

APLIKASI MODEL *FUZZY* DALAM DIAGNOSA PENYAKIT STROKE (CVA)

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

Suci Maghfiroh

NIM 09305144045

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2014

APLIKASI MODEL *FUZZY* DALAM DIAGNOSA PENYAKIT STROKE (CVA)

Oleh :
Suci Maghfiroh
09305144045

ABSTRAK

Penyakit Stroke merupakan suatu kondisi yang terjadi ketika pasokan darah tiba-tiba terganggu. Penyakit ini merupakan penyebab kematian ketiga. Ada beberapa faktor dan gejala penyakit stroke yang sebenarnya dapat dikenali. Perlu adanya pendiagnosaan untuk dapat mengetahui tingkat keparahan penyakit stroke. Penelitian ini bertujuan menjelaskan proses diagnosa penyakit stroke dengan model *fuzzy* dan mendiskripsikan tingkat keakuratan model *fuzzy*.

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan hasil diagnosa penyakit stroke dengan menggunakan beberapa variabel input yaitu usia, jenis kelamin, kadar gula darah, kolesterol, trigliserida, tekanan darah, denyut nadi, hipertensi, diabetes, pusing, mual, muntah, kesemutan dan kesadaran. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah 115 data. Data yang diperoleh dibagi menjadi 2 jenis data yaitu 90 data training dan 25 data testing. Kemudian data training digunakan untuk menentukan himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel *input* dan *output* dengan pendekatan Gauss. Setelah diperoleh himpunan *fuzzy* langkah selanjutnya menentukan aturan JIKA-MAKA. Aturan JIKA-MAKA yang diperoleh dari data training adalah 80 aturan. Dalam penelitian ini digunakan model mamdani dengan metode defuzzifikasi *centroid* dan *maximum*. Hasil dari proses defuzzifikasi ini digunakan untuk menentukan hasil diagnosa, yaitu: tidak stroke, TIA (*Transient Ischemic Attack*/iskemik ringan), iskemik sedang, iskemik berat.

Hasil dari penelitian tentang aplikasi model *fuzzy* dalam diagnosa penyakit stroke diperoleh tingkat akurasi yang tinggi. Hasil akurasi pada metode defuzzifikasi *centroid* adalah 93% untuk data training dan 88% untuk data testing, sedangkan pada metode defuzzifikasi *maximum* diperoleh hasil akurasi 98% untuk data training dan 96% untuk data testing.

Kata kunci : penyakit stroke, model *fuzzy*, hasil akurasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Stroke (*Cerebrovascular Accident/CVA*) adalah gangguan saraf yang menetap yang diakibatkan oleh kerusakan pembuluh darah di otak yang terjadi sekitar 24 jam atau lebih. Ada 2 macam jenis stroke yaitu stroke hemoragik dan stroke iskemik (nonhemoragik). Stroke hemoragik merupakan jenis stroke yang disebabkan karena pecahnya pembuluh darah di otak. Sedangkan stroke iskemik disebabkan karena adanya penyumbatan aliran darah di otak. Selain stroke hemoragik dan stroke iskemik, ada satu lagi jenis stroke yaitu stroke iskemik sementara (iskemik ringan) yang sering disebut dengan TIA (*Transient Ischemic Attack*). Hampir 80% penderita stroke di Indonesia adalah stroke iskemik (Alfred, 2007: 1-9).

Faktor penyebab stroke dibagi menjadi 2 yaitu faktor yang dapat dikendalikan dan faktor yang tidak dapat dikendalikan. Faktor yang dapat dikendalikan antara lain hipertensi (tekanan darah tinggi), diabetes, kolesterol tinggi dan beberapa faktor yang tidak dapat dikendalikan adalah usia, jenis kelamin, ras (Lanny, 2003: 31).

Selain mengetahui faktor penyebabnya, perlu adanya pengetahuan tentang gejala awal penyakit stroke. Adapun gejala stroke yang perlu diketahui antara lain kelemahan mendadak, hilangnya rasa (kesemutan), gejala lain yang dapat dikenali adalah penglihatan ganda, hilangnya keseimbangan, pusing yang terkadang

disertai mual dan muntah, gangguan kesadaran (pingsan hingga tak sadarkan diri) (Lanny, 2003: 31).

Penyakit stroke dapat dihindari jika mengetahui faktor penyebab dan gejala penyakit stroke. Perlu adanya pendagnosaan untuk mengetahui penyakit ini. Pendiagnosaan dapat dilakukan dari riwayat hasil pemeriksaan

Ada beberapa penelitian tentang stroke yang sudah pernah dilakukan diantaranya penelitian yang dilakukan oleh M.Khusnul (2011) tentang pendagnosaan kemungkinan pasien terkena stroke dengan output seseorang beresiko terkena stroke atau tidak terkena stroke dengan metode yang digunakan adalah Metode *Naive Bayes* dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. Penelitian yang dilakukan oleh Romy (2013). Pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan *MYSQL* dengan output yang dihasilkan adalah TIA, stroke Iskemik, dan beberapa penyakit yang berhubungan dengan stroke antara lain diabetes mellitus, hipertensi, gagal ginjal dan gagal jantung. Prediksi terkena stroke iskemik juga telah dilakukan oleh Thakur (2009) dengan menggunakan metode *Neural Network*. Penelitian tentang pendagnosaan penyakit stroke juga dilakukan oleh Dhanwan (2013) tentang diagnosa penyakit stroke, pada penelitian ini menggunakan 2 pendekatan yaitu *Traditional Neural Network* dan *New Hybrid Neuro-Genetic*. Penelitian yang dilakukan oleh Cpalka pada tahun 2006 yang mengembangkan sistem *Neuro-Fuzzy* untuk diagnosa penyakit stroke dan pada tahun 2009 Cpalka kembali melakukan penelitian tentang diagnosa penyakit stroke dengan menerapkan sistem *Neuro-Fuzzy* berbasis S-implikasi. Pada

penelitian ini model *fuzzy* akan diaplikasikan dalam pendagnosaan penyakit stroke.

Model *fuzzy* dapat diartikan sebagai deskripsi linguistik (aturan *fuzzy* jika-maka) yang lengkap tentang proses yang dapat dikombinasikan kedalam model (Wang, 1997: 265). Teori logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali oleh Lotfi Zadeh sekitar tahun 1965. Konsep logika *fuzzy* yang mudah dimengerti serta didasarkan pada bahasa alami merupakan kelebihan dari logika *fuzzy* (Sri, 2003: 154). Model *fuzzy* dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang antara lain: diagnosa medis, algoritma control, system pendukung keputusan, ekonomi, teknik, lingkungan, psikologi (Setiadji, 2009: 1).

Proses diagnosa penyakit dalam bidang kedokteran, biasanya ditemukan sifat ketidakpastian. Untuk mendiagnosa suatu penyakit diperlukan beberapa variabel yaitu data riwayat dari penderita (pasien), seperti pemeriksaan fisik, hasil laboratorium dan prosedur-prosedur penelitian lainnya. Masing-masing dari data tersebut memiliki derajat keanggotaan yang berbeda. Teori himpunan *fuzzy* telah dimanfaatkan di dalam pendekatan yang berbeda untuk memodelkan proses diagnosa. Di dalam pendekatan yang diformulasikan oleh Sanchez (1976), data-data yang merupakan pengetahuan medis dokter diwujudkan sebagai relasi *fuzzy* antara gejala dan penyakit (Setiadji, 2009: 227-228).

Dalam penelitian ini akan dilakukan diagnosa untuk penyakit stroke dengan model *fuzzy*. Data yang diperoleh merupakan hasil pemeriksaan pasien yaitu data pasien, gejala dan hasil laboratorium. Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan

pemodelan dengan *fuzzy* untuk mendapatkan hasil diagnosa yaitu tidak stroke, TIA, Iskemik Sedang dan Iskemik Berat.

B. Pembatasan Masalah

Menurut jenisnya stroke dibagi menjadi 2 yaitu stroke iskemik dan hemoragik. Dalam penelitian kali ini hanya akan dibahas tentang stroke iskemik karena 80% penderita stroke adalah jenis stroke iskemik.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diperoleh rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana menjelaskan proses diagnosa penyakit stroke iskemik dengan menggunakan model *fuzzy*?
2. Bagaimana keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosa penyakit stroke iskemik?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan proses diagnosa penyakit stroke iskemik dengan menggunakan model *fuzzy*.
2. Mendeskripsikan keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosa penyakit stroke iskemik.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat untuk masyarakat :

Memberikan informasi mengenai faktor penyebab dan gejala awal penyakit stroke sehingga dapat meminimalkan terserang penyakit ini.

2. Manfaat untuk Dokter/Rumah Sakit :

Memberikan informasi tentang hasil penelitian sehingga dapat digunakan dalam pendiagnosaan penyakit stroke khususnya Iskemik.

3. Manfaat untuk Universitas

Menambah referensi tentang model *fuzzy*.

BAB II

DASAR TEORI

A. Stroke

Stroke adalah gangguan saraf yang menetap yang diakibatkan oleh kerusakan pembuluh darah di otak yang terjadi sekitar 24 jam atau lebih (Alfred, 2007: 1).

Stroke digolongkan menjadi 2 jenis yaitu :

a. Stroke Hemoragik

Stroke hemoragik terjadi karena pecahnya pembuluh darah di otak atau pembuluh darah bocor (Alfred, 2007: 12).

b. Stroke Iskemik

Stroke iskemik disebabkan karena adanya penyumbatan aliran darah. Penyumbatan dapat terjadi karena penumpukan timbunan lemak yang mengandung kolesterol (disebut plak) dalam pembuluh darah besar (arteri karotis) atau pembuluh darah sedang (arteri serebri) atau pembuluh darah kecil (Lanny, 2003: 12).

