

APLIKASI MODEL FUZZY UNTUK DIAGNOSA JENIS KANKER DARAH (LEUKEMIA)

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memperoleh Sebagian Persyaratan
guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Disusun oleh:

Rizki Yudhi Pratiwi

NIM 10305144020

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2014**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "**APLIKASI MODEL FUZZY UNTUK DIAGNOSA JENIS KANKER DARAH (LEUKEMIA)**" ini telah disetujui oleh pembimbing untuk dimajikan.

Disusun oleh:

Rizki Yudhi Pratiwi

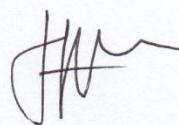
10305144020

Disetujui pada tanggal

2 Juli 2014

Mengetahui:

Dosen Pembimbing



Dr. Agus Maman Abadi, M.Si

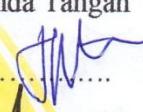
NIP. 19700828 199502 1 001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :
**“APLIKASI MODEL FUZZY UNTUK DIAGNOSA JENIS PENYAKIT
KANKER DARAH (LEUKEMIA)”**

Yang Disusun Oleh :
Nama : Rizki Yudhi Pratiwi
NIM : 10305144020
Prodi : Matematika

Skripsi ini telah diuji didepan Dewan Penguji Skripsi pada tanggal 11 Juli 2014
dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI				
Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal	
<u>Dr. Agus Maman Abadi</u> 19700828 199502 1 001	Ketua Penguji		16-07-2014	
<u>Husna 'Arifah, M.Sc</u> 19781015 200212 2 001	Sekretaris Penguji		16-07-2014	
<u>Nur Hadi W., M.Eng</u> 19780119 200312 1 002	Penguji Utama		16-07-2014	
<u>Musthofa, M.Sc</u> 19801107 200604 1 001	Penguji Pendamping		16-07-2014	

Yogyakarta, 16 Juli 2014
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam
Dekan



Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini saya:

Nama : Rizki Yudhi Pratiwi

NIM : 10305144020

Program Studi : Matematika

Jurusan : Pendidikan Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

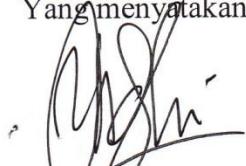
Judul : Aplikasi Model *Fuzzy* untuk Diagnosa Jenis Kanker Darah
(Leukemia)

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri.

Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya dan saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 2 Juli 2014

Yang menyatakan



Rizki Yudhi Pratiwi
NIM 10305144020

MOTTO

Intelegence is not the determinant of success, but hard work is the real
determinant of your success.

Learn from the mistakes in the past, try by using a different way, and always hope
for a successful future.

Jika anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka anda telah berbuat baik
terhadap diri sendiri.

-Benjamin Franklin-

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.

-Qs. Al-Insyiroh-

PERSEMBAHAN

Skrripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Ibu, Bapak, dan adik-adikku tersayang Niq dan Ami, yang telah memberikan banyak sekali kasih sayang, doa dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Tika dan Yanti yang sudah mengajar bersama-sama dan membantu kelancaran pengajaran skripsi ini.
3. Teman-teman Tawon terimakasih telah menjadi teman suka dan duka, yang telah menghabiskan banyak waktu bersama.
4. Teman-teman Matswa 2010 yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih atas dukungannya dan bantuannya.
5. Anak-anak GW15 yang cantik-cantik terimakasih atas doa dan dukungannya.
6. Dan orang-orang yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

APLIKASI MODEL FUZZY UNTUK DIAGNOSA JENIS KANKER DARAH (*LEUKEMIA*)

Oleh:
Rizki Yudhi Pratiwi
10305144020

ABSTRAK

Kanker darah (*leukemia*) adalah kelainan darah ganas yang menyerang sel-sel pembentuk darah muda di sumsum tulang. Sampai saat ini penyebab pasti *leukemia* belum diketahui. Faktor dan gejala *leukemia* perlu dikenali agar dapat dilakukan deteksi dini. Proses pendiagnosaan yang tepat diperlukan dalam diagnosa jenis *leukemia* sehingga pasien mendapatkan penanganan yang tepat. Penelitian ini bertujuan menjelaskan proses diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan model *fuzzy* dan mendeskripsikan tingkat keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosa jenis *leukemia*.

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan hasil diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan 14 variabel *input*, yaitu usia, jenis kelamin, *systole*, *diastole*, denyut nadi, leukosit, neutrofil, limfosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, trombosit, kesadaran dan demam. Dengan *output* merupakan hasil diagnosa jenis *leukemia*, yaitu *Acute Myeloblastic Leukemia* (AML), *Acute Lymphoblastic Leukemia* (ALL), *Chronic Myeloblastic Leukemia* (CML), dan *Chronic Lymphoblastic Leukemia* (CLL). Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 74 data yang diperoleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta. Data tersebut kemudian dibagi menjadi 2, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* digunakan untuk menentukan himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel *input* dan *output* dengan pendekatan *linear*, segitiga, trapesium dan bahu yang kemudian digunakan untuk menentukan aturan *fuzzy IF-THEN*, sehingga diperoleh 59 aturan *fuzzy*. Sedangkan data *testing* digunakan untuk validasi model sehingga diperoleh tingkat akurasi. Pada penelitian ini model *fuzzy* yang digunakan adalah model *fuzzy* mamdani dengan metode defuzzifikasi *centroid*.

Hasil dari penelitian ini diperoleh tingkat akurasi yang tinggi. Hasil akurasi yang diperoleh pada data *training* adalah 100% sedangkan pada data *testing* adalah 92,857%, yang berarti untuk mendiagnosa jenis *leukemia* pada setiap pasien, maka peluang diagnosa tepat sebesar 0,93 dengan eror 0,07.

Kata kunci: jenis *leukemia*, model *fuzzy*, akurasi

KATA PENGANTAR

Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Aplikasi Model Fuzzy untuk Diagnosa Jenis Kanker Darah (Leukemia)**” ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam penulisan ini tidak lepas dari dukungan, motivasi, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Sugiman selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika yang telah memberikan kelancaran dalam pelayanan akademik untuk menyelesaikan studi.
3. Bapak Dr. Agus Maman Abadi, M.Si selaku Ketua Program Studi sekaligus dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak dr. H. Ahmad Hidayat, Sp.OG., M.Kes selaku Direktur Utama Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian.

5. Ibu Sriyati, S.Kep.Ns selaku Supervisor Diklat Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga dapat melaksanakan penelitian.
6. Bapak Adi Sumartono, Amd selaku pembimbing dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam memperoleh data yang dibutuhkan.
7. Bapak Nur Hadi Waryanto, M.Eng selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis menjalani studi.
8. Seluruh dosen Jurusan Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dan kesalahan dalam skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Demikian skripsi ini penulis susun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 2 Juli 2014
Penulis

Rizki Yudhi Pratiwi
NIM 10305144020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penulisan	6
E. Manfaat penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	8
A. Kanker Darah (<i>Leukemia</i>)	8
1. Definisi dan Klasifikasi	8

2. Gejala <i>Leukemia</i>	10
3. Faktor Penyebab <i>Leukemia</i>	11
B. Penelitian Penelitian Terdahulu	14
C. Teori Himpunan Fuzzy	17
1. Variabel <i>Fuzzy</i>	19
2. Himpunan <i>Fuzzy</i>	19
3. Semesta Pembicaraan	20
4. Domain	20
D. Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	21
1. Representasi <i>Linear</i>	21
2. Representasi Kurva Segitiga	25
3. Representasi Kurva Trapesium	27
4. Representasi Kurva Bahu	28
5. Representasi Kurva-S	31
6. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (<i>Bell Curve</i>)	34
E. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	40
1. Operator AND	40
2. Operator OR	41
3. Operator NOT	41
F. Logika <i>Fuzzy</i>	42
G. Model <i>Fuzzy</i>	43
1. Metode pada Model <i>Fuzzy</i>	43
2. Langkah-Langkah Pemodelan <i>Fuzzy</i>	52

H. <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i>	54
1. Fuzzifikasi <i>Input</i>	55
2. Operasi <i>Fuzzy Logic</i>	55
3. Implikasi	55
4. Agregasi	55
5. Defuzzifikasi	55
BAB III METODE PENELITIAN	56
A. Metode Pengumpulan Data	56
B. Populasi dan Sampel	56
C. Jenis dan Sumber Data	56
D. Tempat dan Waktu Penelitian	57
E. Teknik Analisis Data	57
BAB IV PEMBAHASAN	59
A. Diagnosa dengan Sistem <i>Fuzzy</i>	59
1. Identifikasi Data <i>Leukemia</i>	59
2. Menentukan Himpunan <i>Universal</i> (U) dan Himpunan <i>Fuzzy</i>	60
3. Menentukan Aturan <i>Fuzzy</i>	86
4. Melakukan Inferensi <i>Fuzzy</i>	91
5. Melakukan Defuzzifikasi	94
B. Hasil Diagnosa	96
1. Perbandingan Hasil Diagnosa	96
2. Tingkat Keberhasilan	97

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
A. Kesimpulan	99
B. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Implikasi	45
Tabel 2.2	Hasil Inferensi dengan Metode Max	47
Tabel 4.1	Data Pasien 1	87
Tabel 4.2	Derajat Keanggotaan Pasien 1	87
Tabel 4.3	Hasil Implikasi Pasien 1	92
Tabel 4.4	Komposisi Aturan Pasien 1	93
Tabel 4.5	Hasil Diagnosa Data <i>Training</i>	94
Tabel 4.6	Hasil Diagnosa Data <i>Testing</i>	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Representasi <i>Linear Naik</i>	22
Gambar 2.2 Himpunan <i>Fuzzy Tinggi</i> pada Variabel Hematokrit dengan $U = [5, 50]$	23
Gambar 2.3 Grafik Representasi <i>Linear Turun</i>	24
Gambar 2.4 Himpunan <i>Fuzzy Sangat Muda</i> pada Variabel Usia dengan $U = [5, 90]$	25
Gambar 2.5 Grafik Representasi Kurva Segitiga	25
Gambar 2.6 Himpunan <i>Fuzzy Normal</i> pada Variabel <i>Diastole</i> dengan $U = [35, 115]$	26
Gambar 2.7 Grafik Representasi Kurva Trapezium	27
Gambar 2.8 Himpunan <i>Fuzzy Rendah</i> pada Variabel Hematokrit dengan $U = [5, 50]$	28
Gambar 2.9 Grafik Representasi Kurva Bentuk Bahu	29
Gambar 2.10 Variabel <i>Systole</i> dengan $U = [75, 170]$	30
Gambar 2.11 Grafik Representasi Kurva-S Pertumbuhan	31
Gambar 2.12 Himpunan <i>Fuzzy Normal</i> pada Variabel Eritrosit dengan $U = [0, 5]$	32
Gambar 2.13 Grafik Representasi Kurva-S Penyusutan	33
Gambar 2.14 Himpunan <i>Fuzzy Sangat Muda</i> pada Variabel Usia dengan $U = [5, 90]$	34
Gambar 2.15 Grafik Representasi Kurva PI	35

Gambar 2.16 Himpunan <i>Fuzzy</i> Rendah pada Variabel Hemoglobin dengan U = [0, 15]	36
Gambar 2.17 Grafik Representasi Kurva Beta	37
Gambar 2.18 Himpunan <i>Fuzzy</i> Normal pada Variabel <i>Systole</i> dengan U = [75, 170]	38
Gambar 2.19 Grafik Representasi Kurva <i>Gauss</i>	39
Gambar 2.20 Himpunan <i>Fuzzy</i> Rendah pada Variabel <i>Systole</i> dengan U = [75, 170]	39
Gambar 2.21 Komposisi Aturan <i>Fuzzy</i> : Metode Max (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 39)	46
Gambar 2.22 Daerah Hasil Komposisi Aturan <i>Fuzzy</i> Metode Max	47
Gambar 2.23 Daerah Hasil Komposisi Aturan <i>Fuzzy</i> Metode Max (2)	48
Gambar 2.24 Proses Defuzzifikasi (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 40)	49
Gambar 2.25 Proses Pemodelan <i>Fuzzy</i> (Wang, Li-Xing, 1997: 7)	52
Gambar 3.1 Tahapan Pemodelan <i>Fuzzy</i> untuk Diagnosa Jenis <i>Leukemia</i>	58
Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan Variabel Usia pada Himpunan <i>Universal</i> [5, 90]	66
Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan Variabel Jenis Kelamin pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 1]	67
Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Systole</i> pada Himpunan <i>Universal</i> [75, 170]	69

Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Diastole</i> pada Himpunan <i>Universal</i> [5, 90]	71
Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Denyut Nadi pada Himpunan <i>Universal</i> [45, 130]	72
Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Leukosit pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 375]	74
Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Neutrofil pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 100]	75
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Limfosit pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 95]	77
Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan Variabel Eritrosit pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 5]	78
Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan Variabel Hemoglobin pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 15]	79
Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan Variabel Hematokrit pada Himpunan <i>Universal</i> [5, 50]	81
Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Variabel Trombosit pada Himpunan <i>Universal</i> [15, 1320]	83
Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan Variabel Kesadaran pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 2]	84
Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Variabel Demam pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 1]	85
Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Diagnosa pada Himpunan <i>Universal</i> [0, 3] ...	86

Gambar 4.16 Daerah Hasil Komposisi Aturan Pasien 1	93
Gambar 4.17 Daerah Hasil Komposisi Aturan Pasien 1 (2)	94

