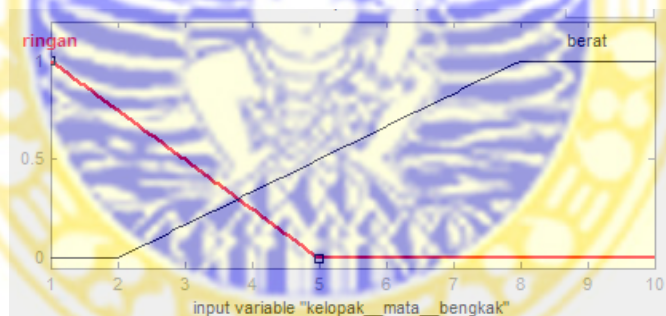
Tabel 4.4. Himpunan fuzzy kelopak mata bengkok

Himpunan Fuzzy	Domain
Ringan	$1 \leq x \leq 10$
Berat	$1 \leq x \leq 10$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium terpancung seperti pada Gambar 4.4 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan 4.7 dan 4.8

$$\mu_{Ringan}(x) = \begin{cases} \frac{5-x}{5-1} & 1 \leq x \leq 5 \\ 0 & x \geq 5 \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\mu_{Berat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{8-2} & 2 \leq x \leq 8 \\ 1 & 8 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (4.8)$$



Gambar 4.4. Fungsi keanggotaan dari gejala kelopak mata bengkok

Pertanyaan 5: Berapa hari anda mengalami kondisi fotophobia (silau dan sakit pada mata jika terkena cahaya) ?

Himpunan fuzzy dan domain yang dapat dibentuk untuk pertanyaan 5 berdasar periode gejala fotophobia menurut Larasati (2011) ditunjukkan oleh Tabel 4.5

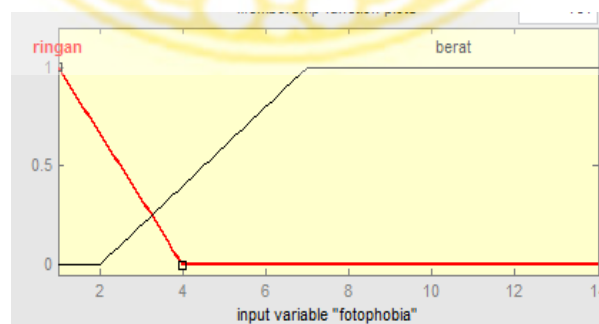
Tabel 4.5. Himpunan fuzzy dari gejala fotophobia

Himpunan Fuzzy	Domain
Ringan	$1 \leq x \leq 14$
Berat	$1 \leq x \leq 14$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium terpancung seperti pada Gambar 4.5 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.9) dan (4.10)

$$\mu_{\text{Ringan}}(x) = \begin{cases} \frac{4-x}{4-1} & 1 \leq x \leq 4 \\ 0 & x \geq 4 \end{cases} \quad (4.9).$$

$$\mu_{\text{Berat}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{7-2} & 2 \leq x \leq 7 \\ 1 & 7 \leq x \leq 14 \end{cases} \quad (4.10)$$



Gambar 4.5. Fungsi keanggotaan dari gejala fotophobia

Pertanyaan 6: Apakah anda mengalami kondisi mata berair dan gatal ?

Pembentukan derajat keanggotaan dari pertanyaan 6 tentang mata berair dan gatal (Sidarta,2009) sesuai pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Derajat keanggotaan dari mata berair dan gatal

Mata Berair dan Gatal	Derajat Keanggotaan
Tidak	0
Ya	1

Pertanyaan 7: Apakah anda mengalami kondisi mata belekan ?

Pembentukan derajat keanggotaan dari pertanyaan 7 tentang mata belekan (Sidarta,2009) sesuai pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Derajat keanggotaan dari mata belekan

Mata belekan	Derajat Keanggotaan
Tidak	0
Ya	1

Pertanyaan 8: Apakah anda mengalami kondisi nyeri sakit di mata?

Pembentukan derajat keanggotaan dari pertanyaan tentang kondisi nyeri sakit di mata (Sidarta,2009) sesuai pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Derajat keanggotaan dari nyeri sakit di mata

Nyeri Sakit di Mata	Derajat Keanggotaan
Tidak	0
Ya	1

Pertanyaan 9: Apakah anda mengalami kondisi mata terasa kelilipan ?

Pembentukan derajat keanggotaan dari pertanyaan 9 tentang mata terasa kelilipan (Sidarta,2009) sesuai pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Derajat keanggotaan dari mata terasa kelilipan

Mata Terasa Kelilipan	Derajat Keanggotaan
Tidak	0
Ya	1

Pertanyaan 10: Apakah anda mengalami kondisi terlihat efek pelangi saat melihat cahaya lampu ?