Menurut Profesor. S. M Lumbantobing, stroke iskemik adalah kematian jaringan otak karena pasokan darah yang tidak mencukupi. Hampir 80% penderita stroke merupakan penderita stroke jenis stroke iskemik (Alfred, 2007: 19).

Ada satu lagi jenis stroke yaitu stroke iskemik ringan (iskemik sementara) atau sering disebut dengan TIA (*Transient Ischemic Attack*) (Alfred, 2007: 18).

1. Gejala Stroke

Gejala stroke sebenarnya muncul sebelum serangan stroke tiba-tiba terjadi. Gejala-gejala tersebut dapat dikenali (Lanny, 2003: 17-19).

Adapun gejala serangan stroke sebagai berikut:

- a. Mendadak mati rasa disalah satu sisi saja pada bagian wajah, lengan atau kaki.
- b. Mendadak bingung atau bahkan sulit bicara.
- c. Mendadak mengalami kesulitan penglihatan.
- d. Mendadak mengalami merasa mual hingga muntah-muntah.
- e. Mendadak kehilangan keseimbangan atau kesulitan berjalan dan biasanya disertai rasa pusing.
- f. Mendadak mengalami sakit kepala tanpa penyebab yang jelas.

2. Faktor Penyebab Stroke

Faktor penyebab stroke dapat dibagi menjadi 2 yaitu (Lanny, 2003: 31-35)

a. Faktor yang Tidak Dapat Dikendalikan

Faktor penyebab stroke yang tidak dapat dikendalikan antara lain :

1) Usia

Usia yang semakin bertambah tua menjadikan tingkat resiko terkena stroke semakin tinggi. Resiko dapat berlipat ganda setelah berusia 55 tahun setiap kurun waktu sepuluh tahun.

2) Jenis kelamin

Jenis kelamin merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terkena stroke. Menurut hasil penelitian wanita lebih banyak meninggal karena stroke, tetapi sebenarnya pria memiliki resiko terkena stroke 1,25 lebih tinggi daripada wanita.

3) Keturunan-sejarah (riwayat) stroke dalam keluarga

Faktor keturunan merupakan salah satu penyebab terkena penyakit stroke. Faktor keturunan yang sangat berperan pada penyakit stroke adalah tekanan darah tinggi, penyakit jantung, diabetes dan cacat pada bentuk pembuluh darah.

b. Faktor yang Dapat Dikendalikan

Faktor penyebab stroke yang dapat dikendalikan antara lain :

1) Hipertensi

Hipertensi adalah suatu keadaan dimana tekanan darah di atas 140/90 mm/kg. Hipertensi merupakan faktor utama resiko yang menyebabkan pengerasan dan penyumbatan arteri. Penyumbatan arteri dapat menyebabkan terjadinya stroke iskemik. Sekitar 40 sampai 90 persen pasien stroke merupakan penderita hipertensi. Penderita hipertensi beresiko 4-6 kali lipat terkena penyakit stroke dibandingkan bukan penderita hipertensi.

2) Penyakit Jantung

Penyakit jantung juga merupakan salah satu faktor resiko penyebab penyakit stroke terutama penyakit jantung dengan jantung tidak teratur dibilik kiri atas atau disebut *atrial fibrillation*.

3) Diabetes

Diabetes disebabkan karena kadar gula yang tinggi yaitu mencapai ≥ 200 mg/dl, selain kadar gula faktor resiko penyebab diabetes adalah kadar trigliserida ≥ 250 mg/dl (Misnadiarly, 2006:

59-61). Seseorang yang menderita penyakit diabetes mempunyai resiko 3 kali lipat terkena penyakit stroke. Sekitar 40% penderita diabetes biasanya menderita hipertensi sehingga keadaan tersebut memperbesar resiko terkena penyakit stroke.

4) Kadar Kolesterol Darah

Kadar kolesterol yang tinggi dapat menyebabkan resiko terkena penyakit stroke. Kadar kolesterol dikatakan normal jika kurang dari 200 mg/dl dan jika di atas 240mg/dl maka dapat digolongkan berbahaya sehingga dapat menyebabkan resiko terkena stroke. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makanan kaya lemak jenuh dan kolesterol seperti daging, telur dan produk susu dapat meningkatkan kadar kolesterol.

B. Penelitian – Penelitian Terdahulu

Stroke merupakan salah satu penyakit yang dapat menyebabkan kecacatan hingga kematian. Stroke dapat dikenali lebih dini dan ada beberapa penelitian yang membahas tentang stroke. Hasil dari beberapa penelitian tersebut memberikan informasi dalam mendiagnosa stroke. Berikut penelitian-penelitian yang membahas tentang diagnosa penyakit stroke:

1. Penelitian yang dilakukan oleh M.Khusnul (2011) tentang yang berjudul diagnosa kemungkinan pasien terkena stroke. Pada penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu metode *Naive Bayes* dan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan hasil output adalah seseorang beresiko terkena stroke dan tidak terkena stroke. Hasil keberhasilan diagnosa pada

penelitian ini adalah 99% untuk metode Jaringan Syaraf Tiruan dan 97% untuk *metode Naive Bayes*.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Romy (2013) tentang diagnosa penyakit stroke iskemik. Pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan *MYSQL* dengan output yang dihasilkan adalah TIA, stroke Iskemik, dan beberapa penyakit yang berhubungan dengan stroke antara lain diabetes mellitus, hipertensi, gagal ginjal dan gagal jantung.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Thakur dkk (2009) tentang prediksi kemungkinan seseorang terserang stroke iskemik yang didasarkan pada gejala dan faktor resiko yang diberikan oleh pasien. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Neural Network* dengan hasil akurasi 99,99%.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Dhanwan dan Wadhe (2013) dengan menggunakan 2 pendekatan yaitu *traditional Neural Network* dan *new hybrid Neuro-Genetic* untuk diagnosa penyakit stroke. Hasil akurasi untuk *Neural Network* 78,52% pada data training dan 90,61% pada data testing sedangkan untuk *new hybrid Neuro-Genetic* 79,17% pada data training dan 98,67% pada data testing.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Cpalka dkk (2006) yang mengembangkan sistem *neuro-fuzzy* untuk diagnosa stroke berdasarkan 298 data stroke.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Cpalka dkk (2009) yang menerapkan sistem *neuro-fuzzy* berbasis S-implikasi dan selanjutnya pada penelitian ini juga mengurangi model linguistik.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, aplikasi menggunakan model *fuzzy* belum pernah dilakukan sehingga penelitian ini akan menggunakan model *fuzzy* dalam mendiagnosa penyakit stroke.

C. Himpunan *Fuzzy*

Teori himpunan *fuzzy* merupakan pengembangan dari himpunan tegas. Teori ini pertama kali dikenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh pada tahun 1965, seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Barkeley (Klir, 1997: 6).

Dalam himpunan tegas setiap x anggota himpunan A (dinotasikan $x \in A$) atau x bukan anggota A (dinotasikan $x \notin A$). Fungsi keanggotaan dinotasikan dengan μ sehingga dapat didefinisikan sebagai berikut (Ibrahim, 2004: 23)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases}$$

Dapat dikatakan bahwa pada himpunan tegas hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keanggotaan yaitu 0 dan 1.

Pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan terletak pada rentang $[0,1]$ untuk setiap elemannya. Himpunan yang mempunyai semua elemen di dalam semesta pembicaraan disebut dengan himpunan *universal* atau biasanya dilambangkan dengan U (Ibrahim, 2004: 24).

Definisi 2.1

Himpunan *fuzzy* A dalam himpunan *universal* U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan μ_A yang mengambil nilai di dalam interval $[0,1]$ (Wang, 1997: 21),

Definisi 2.1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$; nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x di A

Apabila elemen x pada himpunan A memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , dan jika elemen x pada himpunan A memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu (Sri, 2003: 158)

- a. Linguistik yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.

Contoh 2.1 :

Misalkan pada variabel umur yang dapat dikategorikan menjadi muda, paruh baya, agak tua dan tua.

- b. Numeris yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Contoh 2.2 :

Misal pada variabel umur diperoleh data numeris seperti 40, 52, 60 yang menunjukkan umur dari seseorang.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami system *fuzzy* yaitu (Sri, 2003: 158-159)

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

Contoh 2.3 :

Misalkan variabel *fuzzy* yang akan dibahas adalah usia, kolesterol, denyut nadi dan sebagainya

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*

Contoh 2.4 :

Pada variabel usia terbagi menjadi 4 himpunan *fuzzy* yaitu muda, paruh baya, agak tua dan tua.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh 2.5 :

Semesta pembicaraan untuk variabel kolesterol adalah [70,340].

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Contoh 2.6 :

Domain untuk himpunan *fuzzy* kolesterol adalah normal= [70,195], tinggi = [200,260], Sangat tinggi = [265,340].

1. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input kedalam derajat keanggotaan. Pendekatan fungsi merupakan

salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan derajat keanggotaan.

Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan (Sri, 2003: 160-173)

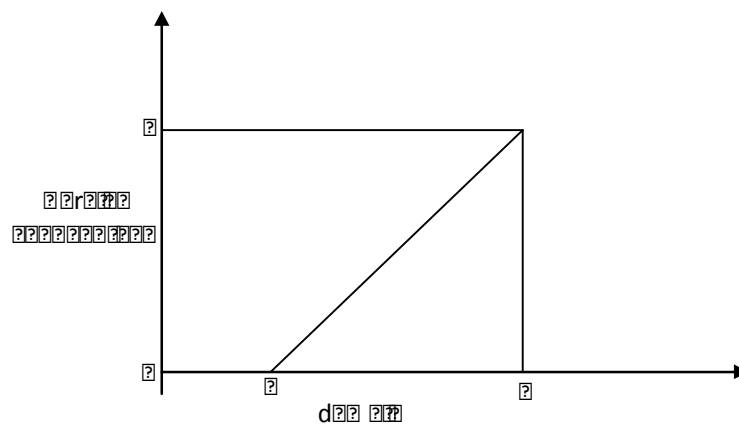
a. Representasi Linier

Pada representasi ini pemetaan input ke derajat keanggotaanya dapat digambarkan dengan pola garis lurus.

Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* linear.

1) Representasi Linier Naik

Pada representasi ini dimulai dari kenaikan pada nilai domain dengan derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Grafik ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Grafik Representasi Linier Naik

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases}$$

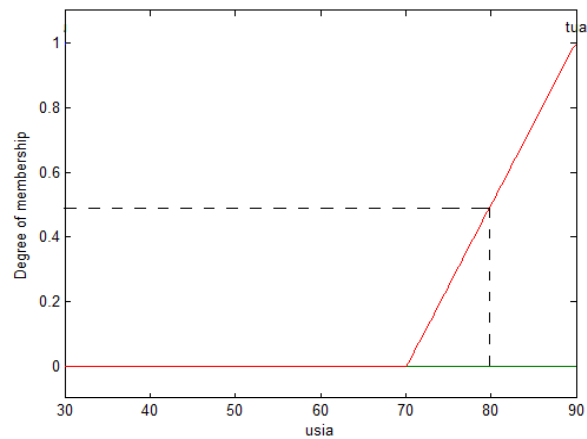
Contoh 2.7 :

Fungsi keanggotaan linier naik untuk himpunan *fuzzy* tua pada variabel umur dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$.

Berikut fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* tua:

$$\mu_{tua}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 70 \\ \frac{(x-70)}{20} & ; 70 \leq x \leq 90 \\ 1 & ; x \geq 90 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* : Usia Tua pada $U = [30,90]$

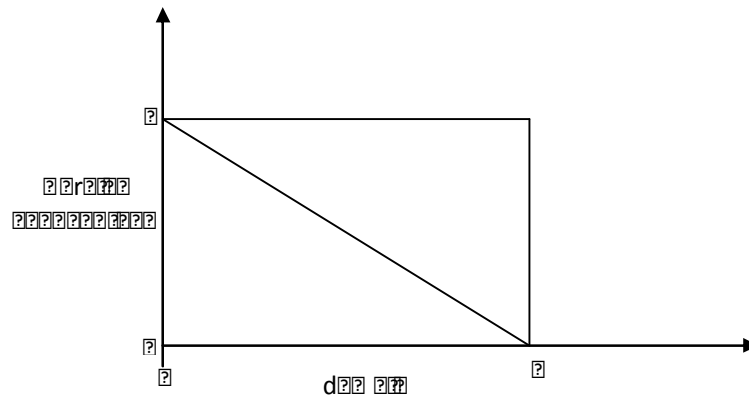
Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 80 pada himpunan *fuzzy* tua maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{tua}(80) = \frac{(80-70)}{20} = 0,5.$$

2) Representasi Linier Turun

Representasi Linier ini merupakan kebalikan dari yang pertama (representasi linier naik). Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan 1 bergerak kekanan menuju nilai

domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah. Grafik ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.3 Grafik Representasi Linier Turun

Fungsi keanggotaan :

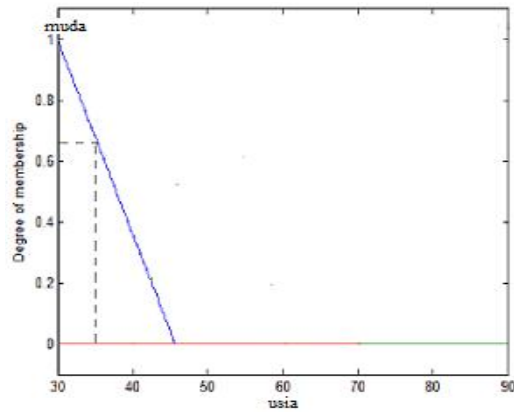
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases}$$

Contoh 2.8 :

Fungsi keanggotaan linier turun untuk himpunan *fuzzy* muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$ yaitu :

$$\mu_{muda}(x) = \begin{cases} \frac{(45-x)}{15} & ; 30 \leq x \leq 45 \\ 0 & ; x \geq 45 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.4.



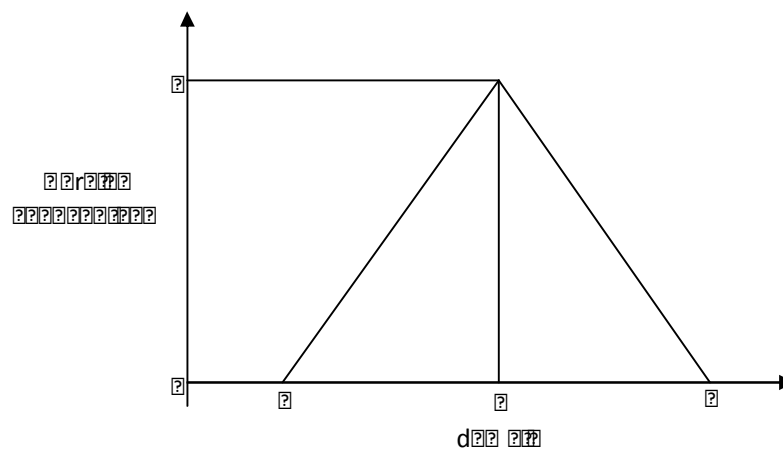
Gambar 2.4 Himpunan *Fuzzy* : Usia Muda pada $U = [30,90]$

Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan Usia 35 pada himpunan *fuzzy* muda maka perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{Muda}(35) = \frac{(45-35)}{15} = 0,67.$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan dari 2 garis linier yang digambarkan sebagai suatu segitiga. Grafik ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik Representasi Segitiga

Fungsi keanggotaan pada kurva segitiga ditandai dengan tiga parameter (a, b, c) yang akan menentukan koordinat domain dari tiga sudut. Fungsi keanggotaan untuk kurva segitiga yaitu:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

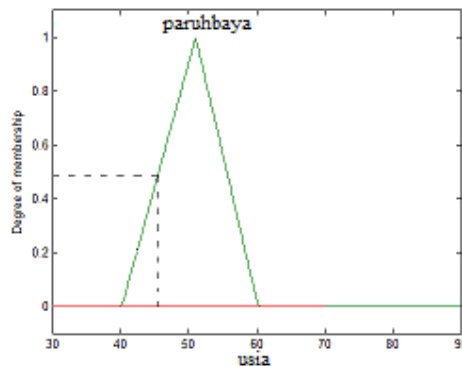
Contoh 2.9 :

Fungsi keanggotaan segitiga untuk himpunan *fuzzy* paruh baya pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$.

Berikut fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* paruh baya:

$$\mu_{\text{paruh baya}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 40 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{(x-40)}{10} & ; 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{(60-x)}{20} & ; 50 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.6 Himpunan *Fuzzy* : Usia Paruh baya pada $U = [30,90]$

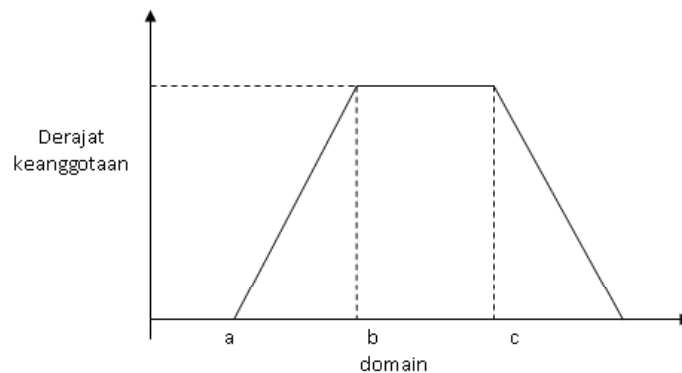
Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 45 pada himpunan *fuzzy* paruh baya maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{paruh_baya}(45) = \frac{(45-40)}{10} = 0,5.$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium digambarkan sebagai suatu trapesium, pada dasarnya seperti kurva segitiga, hanya saja beberapa titik yang memiliki derajat keanggotaan 1 yaitu pada domain [b,c]. Pada domain [a,b] terjadi kenaikan himpunan, sedangkan pada domain [c,d] terjadi penurunan himpunan.

Grafik ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Grafik Representasi Trapesium

Fungsi keanggotaan :

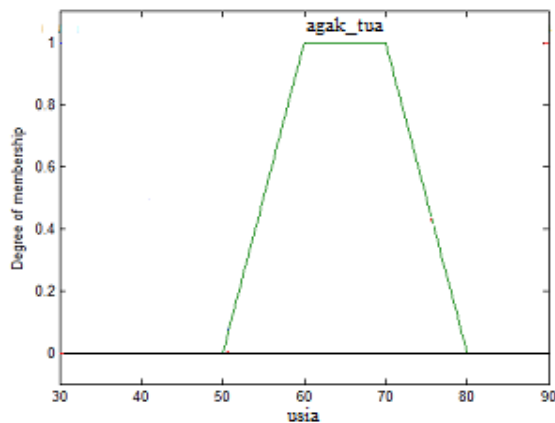
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c \leq x \leq d \end{cases}$$

Contoh 2.10 :

Fungsi keanggotaan trapesium untuk himpunan *fuzzy* agak_tua pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$ yaitu :

$$\mu_{agak\ tua}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{(x-50)}{10} & ; 50 \leq x \leq 60 \\ 1 & ; 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{(80-x)}{10} & ; 70 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 2.8 Himpunan *Fuzzy* : Usia Agak Tua pada $U = [30,90]$

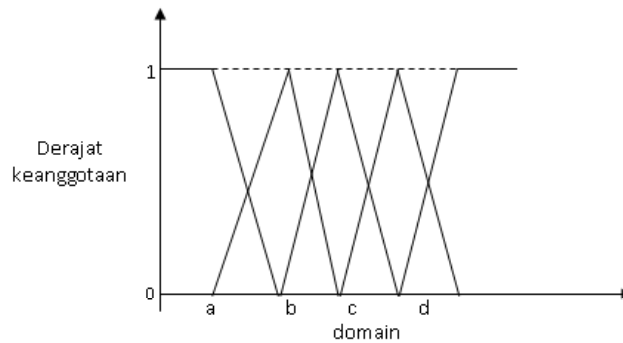
Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 55 pada himpunan *fuzzy* agak_tua maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{agak\ tua}(55) = \frac{(55-50)}{10} = 0,5.$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan pada variabel denyut nadi : rendah,

normal, tinggi). Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, dan bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 2.9 Grafik Representasi Bentuk Bahu

Banyaknya a, b, c, d, e, ... tergantung pada banyaknya himpunan *fuzzy* yang akan direpresentasikan. Fungsi keanggotaan pada representasi kurva bahu merupakan gabungan antara fungsi keanggotaan linier naik, fungsi keanggotaan linier turun, dan fungsi keanggotaan segitiga.