DAFTAR SIMBOL

$\mu(x)$: fungsi keanggotaan x
$\mu_A(x)$: fungsi keanggotaan x di A
U	: himpunan <i>universal</i>
$S(x; \alpha, \beta, \gamma)$: fungsi keanggotaan kurva-S
$\Pi(x; \beta, \gamma)$: fungsi keanggotaan kurva PI
$B(x; \gamma, \beta)$: fungsi keanggotaan kurva beta
$G(x; k, \gamma)$: fungsi keanggotaan kurva <i>gauss</i>
\cap	: operator AND
\cup	: operator OR
'	: operator NOT
z	: rata-rata terbobot pada metode tsukamoto
$\mu_{sf}(x_i)$: nilai keanggotaan solusi <i>fuzzy</i> sampai aturan ke- i
$\mu_{kf}(x_i)$: nilai keanggotaan konsekuensi <i>fuzzy</i> sampai aturan ke- i
ai	: nilai domain pada komposisi aturan <i>fuzzy</i> pada daerah i
$\mu(z)$: fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi
Mi	: momen untuk setiap daerah <i>fuzzy</i>
Ai	: luas untuk setiap daerah <i>fuzzy</i>
z^*	: hasil defuzzifikasi model <i>fuzzy</i>
A_i	: himpunan <i>fuzzy</i> ke- i sebagai anteseden
p_i	: suatu konstanta (tegas) ke- i
q	: konstanta dalam konsekuensi
o	: operator <i>fuzzy</i> (misal AND atau OR)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Surat Ijin Penelitian dari Universitas Negeri Yogyakarta	103
Lampiran 2.	Surat Ijin Penelitian dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta	104
Lampiran 3.	Data <i>Training</i> Pasien Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta	105
Lampiran 4.	Data <i>Testing</i> Pasien Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta	108
Lampiran 5.	Aturan Fuzzy	109
Lampiran 6.	Hasil Implikasi Pasien 1	112
Lampiran 7.	Hasil Komposisi Aturan Pasien 1	115
Lampiran 8.	Hasil Diagnosa Data <i>Training</i> dengan Defuzzifikasi <i>Centroid</i>	117
Lampiran 9.	Hasil Diagnosa Data <i>Testing</i> dengan Defuzzifikasi <i>Centroid</i>	119
Lampiran 10.	Keterangan	120
Lampiran 11.	Langkah-Langkah Model <i>Fuzzy</i> dengan Matlab R2012b	121
Lampiran 12.	Nilai Ruhukan <i>Systole</i> , <i>Diastole</i> , Denyut Nadi, Leukosit, Neutrofil, Limfosit, Eritrosit, Hemoglobin, Hematokrit, dan Trombosit	125

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Leukemia merupakan salah satu jenis kanker yang dapat menyebabkan kematian. Hampir 45000 penduduk Amerika didiagnosa menderita *leukemia* setiap tahunnya. Di Indonesia sendiri, *leukemia* masih terbilang cukup jarang. Berbeda dengan kanker payudara dan jenis kanker lain yang merupakan tumor padat, *leukemia* merupakan tumor cair sehingga tidak terlihat secara fisik dan penderita mungkin sering tidak menyadari gejalanya. Oleh karena itu, *leukemia* perlu diwaspadai dan dipelajari lebih lanjut. Diagnosa penyakit *leukemia* didasarkan pada gejala, hasil pemeriksaan, dan hasil laboratorium. Diagnosa sendiri merupakan penentuan jenis penyakit dengan meneliti (memeriksa) gejala-gejalanya.

Kanker darah (*leukemia*) adalah kelainan darah ganas yang menyerang sel-sel pembentuk darah muda di sumsum tulang. (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 4). *Leukemia* sangat berbahaya karena termasuk dalam jenis tumor cair sehingga tidak terlihat secara fisik. Ada 2 jenis *leukemia*, yaitu *leukemia* akut dan *leukemia* kronis. *Leukemia* akut dibedakan menjadi 2, yaitu *Acute Myeloblastic Leukemia* (AML) dan *Acute Lymphoblastic Leukemia* (ALL). *Leukemia* kronis juga dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *Chronic Myeloblastic Leukemia* (CML) dan *Chronic Lymphoblastic Leukemia* (CLL) (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 8-10).

Hingga saat ini, penyebab *leukemia* belum diketahui dengan pasti. Namun, sering terjadi pula perubahan sel yang dimulai dengan mutasi (perubahan) bahan genetik. DNA yang merupakan bahan genetik yang diturunkan dari orang tua membentuk sel-sel baru setiap kali membelah. Selama pembelahan, ada kemungkinan terjadi kesalahan dalam replikasi yang dapat menyebabkan pembentukan sel-sel *leukemia*. Beberapa faktor risiko yang telah dikaitkan dengan perkembangan *leukemia* diantaranya adalah jenis kelamin, usia, sindrom genetik, paparan radiasi, ras dan etnik, riwayat keluarga, paparan zat kimia, obat-obatan, virus, dan riwayat terapi kanker (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 13-14).

Leukemia merupakan penyakit yang memiliki tingkat kesembuhan yang tinggi dengan deteksi dini (Corchado, Juan M., 2008: 180). Namun, deteksi dini tersebut sulit dilakukan karena gejala *leukemia* yang umumnya tidak terlihat hingga dilakukan tes darah yang tepat. Biasanya tes darah dilakukan saat ada masalah lain yang memerlukan tes darah. Beberapa gejala umum *leukemia* diantaranya adalah mudah lelah, lemas, pucat, demam, penurunan berat badan yang drastis tanpa disadari, hilangnya nafsu makan, keringat dingin di malam hari, mudah mengalami pendarahan (seperti mimisan dan gusi berdarah ketika menyikat gigi), kelenjar getah bening membengkak, nyeri tulang atau sendi, nyeri perut bagian atas, dan sebagainya (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 10).

Ada beberapa penelitian tentang *leukemia* diantaranya adalah yang dilakukan oleh Obi J.C. dan Imianvan A.A (2011) yang bertujuan mendiagnosa

kemungkinan pasien terkena *leukemia* dengan *output* seseorang menderita *leukemia*, mungkin menderita *leukemia* dan tidak menderita *leukemia* dengan menggunakan metode *Neuro-Fuzzy Expert System*. Penelitian ini menggunakan aplikasi dari *Information and Communication Technology* (ICT) di bidang kesehatan untuk mengetahui kondisi pasien *leukemia*. Juan M. Corchado, dkk (2008) juga melakukan suatu penelitian tentang model untuk mendiagnosa pasien *leukemia*. Penelitian ini menggunakan data *exon array* yang merupakan informasi yang berhubungan dengan *messenger ribonucleid acid* (mRNA) yang disediakan oleh *Cancer Institute of the University of Salamanca* yang mengandung sampel pasien *leukemia*. Metode yang digunakan adalah *System Based on a Mixture of Experts Model* dengan *output* yang dihasilkan adalah ALL, AML, CLL, CML, MDS dan NOL (tidak menderita leukemia). Adapun penelitian yang dilakukan oleh W.L. Tung dan C. Quek (2004) untuk memprediksi *Acute Lymphoblastic Leukemia* (ALL) menggunakan data *gene expression*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Generic Self-Organising Fuzzy Neural Network with Truth-Value Restriction* (GenSoFNN-TVR) yang didasarkan pada *Generic Self-Organising Fuzzy Decision Support Systems* (GenSo-FDSS).

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan *fuzzy* sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan (*membership function*) menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut. Kelebihan dari logika *fuzzy* adalah konsepnya yang mudah

dimengerti karena menggunakan dasar teori himpunan serta menggunakan bahasa sehari-hari dan sangat fleksibel (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 1-3).

Model *fuzzy* dapat diartikan sebagai deskripsi linguistik (aturan *fuzzy* IF-THEN) yang lengkap tentang proses yang dapat dikombinasikan ke dalam model (Wang, Li-Xing, 1997: 265). Model *fuzzy* dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, antara lain algoritma kontrol, diagnosa medis, sistem pendukung keputusan, ekonomi, teknik, psikologi, lingkungan, keamanan dan ilmu pengetahuan. Aplikasi-aplikasi model *fuzzy* juga dapat ditemukan dalam kecerdasan buatan, ilmu komputer, teknik kendali, teori pengambilan keputusan, sistem pakar, ilmu manajemen, penelitian-penelitian, robotika, dan sebagainya (Setiadji, 2009: 1).

Proses diagnosa penyakit seringkali ditemukan ketidakpastian. Suatu penyakit dapat menampakkan gejala yang berbeda pada pasien yang berbeda. Gejala yang sama juga dapat menjadi petunjuk pada beberapa penyakit yang berbeda dan adanya beberapa penyakit pada satu pasien (komplikasi) juga dapat merusak pola gejala yang telah diperkirakan untuk salah satu penyakit tersebut. Sehingga dokter biasanya mengumpulkan data pasien dari riwayat sebelumnya, seperti pemeriksaan fisik, hasil laboratorium, dan prosedur-prosedur penelitian lain, seperti penyinaran X dan ultrasonik. Data-data tersebut memiliki derajat ketidakpastian yang berbeda-beda. Teori himpunan *fuzzy* telah dimanfaatkan di dalam beberapa pendekatan yang berbeda untuk memodelkan proses diagnosa. Di dalam pendekatan yang diformulasikan oleh Sanchez (1979), pengetahuan medis

dokter diwujudkan sebagai relasi samar (*fuzzy*) antara gejala dan hasil pemeriksaan dengan penyakit yang diderita (Setiadji, 2009: 227-228).

Di dalam penelitian ini, model *fuzzy* akan digunakan untuk melakukan diagnosa jenis penyakit *leukemia* (kanker darah). Model *fuzzy* yang digunakan adalah model *fuzzy* Mamdani. *Input* yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 14 *input* yang diambil dari data pasien, hasil laboratorium Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, serta penelitian-penelitian terdahulu terkait *leukemia*. *Input* tersebut berupa faktor risiko, hasil laboratorium, dan gejala *leukemia*. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan pemodelan *fuzzy* untuk mendapatkan *output* berupa hasil diagnosa jenis *leukemia*, yaitu AML, ALL, CML, dan CLL.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis hendak melakukan kajian yang berjudul “Aplikasi Model *Fuzzy* untuk Diagnosa Jenis Kanker Darah (*Leukemia*)”. Tulisan ini diharapkan dapat berguna bagi perkembangan ilmu kesehatan dan ilmu matematika nantinya.

B. Batasan Masalah

1. Data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil rekam medis yang merupakan data pasien rawat inap Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta dari tahun 2010 sampai 2013 sebanyak 74 data.
2. Model *fuzzy* yang digunakan adalah model *fuzzy* mamdani.
3. Pendekatan yang digunakan pada variabel *input* adalah representasi kurva segitiga, trapesium, dan kurva bentuk bahu.

4. Pendekatan yang digunakan pada variabel *output* adalah representasi kurva segitiga.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana proses diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan model *fuzzy*?
2. Bagaimana tingkat keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosa jenis *leukemia*?

D. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan ini sebagai berikut.

1. Menjelaskan proses diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan model *fuzzy*.
2. Mendeskripsikan tingkat keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosa jenis *leukemia*.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Manfaat penelitian ini secara teoritis adalah dapat menambah ilmu pengetahuan dan perkembangan di bidang kesehatan dan ilmu matematika, serta memudahkan dokter dalam mendiagnosa jenis *leukemia* yang diderita pasien.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Dokter

Memudahkan dokter dalam mendiagnosa jenis *leukemia* yang diderita pasien dengan cepat.

b. Bagi Masyarakat

Menambah informasi mengenai faktor-faktor penyebab dan gejala *leukemia* serta mempercepat dan mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam pemeriksaan dengan cepat.

BAB II **KAJIAN TEORI**

A. Kanker Darah (*Leukemia*)

Kanker darah (*leukemia*) merupakan salah satu penyakit yang berbahaya karena dapat menyebabkan kematian. Di Amerika, *leukemia* berada pada urutan ke-11 penyebab kematian yang terkait dengan kanker. Meskipun penyakit ini masih terbilang cukup jarang di Indonesia, namun perlu dipelajari lebih lanjut terkait dengan definisi, gejala, dan faktor risiko dari penyakit ini sebagai berikut:

1. Definisi dan Klasifikasi

Istilah *leukemia* berasal dari bahasa Yunani yang berarti darah putih. *Leukemia* termasuk ke dalam jenis tumor cair (*liquid tumor*) (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 4). *Leukemia* ditandai oleh penimbunan sel darah putih yang abnormal dalam sumsum tulang, yang dapat menyebabkan kegagalan sumsum tulang dan meningkatnya sirkulasi sel darah putih (Arita Murwani, 2008: 84). *Leukemia* digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

a. *Leukemia Akut*

Leukemia akut terjadi ketika pendewasaan sel terganggu yang menyebabkan meningkatnya jumlah sel-sel yang masih sangat muda (*blast*) di dalam sumsum tulang dan dalam sirkulasi darah. *Leukemia* akut sangat berbahaya karena selain perkembangannya yang sangat cepat, pada *leukemia* jenis ini tidak terdapat cukup sel darah dewasa untuk melawan infeksi dan atau mencegah pendarahan dan anemia berat. *Leukemia* akut

dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu *Acute Myeloblastic Leukemia* (AML) yang menyerang sel myeloid dan *Acute Lymphoblastic Leukemia* (ALL) yang menyerang sel limfoid (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 8-9).

b. *Leukemia Kronis*

Leukemia kronis melibatkan sel darah putih dewasa yang tidak mati sesuai siklus yang seharusnya (*apoptosis*) sehingga terus terakumulasi dalam sirkulasi darah dan sumsum tulang yang dapat menyebabkan pematatan sumsum yang dapat mengganggu jalur produksi sel-sel lain yang tumbuh normal. Sel-sel tersebut juga dapat terakumulasi dalam limfa yang dapat menyebabkan pembengkakan. *Leukemia* kronis biasanya berjalan lambat, dan pasien biasanya tidak merasakan gejalanya selama bertahun-tahun. Seringkali penyakitnya baru terdiagnosa pada saat evaluasi untuk masalah lain, atau saat pemeriksaan laboratorium untuk pemeriksaan fisik rutin. Selama penyakit berlangsung, kelenjar getah bening dapat membengkak, meskipun umumnya tidak menyakitkan. Pasien juga mungkin lebih sering mengalami infeksi. *Leukemia* kronis dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu *Chronic Myeloblastic Leukemia* (CML) yang menyerang sel myeloid dan *Chronic Lymphoblastic Leukemia* (CLL) yang menyerang sel limfoid (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 9).

Hampir 45000 orang di Amerika Serikat didiagnosis dengan *leukemia* setiap tahunnya. *Leukemia* berada di urutan ke-12 kelas penyakit neoplastik

paling umum, dan urutan ke-11 penyebab kematian yang terkait dengan kanker. Meskipun *leukemia* umumnya dianggap sebagai suatu penyakit yang berkembang pada masa kanak-kanak, penyakit ini didiagnosa 10 kali lebih sering dialami oleh orang dewasa daripada anak-anak (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 11-12) .