Pembentukan derajat keanggotaan dari pertanyaan 10 tentang kondisi efek pelangi saat melihat cahaya lampu (Sidarta,2009) sesuai pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Derajat keanggotaan dari terlihat efek pelangi saat melihat cahaya lampu

Terlihat efek pelangi saat melihat lampu	Derajat Keanggotaan
Tidak	0
Ya	1

4.1.2 Fuzzyfikasi Output

Berikut adalah fuzzyfikasi output dari penyakit mata berdasar masukan dari dokter mata yang dibentuk dalam range domain $[0,100]$. Fuzzyfikasi output yang dibentuk antara lain untuk penyakit konjungtivitis, keratitis dan glaukoma.

a. Penyakit Konjungtivitis

Tingkat keparahan pada penyakit konjungtivitis menurut dokter mata terbagi menjadi dua yaitu tingkatan gejala dan tingkatan parah. Variabel tingkat keparahan penyakit konjungtivitis ini kemudian menjadi dua himpunan fuzzy yaitu himpunan gejala dan himpunan parah. Untuk merepresentasikan himpunan gejala digunakan kurva linier turun sedangkan untuk himpunan parah digunakan kurva linier naik. Pembentukan himpunan fuzzy dari penyakit konjungtivitis sesuai pada Tabel 4.11.

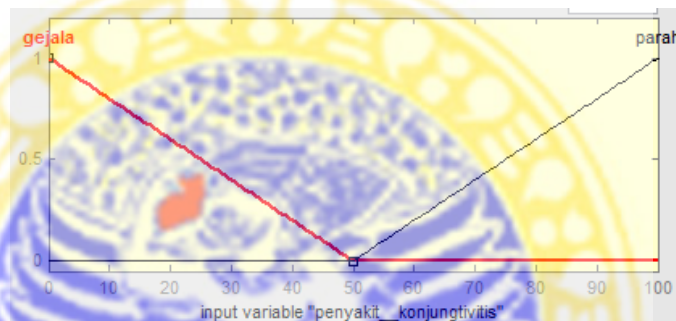
Tabel 4.11. Himpunan fuzzy dari penyakit konjungtivitis

Konjungtivitis	Domain
Gejala	$0 \leq z \leq 100$
Parah	$0 \leq z \leq 100$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva linier turun dan kurva linier naik seperti pada Gambar 4.6 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.11) dan (4.12)

$$\mu_{gejala}(z) = \begin{cases} \frac{50-z}{50} & 0 \leq z \leq 50 \\ 0 & z \geq 50 \end{cases} \quad (4.11)$$

$$\mu_{parah}(z) = \begin{cases} 0 & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{100-50} & 50 \leq z \leq 100 \end{cases} \quad (4.12)$$



Gambar 4.6. Fungsi keanggotaan dari penyakit konjungtivitis

b. Penyakit Keratitis

Tingkat keparahan pada penyakit keratitis menurut dokter mata terbagi menjadi dua yaitu tingkatan gejala dan tingkatan parah. Variabel tingkat keparahan penyakit keratitis ini kemudian menjadi dua himpunan fuzzy yaitu himpunan gejala dan himpunan parah.. Untuk merepresentasikan himpunan gejala digunakan kurva linier turun sedangkan untuk himpunan parah digunakan kurva linier naik. Pembentukan himpunan fuzzy dari penyakit keratitis sesuai pada Tabel 4.12.

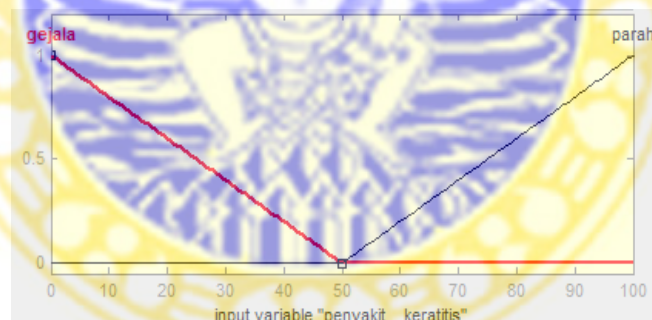
Tabel 4.12. Himpunan fuzzy dari penyakit keratitis

Keratitis	Domain
Gejala	$0 \leq z \leq 100$
Parah	$0 \leq z \leq 100$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva linier turun dan kurva linier naik seperti pada Gambar 4.7 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan (4.13) dan (4.14)

$$\mu_{gejala}(z) = \begin{cases} \frac{50-z}{50} & 0 \leq z \leq 50 \\ 0 & z \geq 50 \end{cases} \quad (4.13)$$

$$\mu_{parah}(z) = \begin{cases} 0 & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{100-50} & 50 \leq z \leq 100 \end{cases} \quad (4.14)$$



Gambar 4.7. Fungsi keanggotaan dari penyakit keratitis

c. Penyakit Glaukoma

Tingkat keparahan pada penyakit glaukoma menurut dokter mata terbagi menjadi dua yaitu tingkatan gejala dan tingkatan parah. Variabel tingkat keparahan penyakit glaukoma ini kemudian menjadi dua himpunan fuzzy yaitu himpunan gejala dan himpunan parah. Berikut pembentukan himpunan fuzzy dari penyakit glaukoma. Untuk merepresentasikan himpunan gejala digunakan kurva linier turun sedangkan untuk himpunan parah digunakan kurva linier naik. Pembentukan himpunan fuzzy dari penyakit glaukoma sesuai Tabel 4.13.