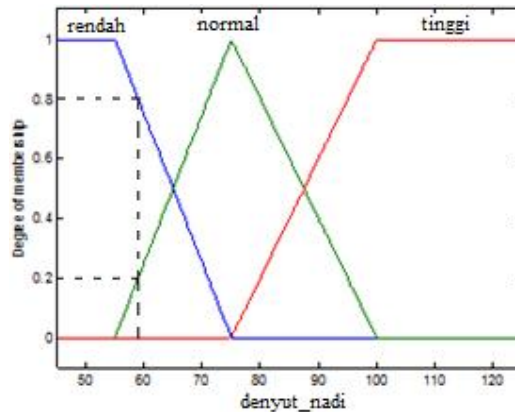
Contoh 2.11 :

Fungsi keanggotaan kurva bahu pada variabel Denyut Nadi dengan himpunan *universal* $U = [45,125]$ yaitu :

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{(75-x)}{20} & ; 55 \leq x \leq 75 \\ 0 & ; x \geq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 55 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{(x-55)}{20} & ; 55 \leq x \leq 75 \\ \frac{(100-x)}{25} & ; 75 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 75 \\ \frac{(x-75)}{25} & ; 75 \leq x \leq 100 \\ 1 & ; 100 \leq x \leq 125 \end{cases}$$



Gambar 2.10 Himpunan *Fuzzy* Denyut Nadi pada $U = [45,125]$

Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan 59 pada variabel denyut nadi maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}(59) = \frac{(75-59)}{20} = 0,8.$$

$$\mu_{normal}(59) = \frac{(59-55)}{20} = 0,2.$$

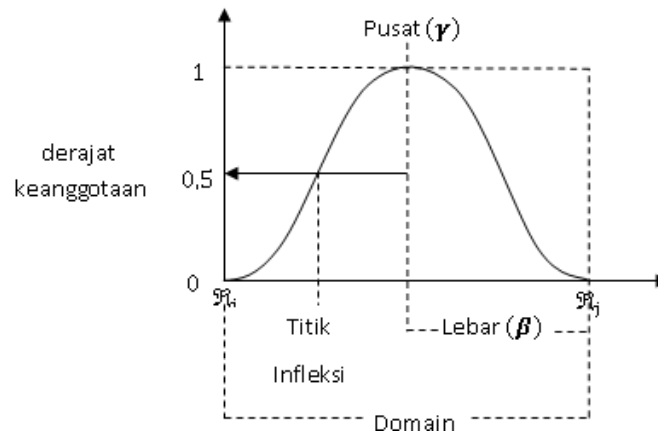
e. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Kurva lonceng biasa digunakan untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*.

Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu :

1) Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β). Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Grafik Representasi Kurva-PI

Fungsi keanggotaan :

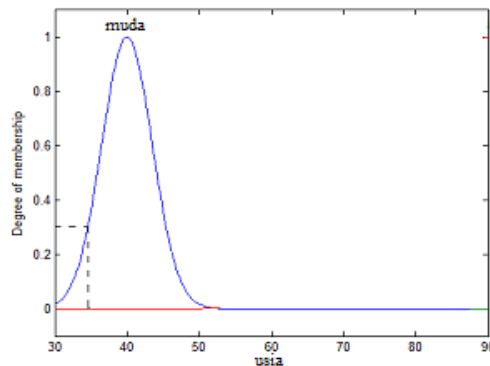
$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma) ; & x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta) ; & x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.12 :

Fungsi keanggotaan kurva-PI untuk himpunan *fuzzy* muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30, 90]$ yaitu :

$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; 40 - 30, 40 - \frac{30}{2}, 40) ; & x \leq 40 \\ 1 - S(x; 40, 40 + \frac{30}{2}, 40 + 30) ; & x > 40 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut :



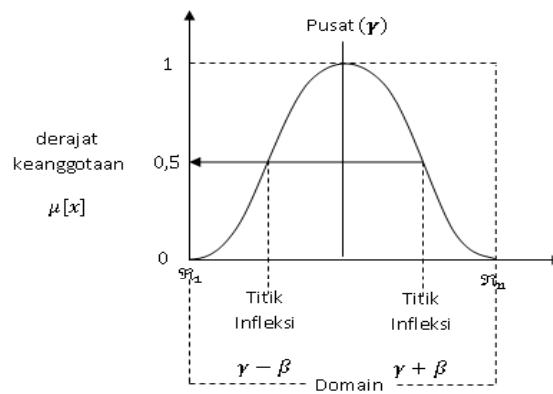
Gambar 2.12 Himpunan *Fuzzy* : Usia Muda pada $U = [30, 90]$

Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 35 pada himpunan muda maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{muda}(35) = 2 \left(\frac{40-35}{40-10} \right)^2 = 0,33.$$

2) Kurva Beta

Seperti halnya kurva PI, kurva ini juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva Beta berbentuk lonceng akan tetapi lebih rapat bila dibandingkan dengan kurva PI. Kurva beta didefinisikan dengan dua parameter yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β). Nilai kurva untuk suatu nilai domain x ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 2.13 Grafik Representasi Kurva-Beta

Fungsi keanggotaan :

$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^2}.$$

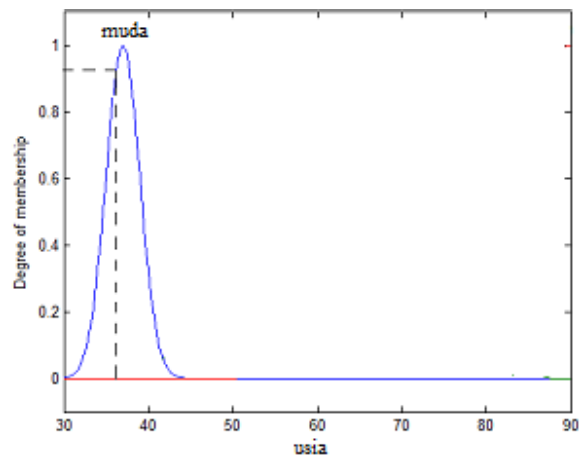
Perbedaan antara kurva Beta dan kurva PI yaitu pada fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai β sangat besar.

Contoh 2.13 :

Fungsi keanggotaan kurva-Beta untuk himpunan *fuzzy* muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$ yaitu :

$$B(x; 40,22) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-40}{22}\right)^2}.$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan sebagai berikut :



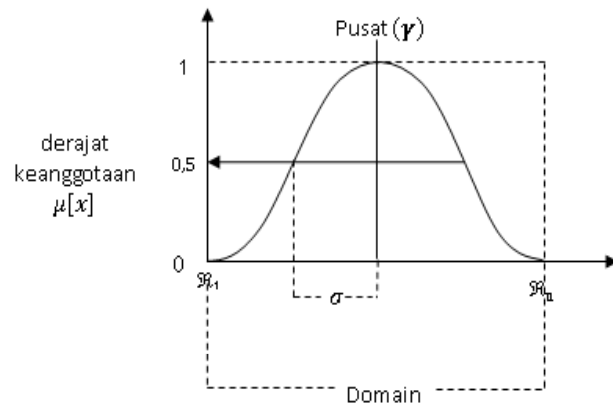
Gambar 2.14 Himpunan *Fuzzy* : Usia Muda pada $U = [30,90]$

Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 35 pada himpunan *fuzzy* usia muda maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{muda}(35) = \frac{1}{1 + \left(\frac{35-40}{22}\right)^2} = 0,9.$$

3) Kurva Gauss

Jika kurva PI dan Kurva Beta menggunakan 2 parameter yaitu gamma dan beta, kurva Gauss juga menggunakan menggunakan parameter γ untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan σ yang menunjukkan lebar kurva. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Grafik Representasi Kurva-Gauss

Fungsi keanggotaan :

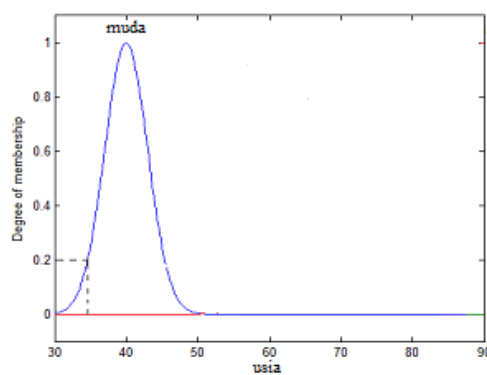
$$G(x; \sigma, \gamma) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2\sigma^2}}.$$

Contoh 2.14 :

Fungsi keanggotaan kurva-Gauss untuk himpunan *fuzzy* muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [30,90]$.