2. Gejala *Leukemia*

Deteksi dini *leukemia* sulit dilakukan karena gejala-gejalanya yang umumnya samar-samar, dan dapat dikaitkan dengan penyebab lain sampai tes darah yang tepat dilakukan. Gelajanya biasanya hanya seperti masuk angin biasa, sehingga pasien biasanya tidak menyadari gejala tersebut. Adapun gejala *leukemia*, antara lain (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 10):

- a. Mudah lelah dan badan terasa lemas. Ini mungkin berkembang secara perlahan, atau sangat cepat, tergantung jenis *leukemia* yang diderita.
- b. Penderita terlihat pucat dan mengalami penurunan berat badan yang drastis tanpa disadari.
- c. Demam, keringat dingin di malam hari, hilangnya nafsu makan, dan atau infeksi berat yang sering terjadi pada pasien.
- d. Memar dan mudah berdarah, seperti mimisan atau pendarahan di gusi ketika menyikat gigi.
- e. Kelenjar getah bening membengkak dan mungkin menyakitkan.
- f. Nyeri tulang atau sendi dan nyeri di perut bagian atas, yang disebabkan oleh pembengkakan hati atau limpa.

- g. Sesak napas dan jantung berdebar-debar mungkin juga dialami oleh pasien (C., Obi J. dan A, Imianvan A., 2011: 46).

3. Faktor Penyebab Leukemia

Penyebab *leukemia* untuk setiap pasien yang diberikan biasanya tidak diketahui dan tidak dapat diidentifikasi. Namun, sering terjadi juga perubahan sel yang dapat diidentifikasi. Seperti jenis kanker lain, *leukemia* dimulai dengan mutasi dalam bahan genetik dalam sel. Setiap sel tubuh memiliki DNA yang sama, yang merupakan bahan genetik yang diturunkan dari orang tua. DNA mengandung gen yang mengontrol kegiatan sel-sel. DNA disalin ke dalam sel-sel baru setiap kali membelah, dan selama pembelahan ini ada kemungkinan terjadi kesalahan dalam replikasi. Kesalahan ini dapat menyebabkan pembentukan sel-sel *leukemia* (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 12).

Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap leukemia diantaranya:

a. Jenis Kelamin

Jenis kelamin merupakan salah satu faktor penyebab *leukemia*. Menurut hasil penelitian-penelitian sebelumnya, *leukemia* lebih sering terjadi pada laki-laki daripada perempuan.

b. Usia

Leukemia umumnya dianggap sebagai suatu penyakit yang berkembang pada masa kanak-kanak, namun penyakit ini didiagnosis 10

kali lebih sering dialami oleh orang dewasa daripada anak-anak. Sekitar 60% - 70% kasus *leukemia* terjadi pada usia di atas 50 tahun.

c. Tekanan Darah

Tekanan darah adalah gaya yang diberikan darah yang bersirkulasi pada dinding-dinding pembuluh darah. Tekanan darah dihasilkan oleh jantung yang memompa darah ke dalam arteri. Salah satu faktor yang mempengaruhi tekanan darah adalah sel-sel darah dan jumlah plasma darah. Tekanan darah dibagi menjadi dua, yaitu tekanan darah sistolik (*systole*) dan tekanan darah diastolik (*diastole*). *Systole* mewakili tekanan di arteri ketika oto jantung berkontraksi dan memompa darah kedalamnya. Sedangkan *diastole* mewakili tekanan darah di arteri ketika otot jantung mengendur setelah berkontraksi. Pasien *leukemia* umumnya memiliki tekanan darah rendah (hipotensi).

d. Denyut Nadi

Denyut nadi biasanya mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan oleh detak jantung per satuan waktu. Pasien *leukemia* biasanya memiliki denyut nadi lebih cepat dibandingan dengan orang sehat.

e. Leukosit

Leukosit atau sel darah putih bertugas melindungi tubuh dari infeksi. Ada dua jenis utama leukosit, yaitu neutrofil dan limfosit. Neutrofil bertugas melawan infeksi bakterial, sedangkan limfosit melawan infeksi viral dan memproduksi antibodi untuk melindungi diri dari infeksi. Saat jumlah leukosit rendah, sistem kekebalan tubuh tidak mampu

melaksanakan tugasnya dengan baik. Demam dan kedinginan merupakan tanda-tanda utama infeksi karena sistem kekebalan mencoba untuk memacu diri agar dapat melindungi tubuh dari organism yang menyerang. Produksi sel-sel abnormal yang berlebihan akan menghambat pertumbuhan sel-sel normal dan mengakibatkan rendahnya jumlah leukosit yang melawan infeksi.

f. Eritrosit

Eritrosit atau sel darah merah bertugas mengambil oksigen dari paru-paru dan membawanya ke seluruh jaringan tubuh dalam bentuk hemoglobin. Produksi sel-sel abnormal yang berlebihan akan menghambat pertumbuhan sel-sel normal dan mengakibatkan rendahnya jumlah eritrosit.

g. Hemoglobin

Pasien *leukemia* biasanya memiliki jumlah hemoglobin yang cenderung lebih rendah, bahkan bisa menjadi sangat rendah. Kekurangan hemoglobin merupakan gejala awal anemia yang merupakan gejala *leukemia*.

h. Hematokrit

Hematokrit adalah istila untuk persentase sel darah merah dalam darah. Hematokrit rendah ditandai dengan kelelahan, lemas, jantung berdebar, sesak napas, pusing, pucat, dan mungkin memiliki detak jantung yang cepat yang merupakan beberapa gejala *leukemia*.

i. Trombosit

Trombosit atau keeping darah merupakan sel darah yang memiliki ukuran terkecil. Trombosit bertugas mencegah pendarahan akibat luka dengan cara menggumpal menjadi gumpalan. Sumsum sehat memproduksi trombosit antara 150000 hingga 450000 per mikroliter darah. Jika jumlah trombosit mencapai kurang dari 10000 maka dapat terjadi pendarahan yang parah. Saat trombosit rendah, seseorang dapat mengalami memar dengan mudah dan mungkin mimisan dan/atau pendarahan di lambung, gusi atau usus. Produksi sel-sel abnormal yang berlebihan akan menghambat pertumbuhan sel-sel normal dan mengakibatkan rendahnya jumlah trombosit.

B. Penelitian-Penelitian Terdahulu

Kanker darah (*Leukemia*) merupakan salah satu penyakit yang berbahaya dan dapat menyebabkan kematian. *Leukemia* dapat diketahui lebih dini dengan memahami tanda-tandanya. Terdapat beberapa penelitian yang membahas tentang *leukemia* yang hasilnya memberikan informasi dalam pendiagnosaan *leukemia*, antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Obi J.C., Imianvan A.A (2011) bertujuan mendiagnosa kemungkinan pasien terkena *leukemia* dengan *input* gejala yang dialami pasien, yaitu pucat, sesak napas, mimisan, sering terjadi infeksi/peradangan, anemia, *epitaxis*, nyeri tulang/sendi, *thrombocytopenia*, *granulocytopenia*, *asthemia*, jantung berdebar-debar, pendarahan pada saluran pencernaan, pembesaran limpa, dan mudah lelah.

Pada penelitian ini, *output* yang digunakan adalah jika pasien memiliki 5 atau lebih gejala maka pasien menderita *leukemia* dan harus segera melakukan terapi. Jika gejala yang dialami adalah 4 gejala maka pasienungkin menderita *leukemia* sehingga harus segera dilakukan pemeriksaan. Namun, jika gejalanya 3 atau kurang dari itu maka pasien tidak menderita *leukemia*. Metode yang digunakan adalah *Neuro-Fuzzy Expert System* dengan menggunakan aplikasi dari *Information and Communication Technology* (ICT) di bidang kesehatan untuk mengetahui kondisi pasien *leukemia*.

2. Juan M. Corchado, dkk (2008) juga melakukan suatu penelitian tentang model untuk mendiagnosa pasien *leukemia*. Penelitian ini menggunakan *input* berupa data *exon array* yang merupakan informasi yang berhubungan dengan *messenger ribonucleid acid* (mRNA) yang disediakan oleh *Cancer Institute of the University of Salamanca* yang mengandung sampel pasien *leukemia*. Metode yang digunakan adalah *System Based on a Mixture of Experts Model* dengan *output* yang dihasilkan adalah ALL, AML, CLL, CML, MDS dan NOL (tidak menderita leukemia).
3. Penelitian yang dilakukan oleh W.L. Tung dan C. Quek (2004) untuk memprediksi *Acute Lymphocytic Leukemia* (ALL) dengan *input gene expression data* dari DNA *microarray*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Generic Self-Organising Fuzzy Neural Network with Truth-Value Restriction* (GenSoFNN-TVR) yang didasarkan pada *Generic*

Self-Organising Fuzzy Decision Support Systems (GenSo-FDSS) dengan tingkat keakuratan di atas 90%.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Ms. Minal D. Joshi, dkk (2013) untuk mendeteksi *leukemia* akut dengan *input* yang digunakan adalah gambar mikroskopik darah dengan 4 unsur utama, yaitu *red blood cells* (sel darah merah), *white blood cells* (sel darah putih), *platelets* (trombosit), dan plasma darah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *French-American-British (FAB) Classification* dan *K-Nearest Neighbour (kNN) Classifier* dengan hasil akurasi 93%.
5. Penelitian yang dilakukan oleh B. B. M. Krishna Kanth, dkk (2013) membahas tentang klasifikasi *leukemia* akut dengan *input gene expression data* dari DNA *microarray* dan *output* yang dihasilkan adalah ALL dan AML. Penelitian ini menggunakan data *gene expression* dari 72 orang yang terkena *leukemia* akut, baik ALL maupun AML dengan 38 data *training* yang terdiri dari 27 pasien ALL dan 11 pasien AML, dan 34 data *testing* yang terdiri dari 20 pasien ALL dan 14 pasien AML. Hasil akurasi dengan menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)* dan *K-Nearest Neighbour (kNN) Classifier* adalah 97,1% menggunakan 10 *genes*, sedangkan dengan menggunakan *Modified Fuzzy Hypersphere Neural Network (MFHSNN)* hasil akurasi mencapai 97,94% menggunakan 10 *genes* dan 100% dengan menggunakan hanya 2 *genes*.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Gokmen Zararsiz, dkk (2012) membahas tentang diagnosa dan klasifikasi *leukemia* dengan *input gene expression*

dataset dan *output* ALL dan AML. Metode yang digunakan adalah *Bagging Support Vector Machines* (bSVM). Hasil akurasi yang diberikan dengan metode bSVM adalah antara 87,5% - 92,5% dengan *Area Under Cover* (AUC) antara 98% - 99,2% dan *F-Measure* (FM) antara 86,5% - 92,7%.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, aplikasi model *fuzzy* belum pernah dilakukan. Sehingga dalam penelitian ini akan digunakan aplikasi model *fuzzy* untuk diagnosa jenis kanker darah (*leukemia*).

C. Teori Himpunan *Fuzzy*

Fuzzy dalam bahasa diartikan dengan samar atau ketidakjelasan. Dalam kehidupan sehari-hari terdapat banyak hal yang berhubungan dengan ketidakjelasan. Sebagai contoh, pada variabel usia antara usia tua dan muda tidak dapat dijelaskan secara pasti batasan usia seseorang dikatakan tua atau muda. Berbeda dengan jenis kelamin laki-laki dan perempuan yang sudah pasti. Ketidakpastian tersebut dapat digunakan untuk mendeskripsikan sesuatu yang berhubungan dengan ketidakpastian yang diberikan dalam bentuk linguistik atau intuisi.

Teori himpunan *fuzzy* merupakan pengembangan dari himpunan tegas (*crisp*). Teori ini pertama kali diperkenalkan pada awal tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh, seorang professor dari Universitas California di Barkley (Setiadji, 2009: 1).

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan untuk setiap x dalam suatu himpunan *fuzzy* A dinotasikan dengan μ_A dan memiliki 2 kemungkinan, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 3):

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

Pada himpunan *fuzzy* nilai kenaggotaan untuk setiap elemennya terletak pada rentang $[0, 1]$ (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 6). Himpunan yang mempunyai semua elemen di dalam semesta pembicaraan disebut dengan himpunan *universal* atau biasanya dilambangkan dengan U (Ibrahim, Ahmad M., 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, Li-Xing, 1997: 21).

Definisi 2.1 dapat dituliskan sebagai berikut.

$\mu_A(x) \rightarrow [0, 1]$; nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x dalam himpunan *fuzzy* A.

Jika elemen x pada himpunan *fuzzy* A memiliki derajat keanggotaan $\mu_A(x) = 0$ maka x bukan anggota himpunan A, dan jika elemen x memiliki derajat keanggotaan $\mu_A(x) = 1$ maka x anggota penuh himpunan A.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 6):

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

Contoh 2.1

Pada variabel kesadaran yang dapat dikategorikan menjadi sadar, menurun dan tidak sadar.

2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menyatakan ukuran dari suatu variabel.

Contoh 2.2

Pada variabel usia diperoleh data 67, 28, 74 yang menyatakan usia seseorang.

Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 6-8):

1. Variabel *Fuzzy*

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

Contoh 2.3

Usia, jenis kelamin, *systole*, *diastole*, leukosit, dan sebagainya merupakan variabel *fuzzy*.

2. Himpunan *fuzzy*

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

Contoh 2.4

Variabel usia dibagi menjadi 5 himunan *fuzzy*, yaitu sangat muda, muda, dewasa, tua dan sangat tua.

3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh 2.5

Semesta pembicaraan untuk variabel leukosit adalah [0, 375].

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya pada semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain juga dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh 2.6

Domain untuk himpunan *fuzzy* untuk variabel denyut nadi adalah rendah = [43, 70], normal = [55, 125], tinggi = [110, 130].

Sistem *fuzzy* memiliki beberapa keistimewaan, diantaranya (Wang, Li-Xing, 1997: 6):

1. Variabelnya bernilai *real* sehingga cocok digunakan dalam sistem pemodelan.

2. Sistem *fuzzy* menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy IF-THEN* yang bersumber dari pengalaman manusia.
3. Terdapat berbagai pilihan metode untuk menentukan fuzzifikasi (mengubah himpunan tegas menjadi himpunan *fuzzy*) dan defuzzifikasi (cara untuk memperoleh *output* berupa bilangan tegas) sehingga diperoleh sistem *fuzzy* yang paling sesuai dengan model.

D. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan derajat keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 8). Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan, yaitu:

1. Representasi *Linear*

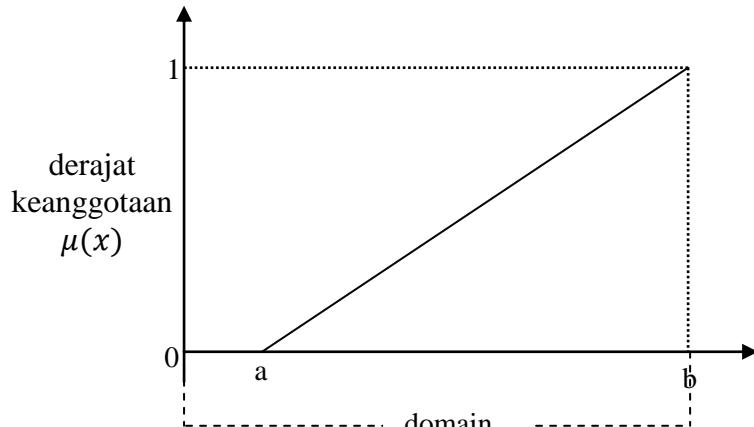
Pada representasi *linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Representasi *linear* merupakan bentuk yang paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy linear*, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 9-10):

a. Representasi *Linear Naik*

Pada representasi *linear naik*, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan 0 bergerak ke kanan

menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

Grafik representasi linear naik ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Grafik Representasi *Linear Naik*

dengan a : nilai domain saat $\mu(x) = 0$

b : nilai domain saat $\mu(x) = 1$

Fungsi keanggotaan:

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

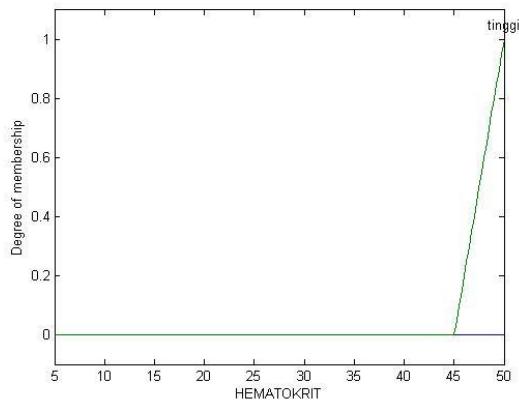
Contoh 2.7

Fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* tinggi pada variabel hematokrit

dengan himpunan *universal* $U = [5, 50]$.

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 45 \\ \frac{x-45}{5} & ; \quad 45 \leq x \leq 50 \\ 1 & ; \quad x \geq 50 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* Tinggi pada Variabel Hematokrit dengan $U = [5, 50]$

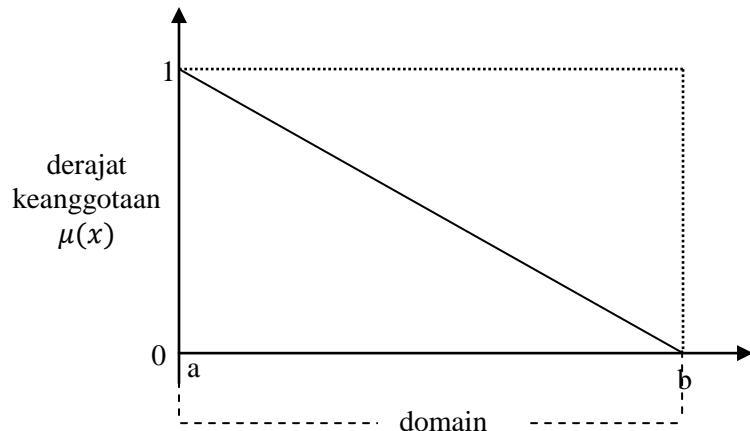
Misalkan, derajat keanggotaan hematokrit 48 pada himpunan *fuzzy* sangat tinggi adalah

$$\mu_{tinggi}(48) = \frac{48 - 45}{5} = \frac{3}{5} = 0,6$$

b. Representasi *Linear Turun*

Representasi *linear turun* merupakan kebalikan dari representasi *linear naik*. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan 1 (tertinggi) pada sisi kiri, kemudian bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

Grafik representasi linear turun ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.3 Grafik Representasi *Linear Turun*

dengan a : nilai domain saat $\mu(x) = 1$

b : nilai domain saat $\mu(x) = 0$

Fungsi keanggotaan:

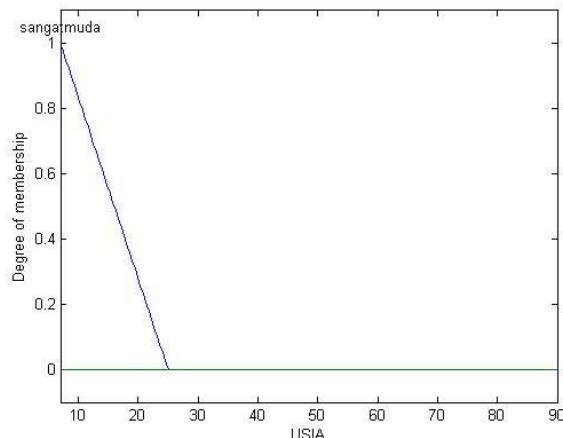
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 0 & ; \quad x \geq b \end{cases}$$

Contoh 2.8

Fungsi keanggotaan *linear turun* untuk himpunan *fuzzy* sangat muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [7, 90]$.

$$\mu_{\text{sangat_muda}}(x) = \begin{cases} \frac{25-x}{18} & ; \quad 7 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; \quad x \geq 25 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



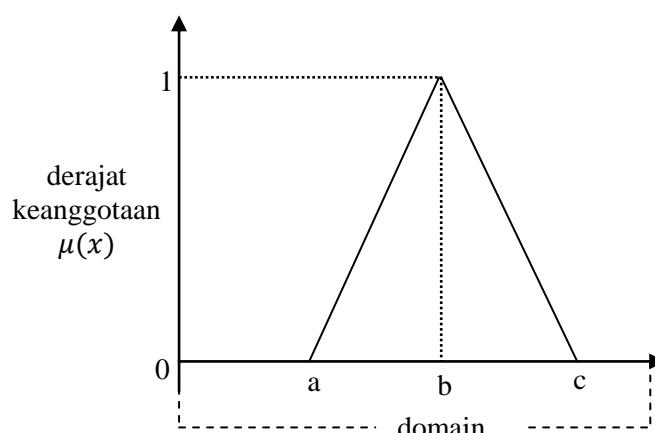
Gambar 2.4 Himpunan *Fuzzy Sangat Muda* pada Variabel Usia dengan
 $U = [5, 90]$

Misalkan, derajat keanggotaan usia 11 pada himpunan *fuzzy* sangat muda adalah

$$\mu_{\text{sangat_muda}}(11) = \frac{25 - 11}{18} = \frac{7}{9} = 0,777778$$

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis linear. Grafik representasi kurva segitiga ditunjukkan pada gambar berikut (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 11-12):



Gambar 2.5 Grafik Representasi Kurva Segitiga

dengan a : nilai domain terkecil saat $\mu(x) = 0$

b : nilai domain saat $\mu(x) = 1$

c : nilai domain terbesar saat $\mu(x) = 0$

Fungsi keanggotaan:

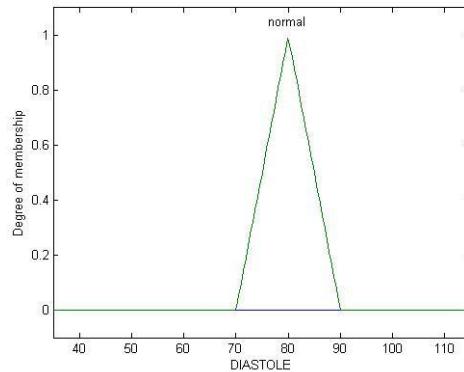
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

Contoh 2.9

Fungsi keanggotaan segitiga untuk himpunan *fuzzy* normal pada variabel *diastole* dengan himpunan *universal* $U = [35, 110]$.

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-70}{10} & ; 70 \leq x \leq 80 \\ \frac{90-x}{10} & ; 80 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



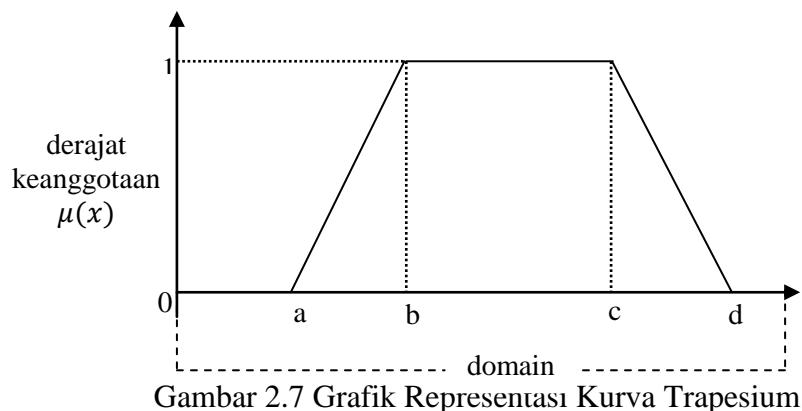
Gambar 2.6 Himpunan *Fuzzy Normal* pada Variabel *Diastole* dengan $U = [35, 115]$

Misalkan, derajat keanggotaan *diastole* 78 pada himpunan *fuzzy* normal adalah

$$\mu_{normal}(78) = \frac{78 - 70}{10} = 0,8$$

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Grafik representasi kurva trapesium ditunjukkan pada gambar berikut (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 12-13):



Gambar 2.7 Grafik Representasi Kurva Trapesium

dengan a : nilai domain terkecil saat $\mu(x) = 0$

b : nilai domain terkecil saat $\mu(x) = 1$

c : nilai domain terbesar saat $\mu(x) = 1$

d : nilai domain terbesar saat $\mu(x) = 0$

Fungsi keanggotaan:

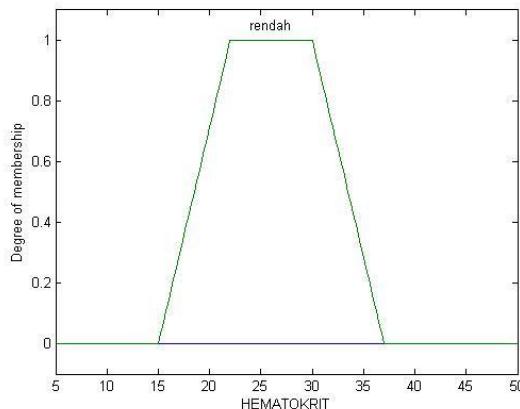
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c \leq x \leq d \end{cases}$$

Contoh 2.10

Fungsi keanggotaan segitiga untuk himpunan *fuzzy* rendah pada variabel hematokrit dengan himpunan *universal* $U = [5, 50]$.

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 37 \\ \frac{x-15}{7} & ; 15 \leq x \leq 22 \\ 1 & ; 22 \leq x \leq 30 \\ \frac{37-x}{7} & ; 30 \leq x \leq 37 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Himpunan *Fuzzy* Rendah pada Variabel Hematokrit dengan $U = [5, 50]$

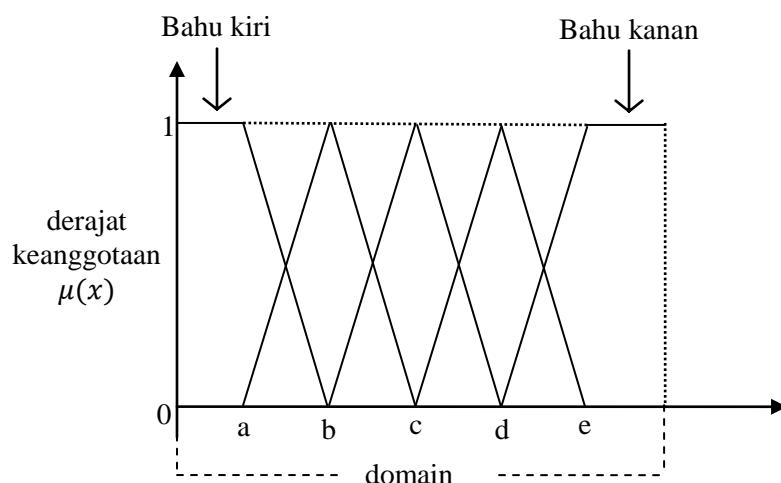
Misalkan, derajat keanggotaan hematokrit 21 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah

$$\mu_{rendah}(21) = \frac{21-15}{7} = \frac{6}{7} = 0,857143$$

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Representasi kurva bahu merupakan representasi dimana 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 *systole*, sangat rendah bergerak ke rendah bergerak ke normal bergerak ke tinggi dan bergerak ke sangat tinggi). Tetapi, salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami kenaikan atau penurunan derajat keanggotaannya. Sebagai contoh, pada variabel *systole* apabila telah mencapai

kondisi sangat tinggi, kenaikan akan tetap berada pada kondisi sangat tinggi. Himpunan *fuzzy* bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, sedangkan bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Grafik representasi kurva bentuk bahu ditunjukkan pada gambar berikut (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 14):



Gambar 2.9 Grafik Representasi Kurva 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 *linear* naik, *linear* turun, dan segitiga.