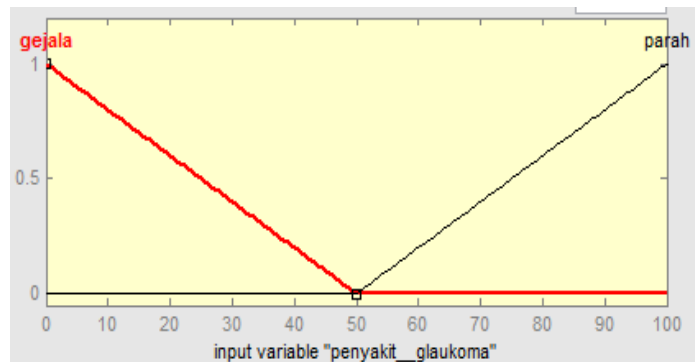
Tabel 4.13. Himpunan fuzzy dari penyakit glaukoma

Glaukoma	Domain
Gejala	$0 \leq z \leq 100$
Parah	$0 \leq z \leq 100$

Himpunan fuzzy diatas direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva linier turun dan kurva linier naik seperti pada Gambar 4.8 dan derajat keanggotaan sesuai persamaan 4.15 dan 4.16

$$\mu_{gejala}(z) = \begin{cases} \frac{50-z}{50} & 0 \leq z \leq 50 \\ 0 & z \geq 50 \end{cases} \quad (4.15)$$

$$\mu_{parah}(z) = \begin{cases} 0 & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{100-50} & 50 \leq z \leq 100 \end{cases} \quad (4.16)$$



Gambar 4.8. Fungsi keanggotaan dari penyakit glaukoma

4.2 Aturan (Rule)

Pembentukan aturan (rule) fuzzy pada metode Tsukamoto dinyatakan dalam bentuk *if – then* dan dihubungkan dengan operator (*AND*). Setiap *rule* yang dibentuk terdiri atas anteseden (gejala) dan konsekuen (penyakit). *Rule – rule* yang ada dibentuk berdasar masukan dari dokter mata dan digunakan untuk menyatakan hubungan antara gejala (*input*) dan penyakit (*output*). Berdasarkan gejala dan penyakit yang ada, maka dibentuk *rule* sebagai berikut:

a. Rule Penyakit Konjungtivitis

Pada penyakit konjungtivitis, *rule* yang dibentuk terdiri dari 4 anteseden berupa gejala - gejala penyakit mata dengan tingkatan ringan atau berat antara lain mata merah, mata berair dan gatal, kelopak mata bengkak, dan belekan serta 1 konsekuen berupa tingkatan keparahan penyakit yaitu gejala atau parah. Sebagai contoh, berikut adalah hubungan antara gejala (*input*) dan penyakit (*output*) *rule* R10 pada Tabel 4.14. yaitu jika mata merah (ringan) dan mata berair dan gatal (ya) dan

kelopak mata bengkak (berat) dan belekan (ya) maka konjungtivitis parah. Berikut adalah *rule – rule* yang dibentuk untuk penyakit konjungtivitis seperti terlihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. *Rule* Penyakit Konjungtivitis

Rule		Mata merah		mata berair dan gatal		kelopak mata bengkak		belekan		kesimpulan
R09	If	ringan	and	ya	and	ringan	and	ya	then	gejala
R10	If	ringan	and	ya	and	berat	and	ya	then	parah
R11	If	berat	and	ya	and	ringan	and	ya	then	parah
R12	If	berat	and	ya	and	berat	and	ya	then	parah

b. *Rule* Penyakit Keratitis

Pada penyakit keratitis, *rule* yang dibentuk terdiri dari 3 anteseden berupa gejala - gejala penyakit mata dengan tingkatan ringan atau berat antara lain mata merah, mata terasa kelilipan, dan fotophobia serta 1 konsekuen berupa tingkatan keparahan penyakit yaitu gejala atau parah. Sebagai contoh, berikut adalah hubungan antara gejala (*input*) dan penyakit (*output*) *rule* R13 pada Tabel 4.15. yaitu jika mata merah (ringan) dan mata terasa kelilipan (ya) dan fotophobia (ringan) maka keratitis gejala. Berikut adalah *rule – rule* yang dibentuk untuk penyakit glaukoma seperti terlihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. *Rule* Penyakit Keratitis

Rule		Mata merah		mata terasa kelilipan		fotophobia		kesimpulan
R13	If	ringan	and	ya	and	ringan	then	gejala
R14	If	ringan	and	ya	and	berat	then	parah
R15	If	berat	and	ya	and	ringan	then	gejala
R16	If	berat	and	ya	and	berat	then	parah

c. Rule Penyakit Glaukoma

Pada penyakit glaukoma, *rule* yang dibentuk terdiri dari 5 anteseden berupa gejala - gejala penyakit mata dengan tingkatan ringan atau berat antara lain mata merah, mual muntah, sakit kepala, nyeri sakit di mata, dan efek pelangi saat melihat lampu serta 1 konsekuen berupa tingkatan keparahan penyakit yaitu gejala atau parah. Sebagai contoh, berikut adalah hubungan antara gejala (input) dan penyakit (output) *rule* R01 pada Tabel 4.13. yaitu jika mata merah (ringan) dan mual muntah (ringan) dan sakit kepala (ringan) dan nyeri sakit di mata (ya) dan efek pelangi saat melihat lampu (ya) maka glaukoma gejala. Berikut adalah *rule – rule* yang dibentuk untuk penyakit glaukoma seperti terlihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Rule Penyakit Glaukoma

Rule	Mata merah	mual muntah	sakit kepala	nyeri sakit di mata	efek pelangi saat melihat lampu	kesimpulan
R01	If ringan	and ringan	and ringan	and ya	and ya	then gejala
R02	If ringan	and ringan	and berat	and ya	and ya	then gejala
R03	If ringan	and berat	and ringan	and ya	and ya	then parah
R04	If ringan	and berat	and berat	and ya	and ya	then parah
R05	If berat	and ringan	and ringan	and ya	and ya	then gejala
R06	If berat	and ringan	and berat	and ya	and ya	then parah
R07	If berat	and berat	and ringan	and ya	and ya	then parah
R08	If berat	and berat	and berat	and ya	and ya	then parah

4.3 Penentuan α_{predikat}

α_{predikat} diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil (inferensi MIN) antar elemen pada himpunan – himpunan gejala penyakit sesuai *rule* untuk setiap penyakit mata .