$$G(x; 3,40) = e^{-\frac{(x-40)^2}{2(3)^2}}.$$

Grafik fungsi keanggotaan ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Himpunan *Fuzzy* : Usia Muda pada $U = [30,90]$

Misalkan untuk mengetahui derajat keanggotaan usia 38 pada himpunan *fuzzy* usia muda maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\mu_{muda}(38) = e^{-\frac{(38-40)^2}{2(3)^2}} = 0,2.$$

2. Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Ada beberapa operasi yang dapat digunakan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Derajat keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering disebut dengan *fire strength* atau α – *predikat*. Terdapat 3 operator dasar yang diciptakan oleh zadeh yaitu (Sri,2003:175-176)

a. Operator *AND* (\cap)

Operator *AND* merupakan operator yang berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator *AND* diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* pada U, maka himpunan *fuzzy* $A \cap B$ didefinisikan dengan fungsi keanggotaan berikut.

$$\mu_{A \cap B}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)), \forall x, y \in U.$$

Contoh 2.15:

Misalkan derajat keanggotaan denyut nadi 55 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah 0,5 dan derajat keanggotaan gula darah sewaktu 120 pada himpunan *fuzzy* normal adalah 1. Dapat ditentukan α – *predikat* untuk denyut nadi rendah dan gula darah sewaktu normal adalah :

$$\mu_{rendah \cap normal}(55, 120) = \min(\mu_{rendah}(55), \mu_{normal}(120))$$

$$\begin{aligned}\mu_{rendah \cap normal}(55,120) &= \min(0,5 ; 1) \\ &= 0,5.\end{aligned}$$

b. Operator *OR* (\cup)

Operator *OR* merupakan operator yang berhubungan dengan operasi *union* pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator *OR* diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* pada *U*, maka himpunan *fuzzy* $A \cup B$ didefinisikan dengan fungsi keanggotaan berikut.

$$\mu_{A \cup B}(x, y) = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)), \forall x, y \in U.$$

Contoh 2.16 :

Misalkan derajat keanggotaan denyut nadi 55 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah 0,5 dan derajat keanggotaan gula darah sewaktu 120 pada himpunan *fuzzy* normal adalah 1. Dapat ditentukan α – *predikat* untuk denyut nadi rendah dan gula darah sewaktu normal adalah :

$$\begin{aligned}\mu_{rendah \cup normal}(55,120) &= \max(\mu_{rendah}(55), \mu_{normal}(120)) \\ &= \max(0,5 ; 1) = 1.\end{aligned}$$

c. Operator NOT

Operator NOT merupakan operator yang berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi derajat keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Misalkan A adalah himpunan *fuzzy*

pada U . Sedangkan A' merupakan komplemen dari suatu himpunan *fuzzy* A , maka himpunan *fuzzy* A' didefinisikan dengan fungsi keanggotaan berikut:

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x).$$

Contoh 2.17 :

Misal A adalah himpunan *fuzzy* laki-laki dan A' merupakan komplemen dari himpunan *fuzzy* laki-laki atau dapat dikatakan A' adalah himpunan *fuzzy* perempuan. Misalkan derajat keanggotaan jenis kelamin pada himpunan *fuzzy* laki-laki adalah 1 maka α – *predikat* untuk jenis kelamin perempuan adalah :

$$\mu_{A'}(1) = 1 - \mu_A(1) = 1 - 1 = 0.$$

D. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika klasik. Proposisi logika klasik hanya mengenal benar atau salah dengan proposisi nilai 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* menyamaratakan 2 nilai logika klasik dengan membiarkan proposisi nilai kebenaran pada interval $[0,1]$ (Wang, 1997: 73). Berikut diberikan contoh logika *fuzzy* yaitu “ jika kolesterol tinggi, maka terdiagnosa iskemik sedang”.

Logika *fuzzy* memiliki beberapa kelebihan antara lain : (Sri, 2003: 154)

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti dengan konsep matematis sebagai dasar dari penalaran *fuzzy* yang sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.

5. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para ahli secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

E. Model *FUZZY*

1. Model *Fuzzy*

Model *fuzzy* dapat diartikan sebagai deskripsi linguistik (aturan *fuzzy* Jika-Maka) yang lengkap tentang proses yang dapat dikombinasikan kedalam model (Wang, 1997: 265).

a. Model Mamdani

Metode Mamdani ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 atau sering disebut dengan Metode *Max-Min*.

Pada metode ini diperlukan beberapa tahap untuk mendapatkan output, antara lain (Sri, 2003: 186)

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode mamdani, variabel input dan variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

Contoh 2.18 :

Misalkan variabel input usia dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu muda dan paruh baya serta variabel output dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu tidak stroke dan stroke iskemik.

2. Pembentukan Aturan

Aturan pada model ini secara umum dapat dipresentasikan sebagai berikut:

Jika $(x_1 \text{ is } A_1)$ dan $(x_2 \text{ is } A_2)$ dan $(x_n \text{ is } A_n)$ Maka $(y \text{ is } B)$.

dengan $(x_1 \text{ is } A_1)$ $(x_n \text{ is } A_n)$ menyatakan input sedangkan $(y \text{ is } B)$ menyatakan output dengan $x_1 \dots x_n$ dan y menyatakan variabel dan $A_1 \dots A_n$ dan B menyatakan himpunan *fuzzy*.

Pada metode ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

Contoh 2.19 :

Misalkan derajat keanggotaan usia 57 pada himpunan *fuzzy* muda adalah 0,023 dan himpunan *fuzzy* paruh baya adalah 0,927. Derajat keanggotaan kolesterol 240 pada himpunan *fuzzy* normal adalah 0,0019 dan himpunan *fuzzy* tinggi adalah 0,925. Aturan *fuzzy* yang digunakan sebagai berikut :

Rule 1 → Jika usia muda dan kolestrol normal maka tidak stroke.

Rule 2 → Jika usia paruh baya dan kolesterol normal maka stroke iskemik.

Rule 3 → Jika usia paruh baya dan kolesterol tinggi maka stroke iskemik.

Hasil implikasi ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Fungsi Implikasi

rule	usia	kolesterol	Hasil implikasi
1	0,023	0,0019	0,0019
2	0,927	0,0019	0,0019
3	0,023	0,925	0,023

3. Komposisi Aturan

Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang biasa digunakan dalam melakukan inferensi adalah metode Max (*Maximum*).

Pada metode *max* solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan yang kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator *OR* (union/gabungan). Jika semua proposisi telah dievaluasi maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang menggambarkan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max_i(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]).$$

dengan

$\mu_{sf}[x_i]$ menyatakan derajat keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}[x_i]$ menyatakan derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i.

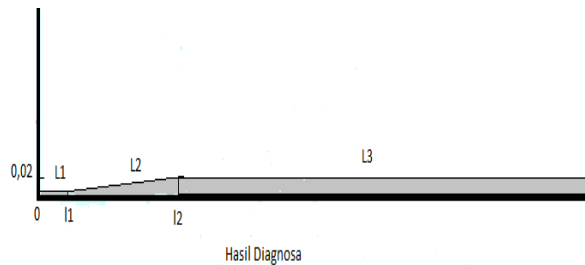
Contoh 2.20 :

Misalkan fungsi keanggotaan tidak stroke adalah $e^{-\frac{(x-0)^2}{2(0,15)^2}}$ dan stroke iskemik adalah $e^{-\frac{(x-1)^2}{2(0,27)^2}}$. Pada Contoh 2.19 telah diperoleh hasil implikasi dan selanjutnya inferensi dilakukan dengan metode *max*. Hasil ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil Inferensi dengan Metode Max

rule	Hasil implikasi	Hasil Diagnosa	
		Tidak stroke	iskemik
1	0,0019	0,0019	
2	0,0019		0,023
3	0,023		

Hasil komposisi aturan tersebut seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.17 Daerah Hasil Komposisi

Berdasarkan gambar di atas, daerah hasil dibagi menjadi 3 yaitu

L1, L2 dan L3 sehingga akan dicari l_1 dan l_2 .

$$0,0019 = e^{\frac{(l_1-0)^2}{2(0,15^2)}} \quad \rightarrow \quad l_1 = 0,05.$$

$$0,023 = e^{\frac{(l_2-1)^2}{2(0,27^2)}} \quad \rightarrow \quad l_2 = 0,26.$$

Jadi fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi adalah:

$$\mu(y) = \begin{cases} 0,0019; y \leq 0,05 \\ e^{\frac{(y-1)^2}{2(0,27^2)}}; 0,05 \leq y \leq 0,26 \\ 0,023; y \geq 0,26 \end{cases}$$

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Defuzzifikasi adalah komponen penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*. Defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi

yang diinginkan dari suatu daerah konsekuan *fuzzy* (Setiadji, 2009: 187).

Ada beberapa metode defuzzifikasi antara lain : (Sri, 2003: 190)

1) Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (y^*) daerah *fuzzy*, secara umum dirumuskan

$$y^* = \frac{\int_y y \mu(y) dy}{\int_y \mu(y) dy} \quad ; \text{ untuk variabel kontinu}$$

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(y_i)} \quad ; \text{ untuk variabel diskret}$$

dengan y menyatakan nilai tegas.

$\mu(y)$ menyatakan derajat keanggotaan dari nilai tegas y .