Contoh 2.11

Fungsi keanggotaan kurva bahu pada variabel *systole* dengan himpunan universal $U = [75, 170]$.

$$\mu_{\text{sangat_rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 75 \leq x \leq 80 \\ \frac{100-x}{20} & ; \quad 80 \leq x \leq 100 \\ 0 & ; \quad x \geq 100 \end{cases}$$

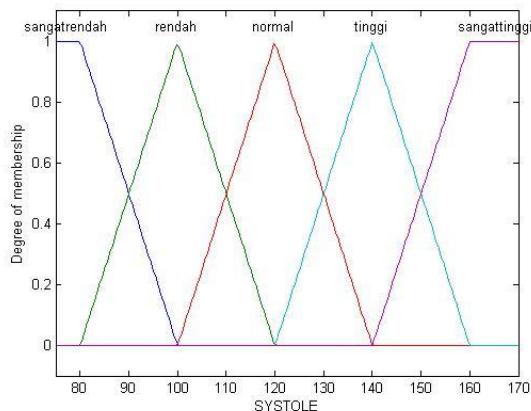
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 80 \text{ atau } x \geq 120 \\ \frac{x-80}{20} & ; \quad 80 \leq x \leq 100 \\ \frac{120-x}{20} & ; \quad 100 \leq x \leq 120 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 100 \text{ atau } x \geq 140 \\ \frac{x-100}{20} & ; \quad 100 \leq x \leq 120 \\ \frac{140-x}{20} & ; \quad 120 \leq x \leq 140 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 120 \text{ atau } x \geq 160 \\ \frac{x-120}{20} & ; \quad 120 \leq x \leq 140 \\ \frac{160-x}{20} & ; \quad 140 \leq x \leq 160 \end{cases}$$

$$\mu_{sangat_tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 140 \\ \frac{x-140}{20} & ; \quad 140 \leq x \leq 160 \\ 1 & ; \quad 160 \leq x \leq 170 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.10 Variabel *Systole* dengan $U = [75, 170]$

Misalkan, derajat keanggotaan 113 pada variabel *systole* adalah

$$\mu_{rendah}(113) = \frac{120 - 113}{20} = 0,35$$

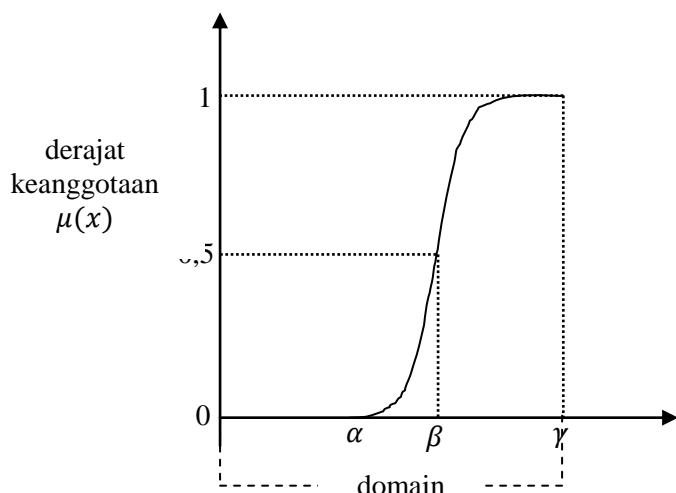
$$\mu_{normal}(113) = \frac{113 - 100}{20} = 0,65$$

5. Representasi Kurva-S

Kurva-S atau kurva *sigmoid* didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu α , γ , dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Fungsi keanggotaan pada kurva-S akan tertumpu pada 50% derajat keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Terdapat dua keadaan kurva-S, yaitu kurva pertumbuhan dan penyusutan yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 15-17).

a. Kurva Pertumbuhan

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (derajat keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (derajat keanggotaan = 1). Kurva pertumbuhan didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Grafik representasi kurva-S pertumbuhan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.11 Grafik Representasi Kurva-S Pertumbuhan

Fungsi keanggotaan:

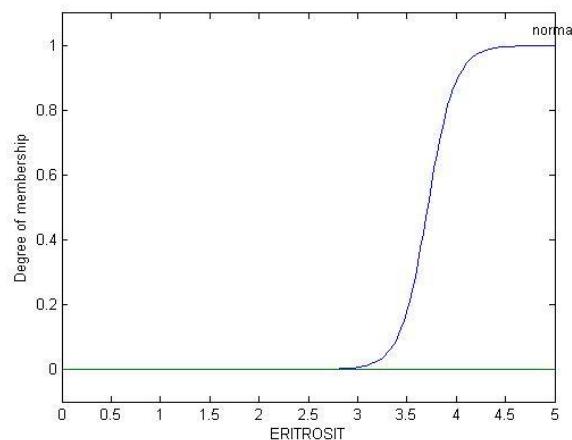
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2 & ; \quad \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2\left(\frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha}\right)^2 & ; \quad \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & ; \quad x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.12

Fungsi keanggotaan pada kurva pertumbuhan untuk himpunan *fuzzy* sangat normal pada variabel eritrosit dengan himpunan *universal* $U = [0, 5]$.

$$S(x; 8,6, 9,3, 10) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 3 \\ 2\left(\frac{x-3}{1,4}\right)^2 & ; \quad 3 \leq x \leq 3,7 \\ 1 - 2\left(\frac{4,4-x}{1,4}\right)^2 & ; \quad 3,7 \leq x \leq 4,4 \\ 1 & ; \quad x \geq 4,4 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



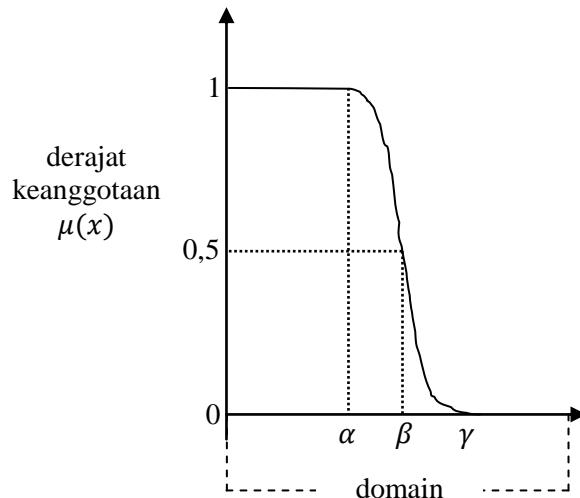
Gambar 2.12 Himpunan *Fuzzy Normal* pada Variabel Eritrosit dengan $U = [0, 5]$

Misalkan, derajat keanggotaan eritrosit 4,31 pada himpunan *fuzzy* sangat tinggi adalah

$$\mu_{normal} = 1 - 2 \left(\frac{4,4 - 4,31}{1,4} \right)^2 = 0,9917346939$$

b. Kurva Penyusutan

Kurva-S untuk penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (derajat keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (derajat keanggotaan = 0). Kurva pertumbuhan didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan lengkap (α), nilai keanggotaan nol (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Grafik representasi kurva-S penyusutan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.13 Grafik Representasi Kurva-S Penyusutan

Fungsi keanggotaan:

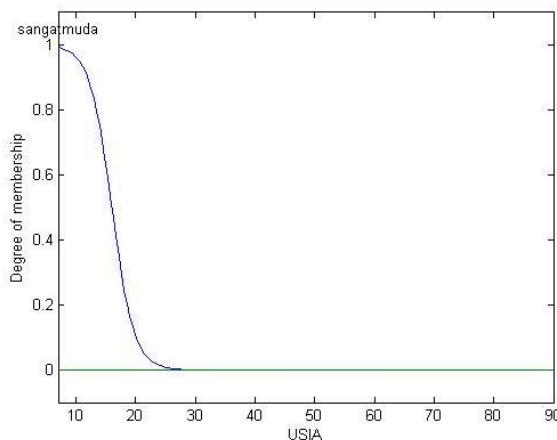
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq \alpha \\ 1 - 2 \left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \quad \alpha \leq x \leq \beta \\ 2 \left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \quad \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & ; \quad x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.13

Fungsi keanggotaan pada kurva penyusutan untuk himpunan *fuzzy* sangat muda pada variabel usia dengan himpunan *universal* $U = [7, 90]$.

$$S(x; 7, 16, 25) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 7 \\ 1 - 2\left(\frac{x-7}{18}\right)^2 & ; \quad 7 \leq x \leq 16 \\ 2\left(\frac{25-x}{18}\right)^2 & ; \quad 16 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; \quad x \geq 25 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.14 Himpunan *Fuzzy* Sangat Muda pada Variabel Usia dengan $U = [5, 90]$

Misalkan, derajat keanggotaan usia 11 pada himpunan *fuzzy* sangat muda adalah

$$\mu_{\text{sangat_muda}}(11) = 1 - 2\left(\frac{11-7}{18}\right)^2 = \frac{73}{81} = 0,9012346$$

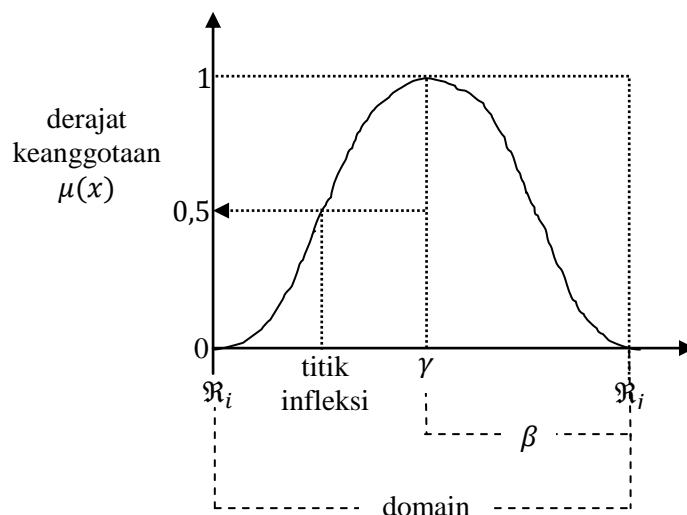
6. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Kurva berbentuk lonceng biasanya digunakan untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas yang

perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 18-23):

a. Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β). Grafik representasi kurva PI ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.15 Grafik Representasi Kurva PI

dengan titik infleksi merupakan titik yang memiliki domain 50% benar (nilai domain saat $\mu(x) = 0,5$).

Fungsi keanggotaan:

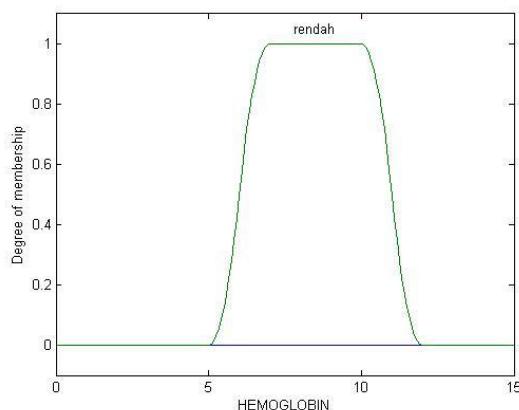
$$\Pi(x; \beta, \gamma) = \begin{cases} S\left(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma\right) & ; \quad x \leq \gamma \\ 1 - S\left(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta\right) & ; \quad x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.14

Fungsi keanggotaan pada kurva PI untuk himpunan *fuzzy* rendah pada variabel hemoglobin dengan himpunan *universal* $U = [0, 15]$.

$$\Pi(x; 3.5, 8.5) = \begin{cases} S(x; 5, 6.75, 8.5) & ; \quad x \leq 8.5 \\ 1 - S(x; 8.5, 10.25, 12) & ; \quad x > 8.5 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.16 Himpunan *Fuzzy* Rendah pada Variabel Hemoglobin dengan $U = [0, 15]$

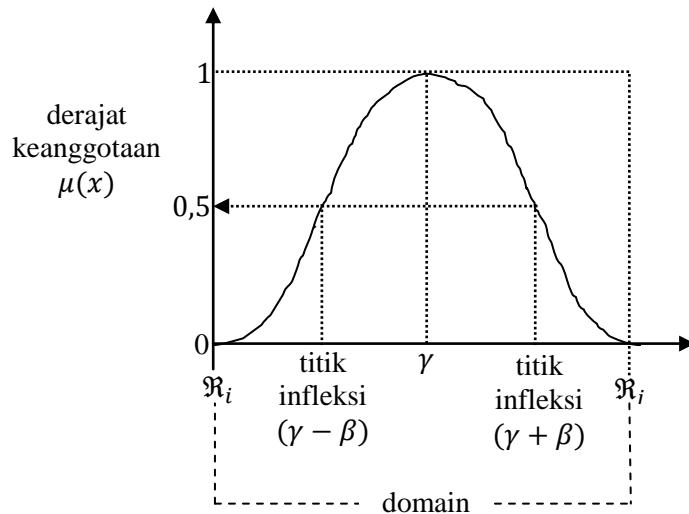
Misalkan, derajat keanggotaan hemoglobin 6,8 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah

$$\mu_{rendah}(6,8) = 2 \left(\frac{8,5 - 6,8}{2,9} \right)^2 = \frac{578}{841} = 0,687278$$

b. Kurva Beta

Seperti halnya kurva PI, kurva beta juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva beta didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β). Salah satu perbedaan mencolok pada kurva beta dengan kurva PI adalah fungsi keanggotaannya mendekati nol hanya jika nilai β sangat besar.