Berikut prosedur inferensi MIN tiap penyakit mata.

a) Konjungtivitis

$$\alpha_{\text{predikat}}(\text{konjungtivitis}) = \text{MIN} (\mu(\text{MataMerah}), \mu(\text{Belekan}), \\ \mu(\text{MataBerairDanGatal}), \mu(\text{KelopakMataBengkak}))$$

b) Keratitis

$$\alpha_{\text{predikat}}(\text{keratitis}) = \text{MIN} (\mu(\text{MataMerah}), \mu(\text{MataTerasaKelilipan}), \\ \mu(\text{Fotophobia}))$$

c) Glaukoma

$$\alpha_{\text{predikat}}(\text{glaukoma}) = \text{MIN} (\mu(\text{MataMerah}), \mu(\text{SakitKepala}), \\ \mu(\text{MualMuntah}), \mu(\text{NyeriSakitDiMata}), \\ \mu(\text{EfekPelangiSaatMelihatLampu}))$$

4.4 Defuzzyfikasi

Setelah mendapatkan nilai $\alpha_{\text{predikat}(i)}$ kemudian dicari nilai $z(i)$ melalui fungsi keanggotaan penyakit. Nilai $\alpha_{\text{predikat}(i)}$ dan nilai $z(i)$ yang didapat kemudian digunakan untuk proses defuzzyfikasi dengan metode defuzzyfikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzifier*) yang dirumuskan sesuai persamaan 2.9

4.5. Pengambilan Keputusan

Setelah didapat nilai Z hasil defuzzyfikasi selanjutnya dari nilai Z dicari batasan nilai defuzzyfikasi untuk pengambilan keputusan yang diperoleh dengan mencari nilai pusat dari hasil inferensi (Kaswidjanti, 2011). Nilai pusat kemudian disesuaikan dengan variabel linguistik tingkat keparahan penyakit untuk menentukan kesimpulan diagnosa penyakit. Berikut ketentuan pengambilan keputusan untuk penyakit konjungtivitis, keratitis dan glaukoma. Ulasan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 3.

4.5.1. Pengambilan Keputusan Penyakit Konjungtivitis

- a) Seseorang didiagnosis tidak terkena penyakit konjungtivitis jika input yang dimasukan tidak ada yang sesuai dengan aturan.
- b) Seseorang didiagnosis terkena penyakit konjungtivitis gejala jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 0 sampai 40,625
- c) Seseorang didiagnosis terkena penyakit konjungtivitis parah jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 40,626 sampai 100.

4.5.2. Pengambilan Keputusan Penyakit Keratitis

- a) Seseorang didiagnosis tidak terkena penyakit keratitis jika input yang dimasukan tidak ada yang sesuai dengan aturan.
- b) Seseorang didiagnosis terkena penyakit keratitis gejala jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 0 sampai 42,700.
- c) Seseorang didiagnosis terkena penyakit keratitis parah jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 42,701 sampai 100.

4.5.3. Pengambilan Keputusan Penyakit Glaukoma

- a) Seseorang didiagnosis tidak terkena penyakit glaukoma jika input yang dimasukan tidak ada yang sesuai dengan aturan.
- b) Seseorang didiagnosis terkena penyakit glaukoma gejala jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 0 sampai 38.925.
- c) Seseorang didiagnosis terkena penyakit glaukoma parah jika nilai dari defuzzyfikasi terletak diantara 38.926 sampai 100

4.6 Proses Perhitungan *Fuzzy Inference System Tsukamoto Secara Manual*

Dari perancangan sistem tersebut kemudian akan diimplementasikan pada salah satu data seperti pada Lampiran 1 dari seorang pengguna berinisial E yang memiliki penyakit glaukoma seperti pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Data gejala salah satu pasien

No.	Pertanyaan	Input
1	Berapa hari anda mengalami kondisi mata merah?	3
2	Berapa jam anda mengalami sakit kepala dalam 3 hari terakhir ini ?	36
3	Berapa kali dalam sehari anda mengalami mual muntah?	2
4	Apakah anda mengalami nyeri sakit di mata?	Ya
5	Apakah pada pandangan anda terlihat efek pelangi saat melihat lampu?	Ya

Dari data pada Tabel 4.17. gejala yang di alami pasien kemudian difuzzifikasi untuk memperoleh derajat keanggotan untuk masing – masing gejala.