Contoh 2.21 :

Pada Contoh 2.20 telah diperoleh hasil komposisi selanjutnya dihitung momen pada setiap daerah.

$$M_1 = \int_0^{0,05} y (0,0019) dy = 2,375 \times 10^{-6} .$$

$$M_2 = \int_{0,05}^{0,26} y \left(e^{-\frac{(y-1)^2}{2(0,27)^2}} \right) dy = 3,725 \times 10^{-4} .$$

$$M_3 = \int_{0,26}^1 y (0,023) dy = 0,01072 .$$

Selanjutnya hitung luas setiap daerah:

$$L_1 = 0,05 \times 0,0019 = 1,235 \times 10^{-3} .$$

$$L_2 = \int_{0,05}^{0,26} \left(e^{-\frac{(y-1)^2}{2(0,27)^2}} \right) dy = 0,0019 .$$

$$L_3 = (1 - 0,26) \times 0,023 = 0,01072 .$$

Kemudian menentukan titik pusat (y^*) sebagai berikut:

$$y^* = \frac{2,375 \times 10^{-6} + 3,725 \times 10^{-4} + 0,01072}{1,235 \times 10^{-3} + 0,0019 + 0,01072} = 0,8007 .$$

Hasil defuzzifikasi tersebut disubstitusikan kedalam fungsi keanggotaan pada setiap output untuk mengetahui hasil dari output (hasil diagnosa).

a. Tidak Stroke

$$\mu_{tidak_stroke} = e^{-\frac{(0,8-0)^2}{2(0,15)^2}} = 6,658 \times 10^{-7} .$$

b. Stroke Iskemik

$$\mu_{iskemik} = e^{-\frac{(0,8-1)^2}{2(0,27)^2}} = 0,76 .$$

Berdasarkan hasil tersebut diperoleh derajat keanggotaan terbesar pada stroke iskemik. Jadi dapat disimpulkan bahwa hasil diagnosa adalah stroke iskemik.

2) Metode *Maximum*

Metode *defuzzifikasi Maximum* memilih y^* sebagai titik pada V dengan $\mu_{A^l}(y)$ mencapai nilai maksimum.

Pernyataan berikut dapat didefinisikan sebagai berikut (Wang, 1997: 112)

$$hgt(A^l) = \{y \in V \mid \mu_{A^l}(y) = \sup_{y \in V} \mu_{A^l}(y)\}.$$

dengan demikian $hgt(A^l)$ adalah himpunan dari semua titik $V \subset R$ dimana $\mu_{A^l}(y)$ mencapai nilai maksimumnya. Defuzzifikasi maksimum mendefinisikan y^* sebagai semua elemen acak dalam $hgt(A^l)$, dengan demikian $y^* =$ suatu titik di $hgt(A^l)$. Jika $hgt(A^l)$ terdiri dari titik tunggal maka y^* didefinisikan secara khusus. Jika

$hgt(A^l)$ terdiri lebih dari 1 titik maka dapat menggunakan metode *mean of Maximum, smallest of Maximum, largest of Maximum*.

a) Metode *Smallest of Maximum (SOM)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum (Sri, 2003: 190). Defuzzifikasi *Smallest of Maximum* didefinisikan sebagai berikut (Wang, 1997: 112)

$$y^* = \inf\{y \in hgt(A^l)\}.$$

b) Metode *Mean of Maximum (MOM)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum (Sri, 2003: 190).

Defuzzifikasi *Mean of Maximum* didefinisikan sebagai berikut (Wang, 1997: 112)

$$y^* = \frac{\int_{hgt(A^l)} y dy}{\int_{hgt(A^l)} dy}.$$

c) Metode *Largest of Maximum (LOM)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum (Sri, 2003: 190). Defuzzifikasi *Largest of Maximum* didefinisikan sebagai berikut (Wang, 1997: 112)

$$y^* = \sup\{y \in hgt(A^l)\}.$$

Lemma 2.1. Jika himpunan *fuzzy* B^1 adalah *fuzzy singleton*, sehingga jika

$$\mu_{B^1}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x = x^* \\ 0 & \text{yang lain} \end{cases} \dots \dots \dots (2.1.1)$$

dengan x^* suatu titik dalam U , maka sistem inferensi *product*, diberikan sebagai berikut

$$\mu_{A^l}(y) = \max_{i=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l}(x_i) \mu_{A^l}(y) \right] \dots \dots \dots (2.1.2)$$

Bukti :

Diketahui sistem persamaan *product* adalah

$$\mu_{A^l}(y) = \max_{i=1}^M \left[\sup_{x \in U} \mu_{B^1}(x) \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l}(x_i) \mu_{A^l}(y) \right] \dots \dots \dots (2.1.3)$$

Substitusikan 2.1.1 kedalam 2.1.3 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \mu_{A^l}(y) &= \max_{i=1}^M \left[1 \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l}(x_i) \mu_{A^l}(y) \right] \\ \mu_{A^l}(y) &= \max_{i=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l}(x_i) \mu_{A^l}(y) \right] \dots \dots \dots (2.1.4) \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh $2.1.4 = 2.1.2$.

Lemma 2.2. Andaikan himpunan *fuzzy* A^1 (dalam aturan IF-THEN) adalah normal dengan pusat y^1 , maka system *fuzzy* dengan aturan *fuzzy*, sistem inferensi *product*, fuzzifikasi *singleton* dan defuzzifikasi *Maximum*, adalah (Wang, 1997: 122) :

$$f(x) = y^{l*} \dots \dots \dots (2.2.1)$$

dengan $l^* \in \{1, 2, \dots, M\}$ sedemikian sehingga

$$\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^{l^*}}(x_i) \geq \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l}(x_i) \dots \dots \dots (2.2.2)$$

untuk semua $l = 1, 2, \dots, M$

Bukti

Dari lemma 2.1, diketahui $x = x^*$, sehingga

$$\sup_{y \in V} \mu_{A^l}(y) = \sup_{y \in V} \max_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l(x_i)} \mu_{A^l}(y) \right] \dots \quad (2.2.3)$$

Misal $\sup_{y \in A}$ dan $\max_{l=1}^M$ dapat ditukarkan dan A^l normal, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \sup_{y \in V} \mu_{A^l}(y) &= \max_{l=1}^M \left[\sup_{y \in V} \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l(x_i)} \mu_{A^l}(y) \right] \\ &= \max_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l(x_i)} \right] \\ &= \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^{l^*}(x_i)} \dots \dots \dots (2.2.4). \end{aligned}$$

dengan l^* didefinisikan untuk (2.2.2). Misal $\mu_{A^l}(y^{l^*}) \leq 1$ ketika $l \neq l^*$ dan $\mu_{A^l}(y^{l^*}) = 1$, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \mu_{A^l}(y^{l^*}) &= \max_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{B_i^l(x_i)} \mu_{A^l}(y^{l^*}) \right] \\ \mu_{A^l}(y^{l^*}) &= \prod_{i=1}^n \mu_{B_i^{l^*}(x_i)} \dots \dots \dots (2.2.5). \end{aligned}$$

Karena $\sup_{y \in A}$ didalam (2.2.3) mencapai y^{l^*} . Gunakan

defuzzifikasi *maximum*

$y^* =$ suatu titik di hgt (A^l) sehingga diperoleh

$y^* = y^{l^*}$ atau $f(x) = y^{l^*}$.

Contoh 2.22 :

Pada contoh ini akan digunakan kembali Contoh 2.19. metode ini langkah awal yang dilakukan adalah mencari hasil kali derajat keanggotaan. Hasil ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hasil Kali Derajat Keanggotaan.

rule	usia	kolesterol	Hasil Kali	Titik Pusat
1	0,023	0,0019	0,000043	0
2	0,927	0,0019	0,0018	1
3	0,023	0,925	0,0213	1

Berdasarkan Tabel 2.3 akan ditentukan nilai titik pusat untuk menentukan hasil diagnosa dengan defuzzifikasi *Maximum*, yaitu:

- 1) Nilai maksimum dari hasil kali derajat keanggotaan masing-masing input pada setiap aturan *fuzzy* diperoleh 0,0213.
- 2) Hasil kali derajat keanggotaan saat bernilai 0,0213 terletak pada aturan ke-3 dengan nilai 1. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai 1 menunjukkan hasil diagnosa stroke iskemik.

c. Model Tsukamoto

Pada model ini setiap aturan yang berbentuk Jika-Maka direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton sehingga output hasil referensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan α -predikat (*fire strength*) dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Rumus rata-rata terbobot diberikan sebagai berikut (Sri, 2003: 180)

$$y^* = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}.$$

Contoh 2.23:

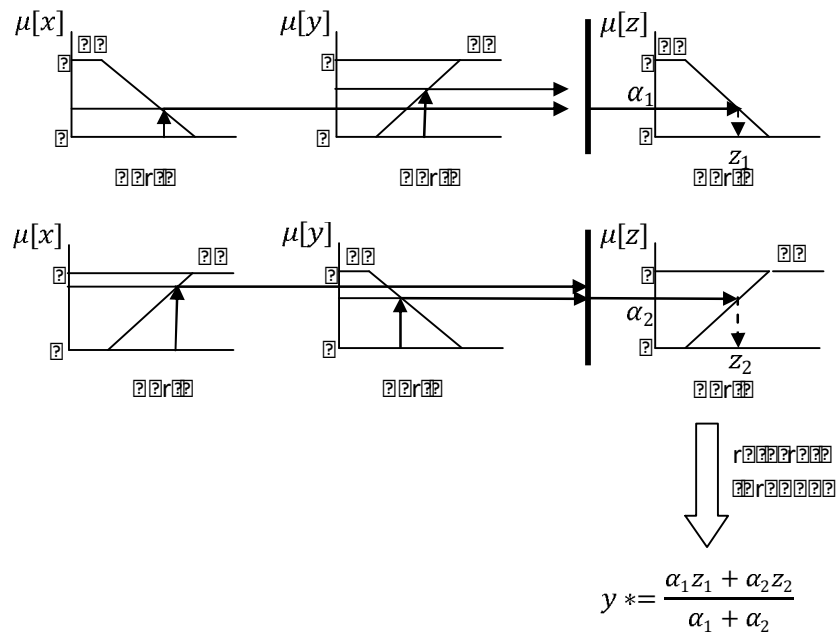
Misal ada 2 input yaitu kolesterol (Var-1(x)) dan tekanan darah (Var-2(y)) dengan output hasil diagnosa (Var-3(z)), dimana Var-1 terbagi atas 2 himpunan yaitu A1 dan A2. Var-2 terbagi atas himpunan yaitu B1 dan B2 dan Var-3 terbagi atas C1 (tidak terdiagnosa stroke) dan C2 (terdiagnosa stroke iskemik).