Grafik representasi kurva beta ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.17 Grafik Representasi Kurva Beta

Fungsi keanggotaan:

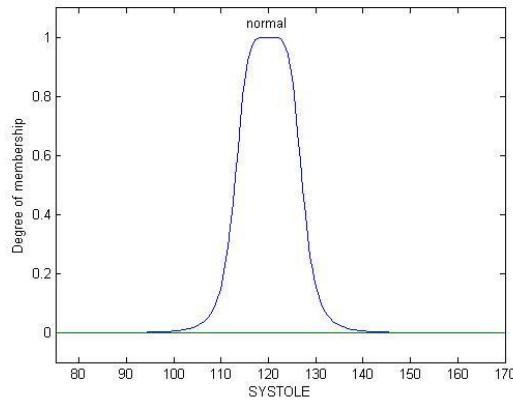
$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2}$$

Contoh 2.15

Fungsi keanggotaan pada kurva beta untuk himpunan *fuzzy* normal pada variabel *systole* dengan himpunan *universal* $U = [75, 170]$.

$$B(x; 120, 10) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - 120}{10}\right)^2}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



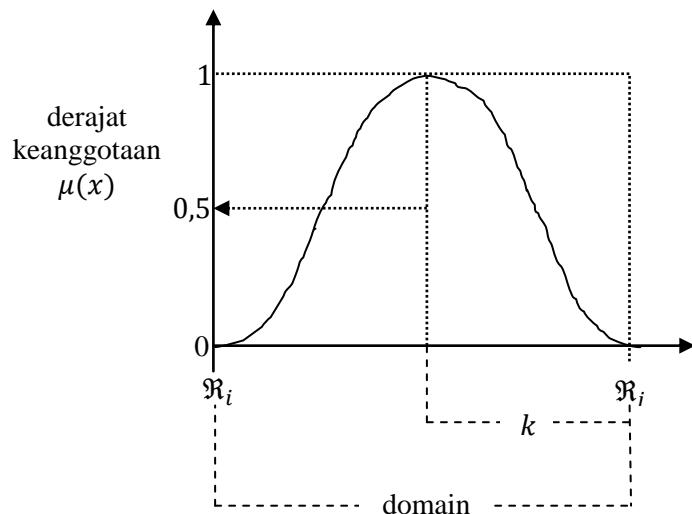
Gambar 2.18 Himpunan *Fuzzy Normal* pada Variabel *Systole* dengan
 $U = [75, 170]$

Misalkan, derajat keanggotaan *systole* 113 pada himpunan *fuzzy* normal adalah

$$\mu_{normal}(113) = \frac{1}{1 + \left(\frac{113 - 120}{10}\right)^2} = \frac{100}{149} = 0,6711409$$

c. Kurva Gauss

Jika kurva PI dan Beta menggunakan 2 parameter, yaitu γ dan β , kurva *Gauss* juga menggunakan γ untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan k yang menunjukkan lebar kurva. Grafik representasi kurva *Gauss* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.19 Grafik Representasi Kurva Gauss

Fungsi keanggotaan:

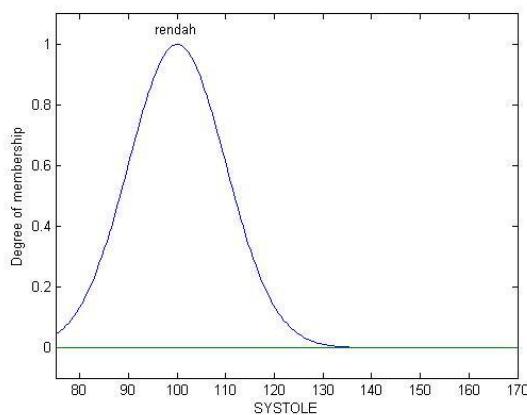
$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2}$$

Contoh 2.16

Fungsi keanggotaan pada kurva *Gauss* untuk himpunan *fuzzy* rendah pada variabel *systole* dengan himpunan *universal* $U = [75, 170]$.

$$G(x; 10, 100) = e^{-10(100-x)^2}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.20 Himpunan *Fuzzy* Rendah pada Variabel *Systole* dengan $U = [75, 170]$

Misalkan, derajat keanggotaan *systole* 99 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah

$$\mu_{rendah}(99) = e^{-10(100-99)^2} = e^{-10} = 4,539992976 \times 10^{-5}$$

E. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Seperti pada himpunan konvensional, terdapat beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus digunakan untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua atau lebih himpunan yang sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α – *predikat*. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 23-25):

1. Operator AND

Operator AND berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α – *prediksi* sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

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

Contoh 2.17

Misalkan derajat keanggotaan usia 70 pada himpunan *fuzzy* tua adalah 0,75 dan derajat keanggotaan *systole* 110 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah 0,5.

Dapat ditentukan α – *predikat* untuk usia tua dan *systole* rendah adalah

$$\begin{aligned}\mu_{tua \cap rendah}(70, 110) &= \min(\mu_{tua}(70), \mu_{rendah}(110)) \\ &= \min(0,75; 0,5) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

2. Operator OR

Operator OR berhubungan dengan operasi *union* pada himpunan. $\alpha - predikat$ sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terbesar antarelemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

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

Contoh 2.18

Misalkan derajat keanggotaan usia 70 pada himpunan *fuzzy* tua adalah 0,75 dan derajat keanggotaan *systole* 110 pada himpunan *fuzzy* rendah adalah 0,5.

Dapat ditentukan $\alpha - predikat$ untuk usia tua dan *systole* rendah adalah

$$\begin{aligned}\mu_{tua \vee rendah}(70, 110) &= \max(\mu_{tua}(70), \mu_{rendah}(110)) \\ &= \max(0,75; 0,5) \\ &= 0,75\end{aligned}$$

3. Operator NOT

Operator NOT berhubungan dengan operasi komplement pada himpunan. $\alpha - predikat$ sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

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

Contoh 2.19

Misalkan derajat keanggotaan usia 70 pada himpunan *fuzzy* tua adalah 0,75.

Dapat ditentukan $\alpha - predikat$ untuk usia tua adalah

$$\begin{aligned}
 \mu_{tua'}(70) &= 1 - \mu_{tua}(70) \\
 &= 1 - 0,75 \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

F. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 1). Terdapat dua macam proporsi *fuzzy*, yaitu proporsi *fuzzy* atomik (*atomic fuzzy proposition*) dan proporsi *fuzzy* gabungan (*compound fuzzy propositions*). Contoh proporsi *fuzzy* atomik misalkan, IF leukosit tinggi THEN diagnosa AML. Sedangkan contoh proporsi *fuzzy* gabungan misalkan, IF leukosit tinggi AND trombosit rendah THEN diagnosa ALL.

Beberapa kelebihan logika *fuzzy* diantaranya adalah (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 2-3):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.

4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert System* menjadi bagian terpenting. *Fuzzy Expert System* telah diaplikasikan dalam beberapa bidang, antara lain aplikasi teknik, pengenalan pola, aplikasi media, aplikasi finansial, dan sebagainya (Setiadji, 2009: 3-4).
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

G. Model *Fuzzy*

1. Metode pada Model *Fuzzy*

Model *fuzzy* dapat diartikan sebagai deskripsi linguistik (aturan IF-THEN) yang lengkap tentang proses yang dapat dikombinasikan ke dalam model (Wang, Li-Xing, 1997: 265). Terdapat 3 metode dalam pengambilan kesimpulan dengan model *fuzzy*, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Dalam penelitian ini, model *fuzzy* yang digunakan adalah model *fuzzy* Mamdani karena lebih sederhana dan mudah dipahami.

Metode Mamdani sering dikenal sebagai Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Sri Kusumadewi dan

Hari Purnomo, 2010: 37). Untuk mendapatkan *output* pada metode Mamdani, diperlukan 4 tahap, yaitu:

a. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy* (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 37).

Contoh 2.20

Variabel *input* usia dibagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu sangat muda, muda, dewasa, tua dan sangat tua. Sedangkan variabel *output* dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu AML, ALL, CML, dan CLL.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 37). Fungsi implikasi min akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Bentuk umum aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 28)

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $y \text{ is } B$

dengan \circ adalah operator (misal OR atau AND), x_1, x_2, \dots, x_N dan y adalah skalar, dan A_1, A_2, \dots, A_N dan B adalah himpunan *fuzzy*.

Contoh 2.21

Misalkan derajat keanggotaan usia 71 pada himpunan *fuzzy* dewasa adalah 0,3 dan pada himpunan *fuzzy* tua adalah 0,7. Derajat keanggotaan neutrofil

80,9 pada himpunan *fuzzy* normal adalah 0,455 dan pada himpunan *fuzzy* tinggi adalah 0,545. Aturan *fuzzy* yang digunakan sebagai berikut.

Rule 1 → IF usia dewasa AND neutrofil tinggi THEN terdiagnosa AML.

Rule 2 → IF usia dewasa AND neutrofil normal THEN terdiagnosa AML.

Rule 3 → IF usia tua AND neutrofil tinggi THEN terdiagnosa ALL.

Hasil implikasi ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Fungsi Implikasi

Rule	Usia	Neutrofil	Hasil Implikasi
1	0,3	0,545	0,3
2	0,3	0,455	0,3
3	0,7	0,545	0,545

c. Komposisi Aturan

Pada metode Mamdani, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive*, dan probabilistik OR (*probOR*). Dalam penelitian ini, komposisi aturan yang digunakan adalah komposisi aturan dengan metode *max* (*maximum*).

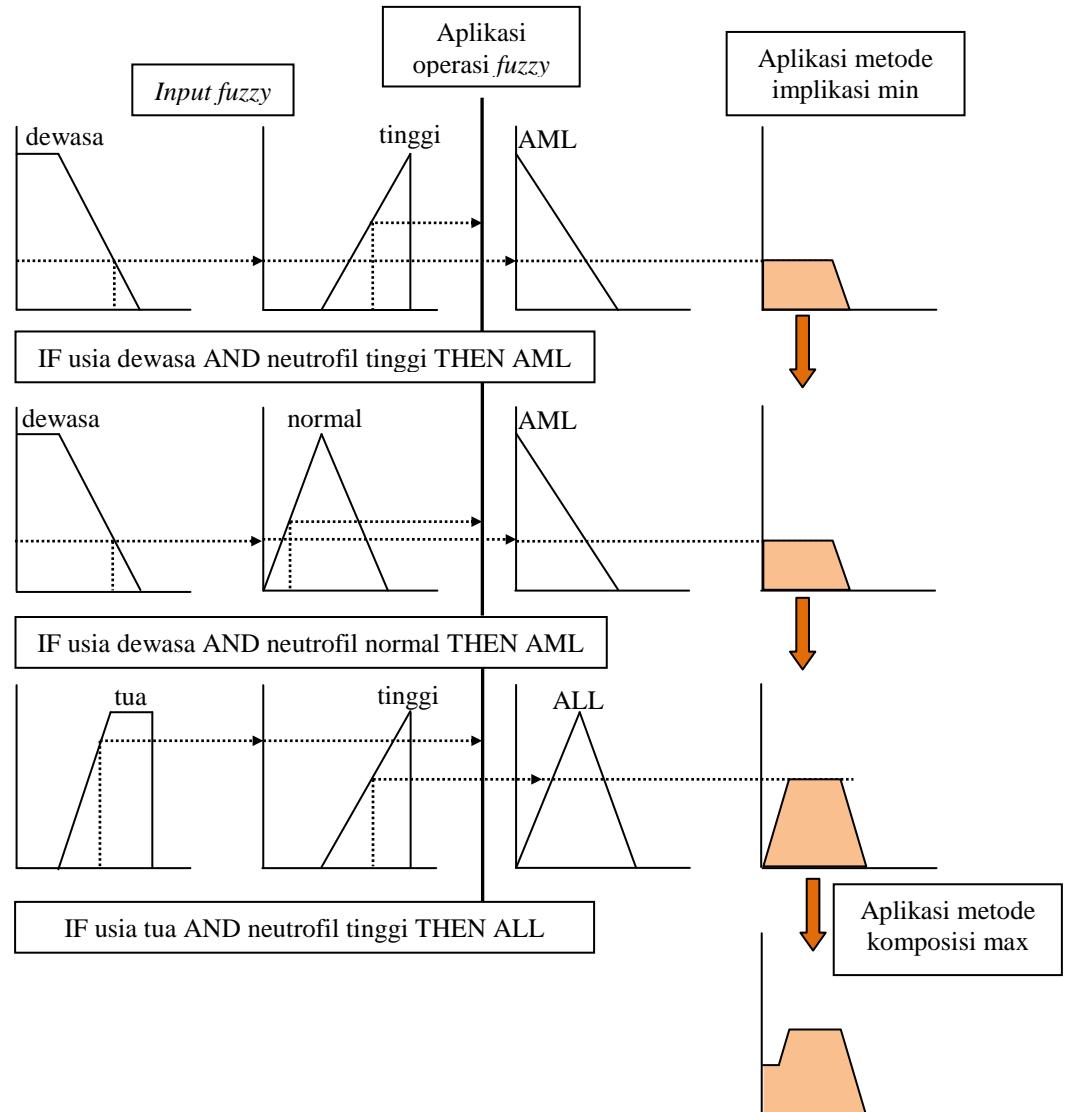
Pada metode *max*, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 38)

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i))$$

dengan

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuensi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*.



Gambar 2.21 Komposisi Aturan *Fuzzy*: Metode Max (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 39)

Contoh 2.22

Misalkan fungsi keanggotaan AML dan ALL adalah

$$\mu_{AML} = \begin{cases} 1 - x ; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 ; & x \geq 1 \end{cases}$$

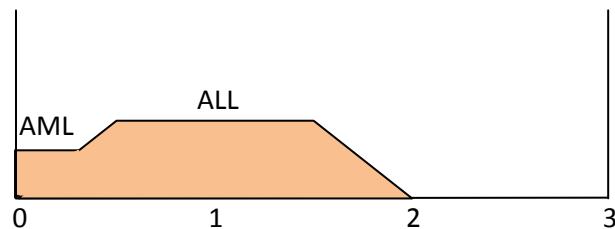
$$\mu_{ALL} = \begin{cases} 0 ; & x \geq 2 \\ x ; & 0 \leq x \leq 1 \\ 2 - x ; & 1 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

Pada Contoh 2.21 telah diperoleh hasil implikasi dan selanjutnya dilakukan inferensi dengan metode *Max* seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Hasil Inferensi dengan Metode Max

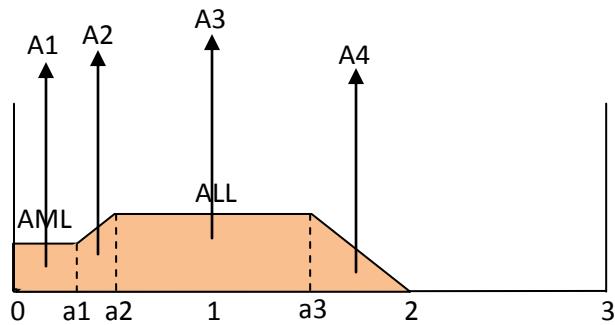
Rule	Hasil Implikasi	Diagnosa	
		AML	ALL
1	0,3		
2	0,3		
3	0,545		0,545

Hasil komposisi aturan tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2.22 Daerah Hasil Komposisi Aturan Fuzzy Metode Max

Selanjutnya, daerah hasil komposisi aturan *fuzzy* pada Gambar 2.22 dibagi menjadi 4 bagian seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.23 Daerah Hasil Komposisi Aturan *Fuzzy* Metode Max (2)

Berdasarkan Gambar 2.23 akan dicari nilai a_1 , a_2 dan a_3 sebagai berikut:

$$a_1 = 0,3$$

$$a_2 = 0,545$$

$$2 - a_3 = 0,545$$

$$a_3 = 2 - 0,545 = 1,455$$

Sehingga fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi aturan tersebut sebagai berikut:

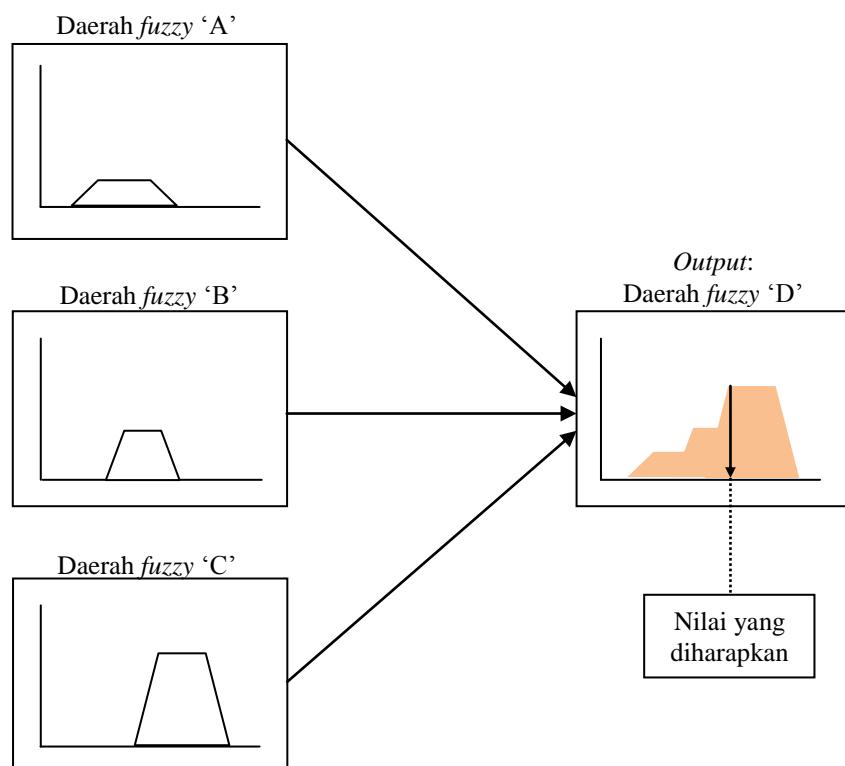
$$\mu(z) = \begin{cases} 0,3 & ; 0 \leq z \leq 0,3 \\ z & ; 0,3 \leq z \leq 0,545 \\ 0,545 & ; 0,545 \leq z \leq 1,455 \\ 2 - z & ; 1,455 \leq z \leq 2 \end{cases}$$

d. Penegasan (*Defuzzy*)

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

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi-komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy*.

tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 40).



Gambar 2.24 Proses Defuzzifikasi (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 40)

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani, antara lain (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 41-42):

a) Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad \text{untuk variabel kontinu, dan}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad \text{untuk variabel diskret}$$

dengan : z^* = hasil defuzzifikasi

z = nilai domain ke-j

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan z

Contoh 2.23

Pada contoh 2.22 telah diperoleh fungsi keanggotaan dari komposisi aturan. Selanjutnya akan dihitung momen pada setiap daerah.

$$M1 = \int_0^{0,3} (0,3)z dz = \frac{0,3z^2}{2} \Big|_0^{0,3} = 0,0135$$

$$\begin{aligned} M2 &= \int_{0,3}^{0,545} (z)z dz = \int_{0,3}^{0,545} z^2 dz = \frac{z^3}{3} \Big|_{0,3}^{0,545} \\ &= 0,04495954167 \end{aligned}$$

$$M3 = \int_{0,545}^{1,455} (0,545)z dz = 0,2725z^2 \Big|_{0,545}^{1,455} = 0,49595$$

$$\begin{aligned} M4 &= \int_{1,455}^2 (2 - z)z dz = \int_{1,455}^2 (2z - z^2) dz = z^2 - \frac{z^3}{3} \Big|_{1,455}^2 \\ &= 0,2430654583 \end{aligned}$$

Selanjutnya, akan dihitung luas setiap daerah hasil komposisi.

$$A1 = 0,3 \times 0,3 = 0,09$$

$$A2 = \frac{(0,3 + 0,545) \times (0,545 - 0,3)}{2} = 0,1035125$$

$$A3 = (1,455 - 0,545) \times 0,545 = 0,49595$$

$$A4 = \frac{(2 - 1,455) \times 0,545}{2} = 0,1485125$$

Sehingga diperoleh hasil defuzzifikasi

$$\begin{aligned} z^* &= \frac{0,0135 + 0,04495954167 + 0,49595 + 0,2430654583}{0,09 + 0,1035125 + 0,49595 + 0,1485125} \\ &= 0,9516692025 \end{aligned}$$

Kemudian, hasil defuzzifikasi tersebut disubstitusikan dalam fungsi keanggotaan pada masing-masing *output* dan selanjutnya dipilih yang memiliki derajat keanggotaan terbesar.

$$\mu_{AML}(0,9516692025) = 1 - 0,9516692025 = 0,0483307975$$

$$\mu_{ALL}(0,9516692025) = 0,9516692025$$

Karena derajat keanggotaan terbesar dimiliki oleh himpunan *fuzzy* ALL, maka pasien terdiagnosa ALL.

b) Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

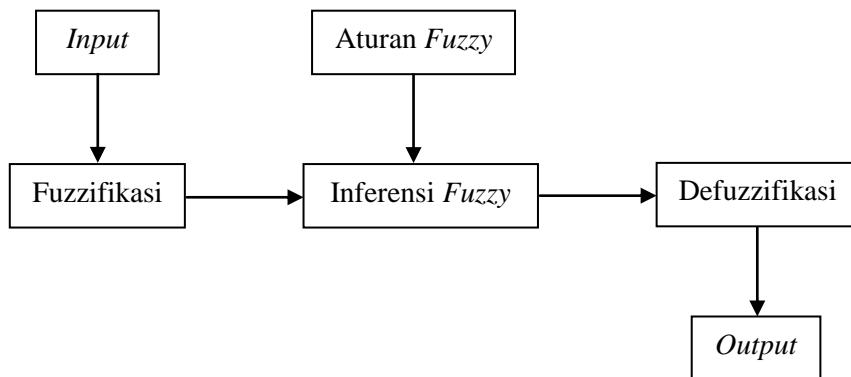
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2. Langkah-Langkah Pemodelan Fuzzy

Langkah-langkah pemodelan fuzzy dapat digambarkan pada diagram berikut:



Gambar 2.25 Proses Pemodelan Fuzzy (Wang, Li-Xing, 1997: 7)

Berdasarkan Gambar 2.25 di atas, 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. Sedangkan *output* adalah hasil dari keluaran atau kesimpulan dari *input* pada suatu sistem.

Contoh 2.24

Pada penelitian ini digunakan 14 *input*, yaitu usia, jenis kelamin, *systole*, *diastole*, denyut nadi, leukosit, neutrofil, limfosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, trombosit, kesadaran, dan demam. Sedangkan *outputnya* adalah diagnosa pasien, yaitu AML, ALL, CML dan CLL.

b. Fuzzifikasi

Langkah yang dilakukan dalam model fuzzy setelah menentukan *input* dan *output* adalah memetakan himpunan tegas ke dalam himpunan

fuzzy yang dinamakan fuzzifikasi. Fuzzifikasi diawali dengan mengubah himpunan tegas kedalam nilai keanggotaan dengan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* untuk setiap variabel (Setiadji, 2009: 178). Terdapat 3 jenis fuzzifikasi, salah satunya adalah fuzzifikasi *singleton*.

Fuzzifikasi *singleton* dilakukan dengan memetaan himpunan tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ kedalam himpunan *fuzzy singleton* $A' \in U$ dengan derajat keanggotaannya 1 jika pada x^* dan 0 untuk lainnya.

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

dengan x^* : himpunan tegas

Fuzzifikasi *singleton* menyederhanakan perhitungan di dalam sistem inferensi untuk semua jenis fungsi keanggotaan aturan *fuzzy*. (Li-Xing Wang, 1997: 105)

c. Menentukan Aturan *Fuzzy*

Sebuah pengetahuan aturan *fuzzy* dipresentasikan dalam aturan *fuzzy IF-THEN*. Bentuk umum aturan IF-THEN adalah (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 28)

IF x is A, THEN y is B

dengan x dan y adalah salar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. “ x is A” disebut anteseden (premis), sedangkan “ y is B” disebut konsekuensi (kesimpulan). Aturan ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 28)

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN y is B

dengan $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ menyatakan anteseden, “y is B” menyatakan konsekuensi, dan “ \circ ” menyatakan operator fuzzy (misal AND atau OR).

Contoh 2.25

IF usia tua AND leukosit sangat tinggi AND trombosit sangat rendah
THEN AML.

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 Defuzzifikasi

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

f. Menentukan Tingkat Keberhasilan

Tingkat keberhasilan suatu model dapat diukur dengan menghitung tingkat keakuratan (*accuracy*) model. *Accuracy* model dihitung dengan membandingkan banyaknya diagnosa model yang benar dengan banyaknya data yang digunakan.

$$\text{accuracy} = \frac{\text{banyaknya diagnosa model benar}}{\text{banyaknya seluruh data yang digunakan}} \times 100\%$$

H. Fuzzy Inference System (FIS)

FIS dapat dibangun melalui 2 metode, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Pada metode Mamdani, keluaran FIS berupa *fuzzy set* dan bukan sekedar

inversi dari fungsi keanggotaan *output*. Sedangkan pada metode sugeno, FIS dapat diaplikasikan pada sembarang model inferensi sistem dimana fungsi keanggotaan keluaran adalah konstan atau *linear* (Agus Naba, 2009: 29-35).

Fuzzy Inference System (FIS) dapat dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:

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 subbab 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 R2012b telah disediakan *Fuzzy Logic Toolbox* yang dapat digunakan untuk membangun model *fuzzy*.

BAB III **METODE PENELITIAN**

A. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi. Pada penelitian ini, data diperoleh dari hasil rekam medis pasien *leukemia* Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

B. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pasien *leukemia* baik pasien rawat jalan maupun pasien rawat inap di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

Sampel yang diambil pada penelitian ini merupakan data pasien rawat inap *leukemia* dari tahun 2010 – 2013 yang berjumlah 74 data pasien di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

C. Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder internal (Etta Mamang dan Sarpiyah, 2010: 49), karena pada penelitian ini data yang diperoleh merupakan hasil kumpulan data tahun 2010 – 2013 yang terdapat di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil laboratorium dan data pasien *leukemia*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Usia
2. Jenis Kelamin

3. *Systole*
4. *Diastole*
5. Denyut Nadi
6. Leukosit
7. Neutrofil
8. Limfosit
9. Eritrosit
10. Hemoglobin
11. Hematokrit
12. Trombosit
13. Kesadaran
14. Demam

D. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian : Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta

Waktu Penelitian : 22 Februari 2014 – 29 Maret 2014

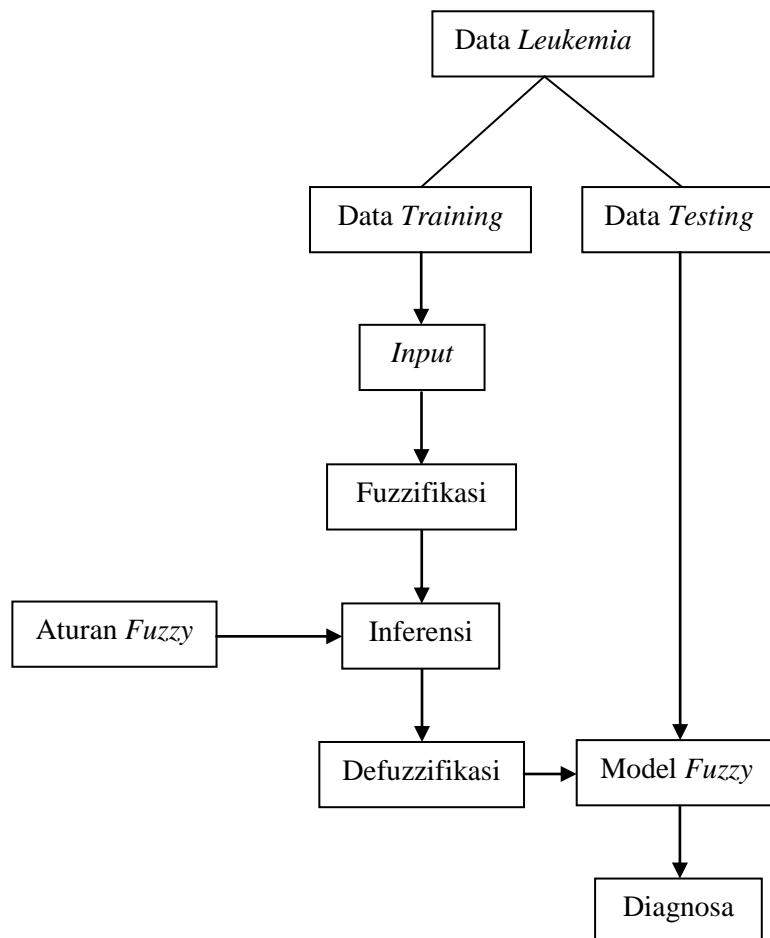
E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan membagi data menjadi 2, yaitu data *training* yang digunakan untuk membangun model dan data *testing* yang digunakan untuk validasi model. Dari 74 data yang diperoleh, 60 merupakan data *training* dan 14 merupakan data *testing*. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi Data (menentukan *input* dan *output*).
2. Menentukan himpunan *universal* dan himpunan *fuzzy*.

3. Menentukan aturan *fuzzy*.
4. Melakukan inferensi *fuzzy*.
5. Melakukan defuzzifikasi.
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 Jenis *Leukemia*

BAB IV **PEMBAHASAN**

A. Diagnosa dengan Sistem *Fuzzy*

Model *fuzzy* telah diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam proses diagnosa medis. Dalam penelitian ini, akan dilakukan diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan model *fuzzy*. Langkah-langkah diagnosa jenis *leukemia* dengan menggunakan model *fuzzy* adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Data *Leukemia*

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini sebanyak 74 data yang kemudian dibagi menjadi 2 data, yaitu 60 data *training* dan 14 data *testing*. Data tersebut terdiri dari 14 *input* dan 1 *output* yang merupakan hasil diagnosa jenis *leukemia*.

a. *Input*

Input yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada faktor risiko, gejala *leukemia*, referensi-referensi mengenai diagnosa *leukemia*, penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dan data yang diperoleh. Dalam penelitian ini digunakan 14 *input*, yaitu usia, jenis kelamin, *systole*, *diastole*, denyut nadi, leukosit, neutrofil, limfosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, trombosit, kesadaran dan demam.

b. *Output*

Output yang akan dihasilkan dalam penelitian ini adalah diagnosa jenis *leukemia*, yaitu AML, ALL, CML dan CLL.