Untuk gejala mata merah, pasien mengalami gejala tersebut selama 3 hari. Berdasarkan gejala tersebut didapatkan $\mu_{\text{mata merah ringan}}$ sesuai persamaan (4.1) dan $\mu_{\text{mata merah berat}}$ sesuai persamaan (4.2) didapatkan

$$\mu_{\text{mata merah ringan}}(3) = \frac{5-3}{5-2} = \frac{2}{3} = 0.667$$

$$\mu_{\text{mata merah berat}}(3) = \frac{3-2}{10-2} = \frac{1}{8} = 0.125$$

Untuk gejala sakit kepala, pasien mengalami gejala tersebut selama 36 jam. Berdasarkan gejala tersebut didapatkan $\mu_{\text{sakit kepala ringan}}$ sesuai persamaan (4.3) dan $\mu_{\text{sakit kepala berat}}$ (4.4) didapatkan

$$\mu_{\text{sakit kepala ringan}}(36) = \frac{48-36}{48-4} = \frac{12}{44} = 0.273$$

$$\mu_{\text{sakit kepala berat}}(36) = \frac{36-12}{72-12} = \frac{24}{60} = 0.4$$

Untuk gejala mual muntah, pasien mengalami gejala tersebut 2 kali dalam sehari. Berdasarkan gejala tersebut didapatkan $\mu_{\text{mual muntah ringan}}$ sesuai persamaan (4.5) dan $\mu_{\text{mual muntah berat}}$ sesuai persamaan (4.6) didapatkan

$$\mu_{\text{mual muntah ringan}}(2) = \frac{3-2}{3} = \frac{1}{3} = 0.333$$

$$\mu_{\text{mual muntah berat}}(2) = \frac{2}{4} = 0.5$$

Untuk gejala nyeri sakit di mata, berdasarkan data Tabel 4.17 diketahui bahwa pasien mengalami gejala tersebut. Sehingga sesuai Tabel 4.8. diperoleh derajat keanggotaan untuk gejala nyeri sakit di mata bernilai 1

Untuk gejala terlihat efek pelangi saat melihat lampu (fotophobia), berdasarkan data Tabel 4.17. diketahui bahwa pasien mengalami gejala tersebut. Sehingga sesuai Tabel 4.10 diperoleh derajat keanggotaan untuk gejala terlihat efek pelangi saat melihat lampu bernilai 1

Dari hasil fuzzifikasi di atas diperoleh derajat keanggotaan untuk himpunan fuzzy ringan dan himpunan fuzzy berat dari tiap gejala yang dialami oleh pasien sesuai Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Himpunan Fuzzy dan Derajat Keanggotaan Gejala Pasien

No.	Parameter	Nilai	Derajat Keanggotaan	
			Himpunan Fuzzy Ringan	Himpunan Fuzzy Berat
1	Mata merah	3	0.667	0.125
2	Sakit kepala	36	0.273	0.4
3	Mual muntah	2	0.333	0.5
4	Nyeri sakit di mata	Ya	1	
5	Efek Pelangi	Ya	1	

Setelah itu, nilai derajat keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy diatas diproses dalam *rule* yang sesuai.

Tabel aturan (*rule*) yang sesuai dengan gejala penyakit yang di alami pengguna

Rule	Mata merah	mual muntah	sakit kepala	nyeri sakit di mata	efek pelangi saat melihat lampu	kesimpulan
R01	If ringan	and ringan	and ringan	and ya	and ya	then gejala
R02	If ringan	and ringan	and berat	and ya	and ya	then gejala
R03	If ringan	and berat	and ringan	and ya	and ya	then parah
R04	If ringan	and berat	and berat	and ya	and ya	then parah
R05	If berat	and ringan	and ringan	and ya	and ya	then gejala
R06	If berat	and ringan	and berat	and ya	and ya	then parah
R07	If berat	and berat	and ringan	and ya	and ya	then parah
R08	If berat	and berat	and berat	and ya	and ya	then parah

Kemudian dilanjutkan dengan proses inferensi MIN untuk menentukan .nilai

$\alpha_{\text{predikat}(i)}$. Berikut perhitungan penentuan nilai α – predikat berdasar *rule* R01-R08.

$$\alpha_{\text{predikat}(1)} = \text{MIN} (0.667, 0.333, 0.273, 1, 1)$$

$$= 0.273$$

$$\alpha_{\text{predikat}(2)} = \text{MIN} (0.667, 0.3333, 0.4, 1, 1)$$

$$= 0.333$$

$$\alpha_{\text{predikat}(3)} = \text{MIN} (0.667, 0.5, 0.273, 1, 1)$$

$$= 0.273$$

$$\alpha_{\text{predikat}(4)} = \text{MIN} (0.667, 0.5, 0.4, 1, 1)$$

$$= 0.4$$

$$\alpha_{\text{predikat}(5)} = \text{MIN} (0.125, 0.333, 0.273, 1, 1)$$

$$= 0.125$$

$$\alpha_{\text{predikat}(6)} = \text{MIN} (0.125, 0.333, 0.4, 1, 1)$$

$$= 0.125$$

$$\alpha_{\text{predikat}(7)} = \text{MIN} (0.125, 0.5, 0.273, 1, 1)$$

$$= 0.125$$

$$\alpha_{\text{predikat}(8)} = \text{MIN} (0.125, 0.5, 0.4, 1, 1)$$

$$= 0.125$$

Setelah didapat α_{predikat} untuk semua *rule* yang sesuai. Maka dicari nilai $z(i)$ untuk setiap $\alpha_{\text{predikat}(i)}$ yang diperoleh sebelumnya pada *rule* yang sesuai.