Aturan yang akan digunakan adalah:

Rule 1 → Jika (x is A1) dan (y is B2) Maka (z is C1).

Rule 2 → Jika (x is A2) dan (y is B1) Maka (z is C2).

Kedua aturan tersebut dapat dipresentasi pada Gambar 2.18 dan untuk hasil akhir diperoleh dengan rata-rata berbobot.



Gambar 2.18 Inferensi *Fuzzy* dengan Menggunakan Metode Tsukamoto (Sri, 2003: 181)

d. Model Sugeno

Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Penalaran model ini hampir sama dengan model *fuzzy* Mamdani, perbedaanya terletak pada output (konsekuen) yang dihasilkan. Pada model ini output yang dihasilkan berupa konstanta atau persamaan linier (Sri, 2003: 194).

Secara umum aturan pada model ini dipresentasikan sebagai berikut:

Jika $(x_1 \text{ is } A_1^l)$ dan $(x_2 \text{ is } A_2^l)$ dan $(x_n \text{ is } A_n^l)$ Maka $y^l = a_0^l + a_1^l x_1 + \dots + a_n^l x_n$.

dengan A_i^l adalah himpunan *fuzzy*, a_i^l adalah suatu konstanta dan $l = 1, 2, \dots, M$. Output (konsekuen) model ini merupakan kombinasi linier dari variabel input. Jika diberikan input $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in U \subset \mathbb{R}^n$ dan output $f(x) \in V \subset \mathbb{R}$, maka untuk menghitung $f(x)$, digunakan rumus berikut (Wang, 1997: 265)

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^M y^l w^l}{\sum_{l=1}^M w^l}.$$

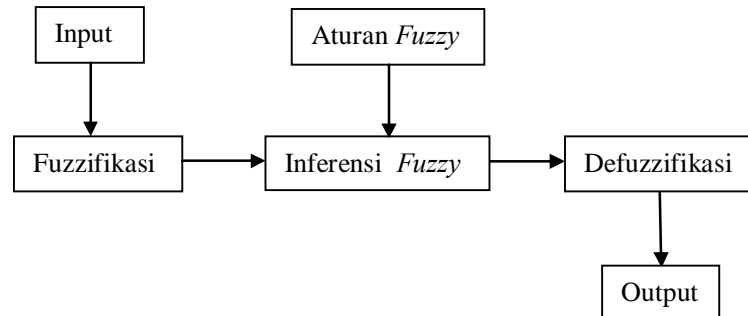
dengan $y^l =$ solusi

$w^l =$ derajat keanggotaan.

w^l dapat dihitung dari $w^l = \prod_{i=1}^n \mu_{C_i^l}(x_i)$.

2. Langkah – langkah Pemodelan *Fuzzy*

Proses pemodelan *fuzzy* dapat digambarkan pada diagram berikut:



Gambar 2.19 Proses Pemodelan *Fuzzy* (Wang, 1997: 7)

Berdasarkan Gambar 2.19, langkah-langkah pemodelan *fuzzy* dilakukan sebagai berikut:

a. Menentukan Input dan Output

Input merupakan variabel/data yang akan dimasukkan pada suatu sistem untuk memperoleh model.

Output merupakan hasil dari keluaran atau kesimpulan dari input pada suatu sistem.

b. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai pemetaan dari himpunan tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ kedalam himpunan *fuzzy* $A' \in U$. Untuk merancang fuzzifikasi diawali dengan mengubah input himpunan tegas x^* kedalam nilai keanggotaan dengan fungsi keanggotaan menjadi himpunan *fuzzy* A' . Fuzzifikasi dapat membantu menyederhanakan perhitungan dalam sistem himpunan *fuzzy*. Ada beberapa jenis fuzzifikasi yang dapat digunakan. Salah satunya adalah fuzzifikasi *singleton*.

Fuzzifikasi *Singleton* memetakan himpunan tegas $x^* \in U$ kedalam *fuzzy singleton* $A' \in U$ dengan derajat keanggotaan 1 jika pada x^* dan 0 untuk yang lain, sehingga dapat dituliskan (Wang, 1997: 105)

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x = x^* \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

c. Menentukan Aturan *Fuzzy*

Sebuah pengetahuan aturan *fuzzy* dipresentasikan dalam aturan *fuzzy* Jika-Maka.

Aturan *fuzzy* Jika-Maka dapat dipresentasikan dalam pernyataan berikut (Jang, 1997: 59)

Jika x is A , maka y is B .

dengan A dan B menyatakan himpunan *fuzzy* dan " x is A " disebut anteseden (premis) sedangkan " y is B " disebut konsekuen (kesimpulan).

Aturan Jika-Maka dapat dipresentasikan pada beberapa variabel anteseden dan satu variabel konsekuen dengan operator AND atau operator OR. Aturan dapat dinyatakan sebagai berikut (Wang, 1997: 91)

Jika $(x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_n)$ Maka $(y \text{ is } B)$.

dengan $(x_1 \text{ is } A_1) \dots \dots \dots (x_n \text{ is } A_n)$ menyatakan anteseden sedangkan $(y \text{ is } B)$ menyatakan konsekuen dan " \cdot " menyatakan operator himpunan *fuzzy* (misal AND atau OR).

Contoh 2.24: Misalkan

x_1 menyatakan usia.

x_2 menyatakan kolesterol.

x_3 menyatakan tekanan darah

A_1 menyatakan himpunan *fuzzy* umur yaitu muda, paruh baya, agak tua, tua.

A_2 menyatakan himpunan *fuzzy* kolesterol yaitu normal, tinggi, sangat tinggi.

A_3 menyatakan himpunan *fuzzy* tekanan darah yaitu normal, tinggi, sangat tinggi.

y menyatakan hasil diagnosa.

B menyatakan himpunan *fuzzy* hasil diagnosa yaitu tidak stroke, TIA, Iskemik sedang, iskemik berat.

Jika akan dibuat menjadi aturan *fuzzy*, maka dapat dituliskan sebagai berikut:

Jika x_1 muda and x_2 tinggi and x_3 tinggi Maka y iskemik sedang.

d. Melakukan Inferensi *fuzzy*

Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang biasa digunakan dalam melakukan inferensi adalah metode Max (*Maximum*).

e. Melakukan Defuzifikasi

Defuzifikasi adalah komponen penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*. Defuzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuan *fuzzy* (Setiadji, 2009: 187).

f. Menentukan Tingkat Keberhasilan

Tingkat keberhasilan suatu model dapat diukur dari nilai *Sensitivity*, *Specificity*, dan *Accuracy*.

1) *Sensitivity*

Sensitivity merupakan ukuran ketepatan suatu kejadian yang diinginkan. Nilai *Sensitivity* dapat dihitung dengan rumus berikut (Fourina, 2012: 149):

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% .$$

2) *Specificity*

Specificity merupakan ukuran yang menyatakan presentase kejadian-kejadian yang tidak diinginkan. Nilai *Specificity* dapat dihitung dengan rumus berikut (Fourina, 2012: 149):

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% .$$

3) *Accuracy*

Accuracy merupakan ukuran ketepatan/kedekatan hasil pemodelan dengan kenyataannya (persoalan yang sebenarnya).

Nilai *accuracy* dapat dihitung dengan rumus berikut (Fourina, 2012: 149):

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% .$$

Keterangan :

TP (True Positif) : data positif yang terindikasi benar.

TN (True Negatif) : data negative yang terindikasi benar.

FP (False Positif) : data positif yang terindikasi salah.

FN (False Negatif) : data negative yang terindikasi salah.

F. *Fuzzy Inference System (FIS)*

FIS dapat dibangun dengan 2 metode, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Pada metode Mamdani keluaran FIS berupa *fuzzy set* dan bukan sekedar inversi dari fungsi keanggotaan output. Pada metode Sugeno FIS dapat diaplikasikan pada sembarang model inferensi sistem dimana fungsi keanggotaan keluaran adalah konstan atau linier (Agus, 2009: 29-35).

Proses *Fuzzy Inference* dapat dibagi menjadi 5 bagian :

1. *Fuzzifikasi Input*

Fuzzy Inference System (FIS) mengambil masukan-masukan dan menentukan derajat keanggotaannya dalam semua himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan masing-masing himpunan *fuzzy*.

2. *Operasi Fuzzy Logic*

Operasi *fuzzy* yang digunakan adalah operasi AND dan OR. (telah dijelaskan pada bagian Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*).

3. *Implikasi*

Implikasi adalah proses mendapatkan keluaran sebuah aturan IF-THEN berdasarkan derajat kebenaran pada input. Implikasi akan mengubah bentuk himpunan *fuzzy* keluaran yang dihasilkan dari keluaran.

4. Agregasi

Agregasi dilakukan setelah melakukan proses implikasi. Pada dasarnya agregasi adalah operasi logika *fuzzy* OR dengan masukannya adalah semua himpunan *fuzzy* keluaran dari aturan IF-THEN.

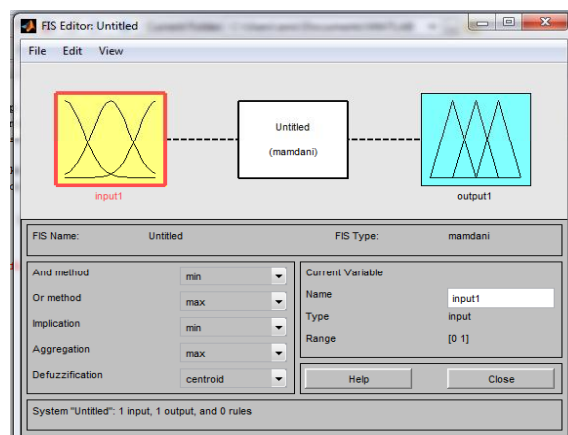
5. Defuzzifikasi

Pada Matlab telah disediakan *Fuzzy Logic Toolbox*. *Fuzzy Logic Toolbox* dapat digunakan untuk membangun sistem *fuzzy* dengan *Graphical User Interface* (GUI).