Penentuan nilai $z(1)$

Untuk *rule* R01 nilai $z(1)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma gejala pada persamaan (4.15)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(1)} = 0.273$

$$z(1) = 50 - 50 \cdot (0.273)$$

$$= 50 - 13.65$$

$$= 36.35$$

Penentuan nilai $z(2)$

Untuk *rule* R02 nilai $z(2)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma gejala pada persamaan (4.15)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(2)} = 0.333$

$$\begin{aligned} z(2) &= 50 - 50*(0.333) \\ &= 50 - 16.65 \\ &= 33.35 \end{aligned}$$

Penentuan nilai $z(3)$

Untuk *rule* R03 nilai $z(3)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma parah pada persamaan (4.16)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(3)} = 0.273$

$$\begin{aligned} z(3) &= 50*(0.273) + 50 \\ &= 13.65 + 50 \\ &= 63.65 \end{aligned}$$

Penentuan nilai $z(4)$

Untuk *rule* R04 nilai $z(4)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma parah pada persamaan (4.16)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(4)} = 0.4$

$$\begin{aligned} z(4) &= 50*(0.4) + 50 \\ &= 20 + 50 \\ &= 70 \end{aligned}$$

Penentuan nilai $z(5)$

Untuk *rule* R05 nilai $z(5)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma gejala pada persamaan (4.15)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(5)} = 0.125$

$$z(5) = 50 - 50 * (0.125)$$

$$= 50 - 6.25$$

$$= 43.75$$

Penentuan nilai $z(6)$

Untuk *rule* R06 nilai $Z(6)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma parah pada persamaan (4.16)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(6)} = 0.125$

$$z(6) = 50 * (0.125) + 50$$

$$= 6.25 + 50$$

$$= 56.25$$

Penentuan nilai $z(7)$

Untuk *rule* R07 nilai $z(7)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma parah pada persamaan (4.16)

Karena $\alpha_{\text{predikat}(7)} = 0.125$

$$z(7) = 50 * (0.125) + 50$$

$$= 6.25 + 50$$

$$= 56.25$$

Penentuan nilai $z(8)$

Untuk *rule* R08 nilai $z(8)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan glaukoma parah pada persamaan 4.16

Karena $\alpha_{\text{predikat}(8)} = 0.125$

$$z(8) = 50 * (0.125 + 50)$$

$$= 6.25 + 50$$

$$= 56.25$$

Setelah didapatkan nilai $z(1)$ untuk setiap *rule* maka selanjutnya dicari nilai Z dengan metode defuzzyfikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzyfier*) yang dirumuskan pada persamaan 2.9.

$Z =$

$$\frac{\alpha(1) * Z(1) + \alpha(2) * Z(2) + \alpha(3) * Z(3) + \alpha(4) * Z(4) + \alpha(5) * Z(5) + \alpha(6) * Z(6) + \alpha(7) * Z(7) + \alpha(8) * Z(8)}{\alpha(1) + \alpha(2) + \alpha(3) + \alpha(4) + \alpha(5) + \alpha(6) + \alpha(7) + \alpha(8)}$$

$=$

$$\frac{0.273 * 36.35 + 0.333 * 33.35 + 0.273 * 63.65 + 0.4 * 70 + 0.125 * 43.75 + 0.125 * 56.25 + 0.125 * 56.25 + 0.125 * 56.25}{0.273 + 0.333 + 0.25 + 0.4 + 0.125 + 0.125 + 0.125 + 0.125}$$

$$= \frac{9.92355 + 11.10555 + 17.37645 + 28 + 5.46875 + 7.03125 + 7.03125 + 7.03125}{0.273 + 0.333 + 0.273 + 0.4 + 0.125 + 0.125 + 0.125 + 0.125}$$

$$= \frac{92.96805}{1.779}$$

$$= 52.259$$

Karena masukan pengguna sesuai dengan *rule* yang merujuk pada penyakit glaukoma dan nilai Z hasil defuzzyfikasi terletak antara rentang 38.926 - 100 maka disimpulkan pengguna terdiagnosa penyakit glaukoma dengan tingkatan parah.

4.7 Prosedur Proses Inferensi Program

Pada bagian ini akan ditunjukkan prosedur program dalam proses inferensi untuk menentukan hasil diagnosa penyakit mata. Berikut prosedur inferensi program dimulai dari proses fuzzyfikasi sampai proses pengambilan keputusan.

a) Prosedur program untuk menghitung nilai derajat keanggotaan rendah

Prosedur menghitung nilai μ rendah (derajat keanggotaan) untuk setiap inputan ()

IF nilai inputan \leq nilai min dari fungsi keanggotaan **THEN** nilai $\mu = 1$
Else IF nilai inputan \geq nilai max dari fungsi keanggotaan **THEN** nilai $\mu = 0$
Else nilai $\mu = (\text{nilai max} - \text{nilai}) / (\text{nilai max} - \text{nilai min})$
End IF

b) Prosedur program untuk menghitung nilai keanggotaan tinggi

Prosedur menghitung nilai μ tinggi (derajat keanggotaan) untuk setiap inputan ()

IF nilai inputan \leq nilai min dari fungsi keanggotaan **THEN** nilai $\mu = 0$
Else IF nilai inputan \geq nilai max dari fungsi keanggotaan **THEN** nilai $\mu = 1$
Else nilai $\mu = (\text{nilai} - \text{nilai min}) / (\text{nilai max} - \text{nilai min})$
End IF

c) Prosedur program untuk pengecekan aturan (*rule*) yang sesuai dengan inputan pengguna