Pada *Fuzzy Logic Toolbox* terdapat 5 jenis GUI untuk keperluan rancang bangun FIS antara lain: (Agus, 2009: 80-94)

1. FIS Editor

FIS Editor dapat dipanggil dengan mengetikkan tulisan “*fuzzy*” pada *Command window*, sehingga akan muncul gambar seperti gambar berikut :

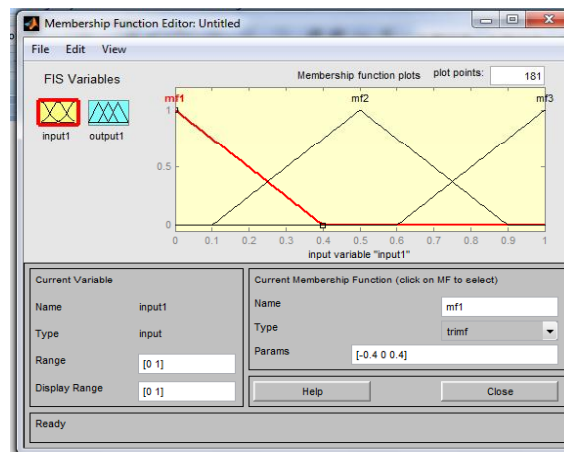


Gambar 2.20 FIS Editor

2. *Membership Function Editor*

Editor ini dapat dipanggil dari FIS Editor dengan cara pilih **view** → **Edit Membership Function Editor** atau *double click* ikon variabel input/output.

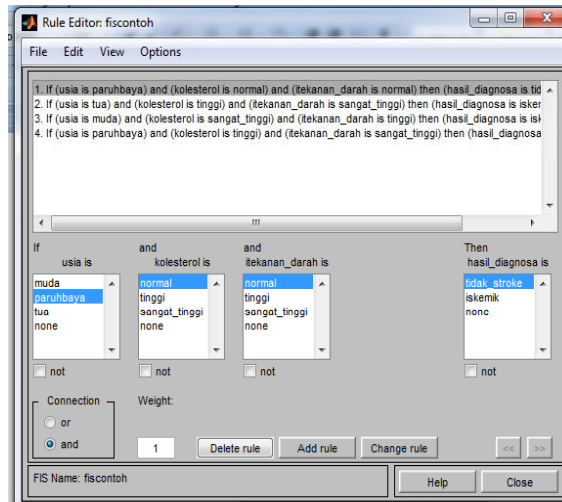
Gambar ditunjukkan seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.21 *Membership Function Editor*

3. *Rule Editor*

Rule Editor dapat dipanggil dengan cara pilih **view** → **Edit Rules**. *Rule* dapat mendefinisikan aturan jika-maka dengan mudah yaitu dengan mengklik sebuah item opsi nilai linguistik untuk tiap variabel FIS. Tampilan *rule editor* ditunjukkan pada Gambar 2.22.

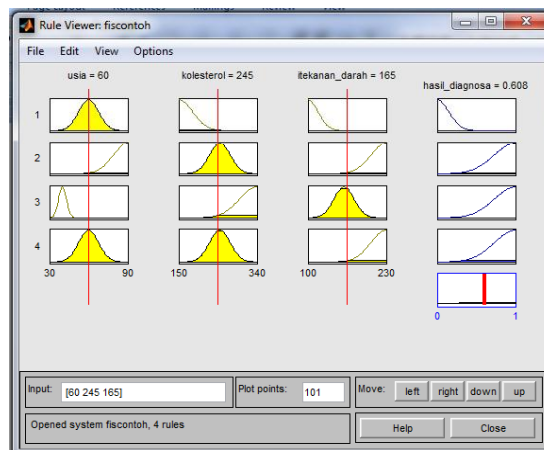


Gambar 2.22 Rule Editor

4. Rule Viewer

Rule Viewer dapat dipanggil dengan memilih menu **view** → **view rule**.

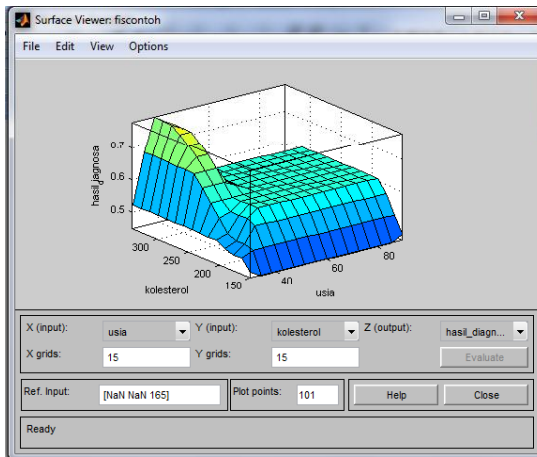
Rule Viewer menampilkan proses keseluruhan dalam FIS. Tampilan rule viewer ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.23 Rule Viewer

5. *Surface Viewer*

Surface Viewer dapat dipanggil dengan memilih menu **view** → **view surface**. Tampilan *rule viewer* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.24 *Surface Viewer*

Dalam rancang bangun FIS, kelima GUI *Fuzzy Logic Toolbox* tersebut saling mempengaruhi dengan kata lain jika ada perubahan yang dibuat dalam satu GUI maka akan mempengaruhi GUI yang lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode dokumentasi. Pada penelitian ini data diperoleh dari hasil rekam medis yang telah dikumpulkan pihak Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

B. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pasien stroke iskemik di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta .

Sampel yang diambil pada penelitian ini merupakan data pasien stroke iskemik dengan catatan informasi data yang lengkap. Sampel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 115 sampel yang diperoleh dari bagian rekam medis.

C. Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder internal, karena pada penelitian ini data yang diperoleh merupakan hasil kumpulan data tahun 2009-2013 yang telah dikumpulkan pihak rumah sakit PKU Muhammadiyah (Etta, 2010: 49).

Adapun data pada penelitian ini adalah hasil laboratorium dan data pasien stroke iskemik. Hasil laboratorium dan data pasien tersebut adalah:

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1. Usia | 3. Kolesterol |
| 2. Gula Darah Sewaktu | 4. Trigliserida |

- | | |
|---------------------|---------------|
| 5. Tekanan Darah | 10. Mual |
| 6. Denyut Nadi | 11. Muntah |
| 7. Jenis Kelamin | 12. Pusing |
| 8. Hipertensi | 13. Kesemutan |
| 9. Diabetes Melitus | 14. Kesadaran |

D. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian : PKU Muhammadiyah Yogyakarta Unit I.

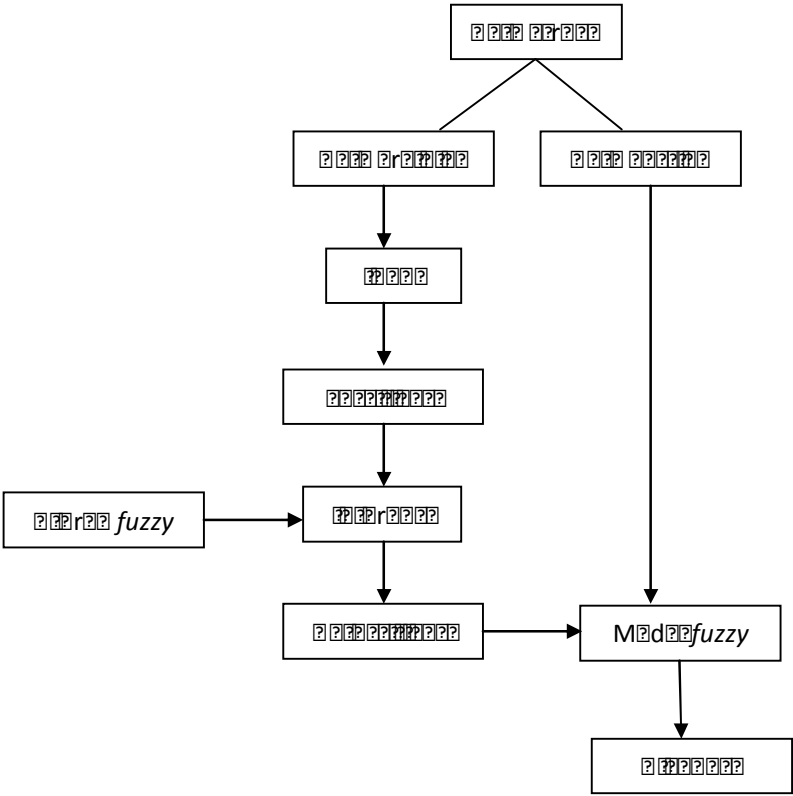
Waktu Penelitian : 3 Juli 2013 – 23 Agustus 2013.

E. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membagi data menjadi 2 yaitu data training dan data testing. Data training digunakan untuk membangun model dan data testing digunakan untuk menentukan validasi model. Tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu :

1. Identifikasi Data Stroke (menentukan input dan output).
2. Menentukan himpunan *universal* dan himpunan *fuzzy*.
3. Menentukan aturan *fuzzy*.
4. Melakukan Inferensi *fuzzy*.
5. Melakukan defuzifikasi.
6. Melakukan perbandingan output dan hasil diagnosa asli.
7. Menghitung tingkat akurasi.

Secara singkat prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Pemodelan *Fuzzy* Untuk Diagnosa Penyakit Stroke