Prosedur penelusuran aturan (*rule*) yang sesuai inputan pengguna()

```

For Each penyakit THEN pilih tabel rule gejala penyakit yang sesuai
  For Each tabel rule gejala yang sesuai THEN cek inputan gejala apakah sudah sesuai
    dengan tabel rule gejala
      IF gejala inputan sesuai dengan tabel rule gejala THEN gunakan tabel rule
      Else tabel rule tidak digunakan
    Exit For
  Next

```

d). Prosedur menghitung α_{predikat}

Prosedur menghitung $\alpha_{\text{predikat}(i)}$ untuk setiap *rule* ()
 definisikan *i* sebagai bilangan integer = 0

```

For Each rule yang sesuai THEN hitung nilai  $\alpha_{\text{predikat}(i)}$ 
  IF i = 0 THEN alpha = nilai miu
  ElseIF nilai miu < alpha THEN alpha = nilai miu
  End IF
  End IF
  i = i + 1
Next

```

e). Prosedur menghitung nilai fuzzyfikasi output z

Prosedur menghitung fuzzyfikasi output z untuk setiap *rule* ()

definisikan Zi sebagai bilangan double

For Each *rule* yang sesuai **THEN** hitung fuzzyfikasi output z

IF kondisi penyakit = 'gejala' Then

IF alpha = 0 **THEN**

Zi = ZIMax

ElseIF alpha = 1 **THEN**

Zi = ZIMin

Else

Zi = ((alpha * ZIMin) - (Alpha * ZIMax)) + ZIMax

End IF

ElseIF Kondisi penyakit= 'parah' **THEN**

IF alpha = 0 **THEN**

Zi = ZIMin

ElseIF alpha = 1 **THEN**

Zi = ZIMax

Else

Zi = ((Alpha * ZIMax) - (Alpha * ZIMin)) + ZIMin

End IF

End IF

Next

f) Prosedur menghitung nilai defuzzyfikasi

Prosedur menghitung nilai defuzzyfikasi rata – rata terpusat()

definisikan SigmaAlphaZi sebagai bilangan double = 0

definisikan SigmaAlpha sebagai bilangan double = 0

For Each *rule* yang sesuai **THEN**

SigmaAlphaZI = SigmaAlphaZI + (Alpha * Zi)

SigmaAlpha = SigmaAlpha + Alpha

Next

definisikan Zpenyakit sebagai bilangan double = SigmaAlphaZI / SigmaAlpha

g). Prosedur pengambilan keputusan

 Prosedur pengambilan keputusan()

Cek apakah inputan gejala > 0

IF inputan gejala > 0 dan inputan gejala sesuai dengan *rule*

Select kondisi dari tabel kondisi penyakit sesuai nama penyakit dan nilai Z_{penyakit} diantara batasan nilai yang sesuai
Tampilkan kondisi

Else

Tampilkan pesan tidak terdiagnosa penyakit mata.

4.8 Proses Perhitungan *Fuzzy Inference System* pada Program

Pada bagian ini akan diterapkan perhitungan pada program yang telah dibuat. Pada form input, diisikan data sesuai pada Tabel 4.16. seperti pada Gambar 4.9.

FORM PERTANYAAN GEJALA PENYAKIT MATA

Data Pasien
Kode Pasien :
Nama Pasien : CARI PASIEN

Daftar Gejala Penyakit :

1. Berapa hari anda mengalami mata merah ? 3 Hari
2. Berapa jam anda mengalami sakit kepala dalam 3 hari terakhir ini ? 36 Jam
3. Berapa kali anda mengalami mual dan muntah ? 2 Kali
4. Berapa hari kelopak mata anda bengkak ? 0 Hari
5. Berapa hari anda merasakan silau dan sakit pada mata jika terkena cahaya ? 0 Hari
6. Apakah mata anda berair dan gatal ? Ya Tidak
7. Apakah mata anda belekan ? Ya Tidak
8. Apakah anda mengalami nyeri sakit di mata ? Ya Tidak
9. Apakah mata anda terasa kelilipan ? Ya Tidak
10. Apakah terlihat efek pelangi saat melihat lampu ? Ya Tidak

Control Data
PROSES INFORMASI HASIL PENGUJIAN REFRESH

Hasil Pengujian

Nama Penyakit Mata	Tingkat	Hasil Inferensi

SIMPAN TUTUP

Gambar 4.9. Form masukan gejala penyakit mata

Dari data yang diinputkan keputusan hasil diagnosis penyakit mata seperti pada Gambar 4.10.

FORM PERTANYAAN GEJALA PENYAKIT MATA

Data Pasien
 Kode Pasien :
 Nama Pasien : CARI PASIEN

Daftar Gejala Penyakit :

- Berapa hari anda mengalami mata merah ? Hari
- Berapa jam anda mengalami sakit kepala dalam 3 hari terakhir ini ? Jam
- Berapa kali anda mengalami mual dan muntah ? Kali
- Berapa hari kelopak mata anda bengkak ? Hari
- Berapa hari anda merasakan silau dan sakit pada mata jika terkena cahaya ? Hari
- Apakah mata anda berair dan gatal ? Ya Tidak
- Apakah mata anda belekan ? Ya Tidak
- Apakah anda mengalami nyeri sakit di mata ? Ya Tidak
- Apakah mata anda terasa kelilipan ? Ya Tidak
- Apakah terlihat efek pelangi saat melihat lampu ? Ya Tidak

Control Data
PROSES INFORMASI HASIL PENGUJIAN REFRESH

Hasil Pengujian

Nama Penyakit Mata	Tingkat	Hasil Inferensi
GLAUKOMA	PARAH	52.259

SIMPAN TUTUP

Gambar 4.10. Form Hasil Diagnosa

Untuk detail perhitungan program dapat diketahui melalui form informasi hasil pengujian seperti pada Gambar 4.11.

INFORMASI HASIL PENGUJIAN

Informasi Nilai Miu

Nama Penyakit	Nama Gejala	Miu Rendah	Miu Tinggi
GLAUKOMA	MATA MERAH	0.667	0.125
GLAUKOMA	MUAL DAN MUNTAH	0.333	0.5
GLAUKOMA	NYERI SAKIT DIMATA	-	-
GLAUKOMA	SAKIT KEPALA	0.273	0.4
GLAUKOMA	TERLIHAT EFEK PELANGI SAAT MELIHAT LAMPU	-	-

Informasi Rule Penyakit

Nama Penyakit	Rule	Alpha	Zi
GLAUKOMA	R017	0.273	36.35
GLAUKOMA	R018	0.333	33.35
GLAUKOMA	R021	0.125	43.75
GLAUKOMA	R019	0.273	63.65

Nama Penyakit	Rule	Nama Gejala	Tingkatan
GLAUKOMA	R017	GEJALA	RENDAH
GLAUKOMA	R017	MATA MERAH	RENDAH
GLAUKOMA	R017	MUAL DAN MUNTAH	RENDAH
GLAUKOMA	R017	NYERI SAKIT DIMATA	YA
GLAUKOMA	R017	SAKIT KEPALA	RENDAH
GLAUKOMA	R017	TERLIHAT EFEK PELANGI SAAT MELIHAT LAMPU	YA
GLAUKOMA	R018	GEJALA	RENDAH
GLAUKOMA	R018	MATA MERAH	RENDAH
GLAUKOMA	R018	MUAL DAN MUNTAH	RENDAH

TUTUP

Gambar 4.11. Form informasi hasil pengujian

Seperti pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa pengguna terdiagnosis penyakit glaukoma parah dengan nilai defuzzyfikasi 52.269 .

4.9 Pengujian Program

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian diagnosa program pada data diagnosa penyakit mata oleh dokter pada lampiran 1. Dari hasil pengujian tersebut akan dibandingkan hasil pengujian diagnose program dengan diagnosa dokter. Berikut hasil pengujian program seperti pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Progran

No.	Pasien	Diagnosis Dokter	Diagnosa Program	Hasil defuzzifikasi
1	A	Glaukoma Parah	Glaukoma Parah	72,619
2	B	Glaukoma Parah	Glaukoma Parah	68,75
3	C	Glaukoma Parah	Glaukoma Parah	54,915
4	D	Glaukoma Gejala	Glaukoma Gejala	37,295
5	E	Glaukoma Parah	Glaukoma Parah	52,259
6	F	Glaukoma Gejala	Glaukoma Parah	45,331
7	G	Glaukoma Parah	Glaukoma Parah	64,87
8	H	Glaukoma Gejala	Glaukoma Gejala	4,55
9	I	Glaukoma Gejala	Glaukoma Gejala	33,064
10	J	Glaukoma Gejala	Glaukoma Gejala	33,617
11	K	Glaukoma Gejala	Glaukoma Parah	58,35
12	L	Keratitis Parah	Keratitis Parah	45,25
13	M	Keratitis Gejala	Keratitis Gejala	20,927
14	N	Keratitis Parah	Keratitis Parah	45,25
15	O	Keratitis Parah	Keratitis Parah	45,473
16	P	Keratitis Gejala	Keratitis Gejala	16,65
17	Q	Keartitis Parah	Keratitis Parah	64,87
18	R	Keratitis Parah	Keratitis Parah	43,35
19	S	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	64,87

No	Pasien	Diagnosis Dokter	Diagnosis Program	Hasil defuzzyfikasi
20	T	Konjungtivitis Gejala	Konjungtivitis Gejala	39,593
21	U	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	75
22	V	Konjungtivitis Gejala	Konjungtivitis Gejala	22,9
23	W	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	65,546
24	X	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	58,005
25	Y	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	64,87
26	Z	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	65,546
27	AA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	64,87
28	BA	Konjungtivitis Gejala	Konjungtivitis Gejala	22,9
29	CA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	64,87
30	DA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	50,403
31	FA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	75
32	GA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	68,75
33	HA	Konjungtivitis Parah	Konjungtivitis Parah	70,831
34	IA	Konjungtivitis Gejala	Konjungtivitis Parah	45,85

Catatan: Kolom "Pasien" merupakan inisial pasien untuk menjaga kerahasiaan rekam medis pasien.

Dari hasil pengujian program pada Tabel 4.19, diketahui hasil diagnosa program yang sesuai dengan data diagnosa dokter adalah sebanyak 31 pasien. Selain itu, dari hasil diagnosa program dapat diketahui juga bahwa program melakukan kesalahan diagnosa pada 3 pasien yaitu pada pasien berinisial "F", "K" dan "IA". Berdasarkan hasil tersebut, tingkat keberhasilan program dalam mendiagnosa data pasien penyakit mata secara tepat adalah sebesar 91.17%.