2. Menentukan Himpunan *Universal* (U) dan Himpunan *Fuzzy*

a. Menentukan Himpunan *Universal* (U)

Himpunan *universal* merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *universal* diperoleh berdasarkan nilai maksimum dan minimum dari setiap variabel data yang diperoleh.

1) Himpunan *Universal* pada Variabel *Input*

Berdasarkan data yang diperoleh, maka himpunan *universal* pada setiap *input* diagnosa penyakit *leukemia* sebagai berikut:

a) Usia

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui usia termuda adalah 9 tahun dan usia tertua adalah 86 tahun, sehingga himpunan *universal* untuk variabel usia adalah $[5, 90]$.

b) Jenis Kelamin

Terdapat 2 kategori jenis kelamin, yaitu laki-laki dan perempuan. Kedua kategori ini merupakan data linguistik, sehingga perlu diubah menjadi data numerik dengan memisalkan laki-laki dengan angka 0 dan perempuan dengan angka 1. Sehingga himpunan *universal* untuk jenis kelamin adalah $[0,1]$.

c) *Systole*

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui *systole* terendah adalah 80

dan *systole* tertinggi adalah 167, sehingga himpunan *universal* untuk variabel *systole* adalah [75, 170].

d) *Diastole*

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui *diastole* terendah adalah 40 dan *diastole* tertinggi adalah 110, sehingga himpunan *universal* untuk variabel *diastole* adalah [35, 115].

e) *Denyut Nadi*

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui denyut nadi terendah adalah 46 dan denyut nadi tertinggi adalah 127, sehingga himpunan *universal* untuk variabel denyut nadi adalah [45, 130].

f) *Leukosit*

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui leukosit terendah adalah 3,1 dan leukosit tertinggi adalah 372,92, sehingga himpunan *universal* untuk variabel leukosit adalah [0, 375].

g) *Neutrofil*

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui neutrofil terendah adalah 0,636 dan neutrofil tertinggi adalah 97, sehingga himpunan *universal* untuk variabel neutrofil adalah [0, 100].

h) Limfosit

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui limfosit terendah adalah 0,234 dan limfosit tertinggi adalah 94,8, sehingga himpunan *universal* untuk variabel limfosit adalah [0, 95].

i) Eritrosit

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui eritrosit terendah adalah 0,67 dan eritrosit tertinggi adalah 4,81, sehingga himpunan *universal* untuk variabel eritrosit adalah [0, 5].

j) Hemoglobin

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui hemoglobin terendah adalah 1,6 dan hemoglobin tertinggi adalah 14, sehingga himpunan *universal* untuk variabel hemoglobin adalah [0, 15].

k) Hematokrit

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui hematokrit terendah adalah 6,23 dan hematokrit tertinggi adalah 45, sehingga himpunan *universal* untuk variabel hematokrit adalah [5, 50].

l) Trombosit

Berdasarkan data yang diperoleh di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, diketahui trombosit terendah adalah

16 dan trombosit tertinggi adalah 1317, sehingga himpunan *universal* untuk variabel trombosit adalah [15, 1320].

m) Kesadaran

Terdapat 3 kategori kesadaran, yaitu sadar, menurun dan tidak sadar. Ketiga kategori ini merupakan data linguistik, sehingga perlu diubah menjadi data numerik dengan memisalkan sadar dengan angka 0, menurun dengan angka 1, dan tidak sadar dengan angka 2. Sehingga himpunan *universal* untuk kesadaran adalah [0,2].

n) Demam

Terdapat 2 kategori demam, yaitu ya dan tidak demam. Kedua kategori ini merupakan data linguistik, sehingga perlu diubah menjadi data numerik dengan memisalkan ya dengan angka 0 dan tidak dengan angka 1. Sehingga himpunan *universal* untuk demam adalah [0,1].

2) Himpunan *Universal* pada Variabel *Output*

Output pada penelitian kali ini adalah hasil diagnosa jenis penyakit *leukemia*, yaitu AML yang dimisalkan dengan angka 0, ALL yang dimisalkan dengan angka 1, CML yang dimisalkan dengan angka 2 dan CLL yang dimisalkan dengan angka 3, sehingga himpunan *universal* pada hasil diagnosa adalah [0, 3].

b. Menentukan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan pengembangan dari konsep himpunan tegas. Pada penelitian ini, data yang diperoleh berupa himpunan tegas yang kemudian diubah menjadi himpunan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan.

1) Himpunan *Fuzzy* pada *Input*

Fungsi keanggotaan *fuzzy* pada variabel *input* yang akan digunakan adalah fungsi pendekatan kurva segitiga, trapesium dan kurva bentuk bahu.

Berdasarkan data yang diperoleh dan mengacu pada buku *Patients' Guide to Leukemia* serta pendapat dari ahlinya, himpunan *fuzzy* ditentukan sebagai berikut.

a) Usia

Usia dibagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu:

(1) Usia Sangat Muda (SM) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SM}(x) = \begin{cases} \frac{25-x}{20} & ; \quad 5 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; \quad x \geq 25 \end{cases}$$

(2) Usia Muda (M) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 5 \text{ atau } x \geq 45 \\ \frac{x-5}{20} & ; \quad 5 \leq x \leq 25 \\ \frac{45-x}{20} & ; \quad 25 \leq x \leq 45 \end{cases}$$

(3) Usia Dewasa (D) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_D(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 65 \\ \frac{x-25}{20} ; & 25 \leq x \leq 45 \\ \frac{65-x}{20} ; & 45 \leq x \leq 65 \end{cases}$$

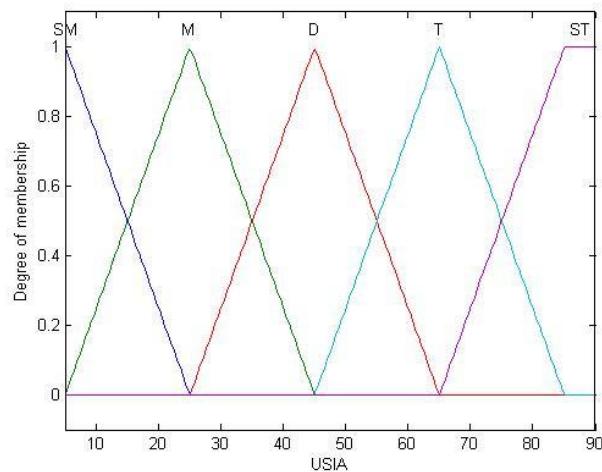
(4) Usia Tua (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 45 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-45}{20} ; & 45 \leq x \leq 65 \\ \frac{85-x}{20} ; & 65 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

(5) Usia Sangat Tua (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 65 \\ \frac{x-65}{20} ; & 65 \leq x \leq 85 \\ 1 ; & 85 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan fuzzy pada variabel usia ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan Variabel Usia pada Himpunan *Universal* [5, 90]

b) Jenis kelamin

Jenis Kelamin dibagi menjadi 2, yaitu laki-laki dan perempuan dengan nilai keanggotaan sebagai berikut:

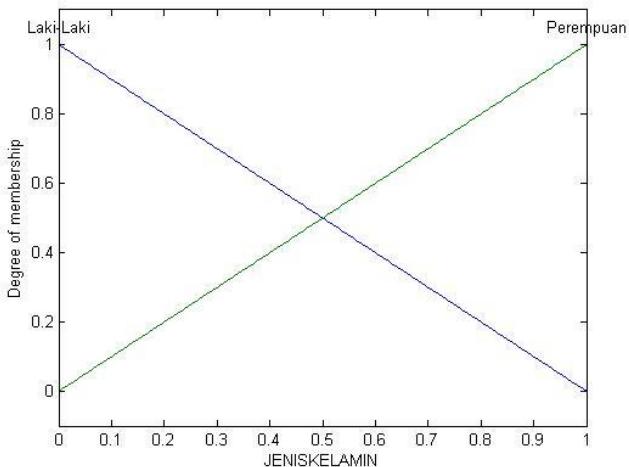
(1) Fungsi keanggotaan Laki-Laki sebagai berikut:

$$\mu_{Laki-Laki}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x = \text{laki - laki} \\ 0 & ; \quad x = \text{perempuan} \end{cases}$$

(2) Fungsi keanggotaan Perempuan sebagai berikut:

$$\mu_{Perempuan}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x = \text{perempuan} \\ 0 & ; \quad x = \text{laki - laki} \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel jenis kelamin ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan Variabel Jenis Kelamin pada Himpunan Universal $[0, 1]$

c) *Systole*

Systole dibagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) *Systole Sangat Rendah* (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 75 \leq x \leq 80 \\ \frac{100-x}{20} & ; \quad 80 \leq x \leq 100 \\ 0 & ; \quad x \geq 100 \end{cases}$$

- (2) *Systole Rendah* (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 80 \text{ atau } x \geq 120 \\ \frac{x-80}{20} & ; \quad 80 \leq x \leq 100 \\ \frac{120-x}{20} & ; \quad x \geq 100 \end{cases}$$

(3) *Systole* Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 100 \text{ atau } x \geq 140 \\ \frac{x - 100}{20} & ; \quad 100 \leq x \leq 120 \\ \frac{140 - x}{20} & ; \quad 120 \leq x \leq 140 \end{cases}$$

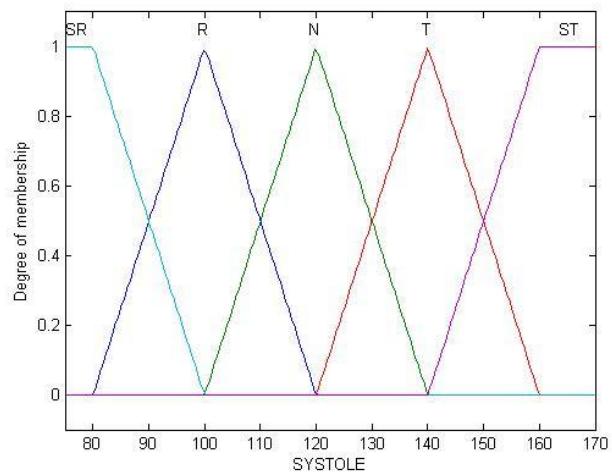
(4) *Systole* Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 120 \text{ atau } x \geq 160 \\ \frac{x - 120}{20} & ; \quad 120 \leq x \leq 140 \\ \frac{160 - x}{20} & ; \quad 140 \leq x \geq 160 \end{cases}$$

(5) *Systole* Sangat Tinggi (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 140 \\ \frac{x - 140}{20} & ; \quad 140 \leq x \leq 160 \\ 1 & ; \quad 160 \leq x \leq 170 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel *systole* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan Variabel *Systole* pada Himpunan Universal [75, 170]

d) *Diastole*

Diastole dibagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) *Diastole* Sangat Rendah (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 35 \leq x \leq 60 \\ \frac{70-x}{10} & ; \quad 60 \leq x \leq 70 \\ 0 & ; \quad x \geq 70 \end{cases}$$

- (2) *Diastole* Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 60 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x-60}{10} & ; \quad 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{80-x}{10} & ; \quad x \geq 70 \end{cases}$$

(3) *Diastole* Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-70}{10} & ; \quad 70 \leq x \leq 80 \\ \frac{90-x}{10} & ; \quad 80 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

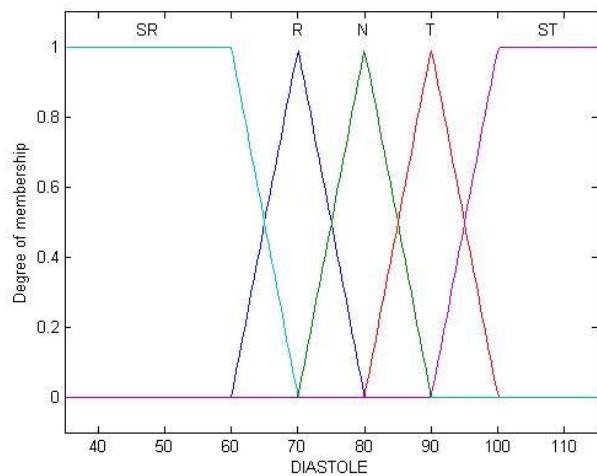
(4) *Diastole* Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 80 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{x-80}{10} & ; \quad 80 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10} & ; \quad 90 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

(5) *Diastole* Sangat Tinggi (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 90 \\ \frac{x-90}{10} & ; \quad 90 \leq x \leq 100 \\ 1 & ; \quad 100 \leq x \leq 115 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan fuzzy pada variabel *diastole* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Variabel *Diastole* pada Himpunan Universal [35, 115]

e) Denyut Nadi

Denyut Nadi dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Denyut Nadi Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{70-x}{15} & ; \quad 55 \leq x \leq 70 \\ 0 & ; \quad x \geq 70 \end{cases}$$

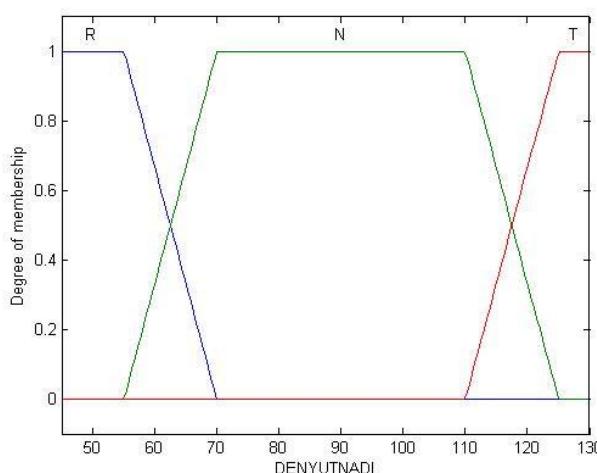
- (2) Denyut Nadi Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 55 \text{ atau } x \geq 125 \\ \frac{x-55}{15} & ; \quad 55 \leq x \leq 70 \\ 1 & ; \quad 70 \leq x \leq 110 \\ \frac{125-x}{15} & ; \quad 110 \leq x \leq 125 \end{cases}$$

(3) Denyut Nadi Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 110 \\ \frac{x - 110}{15} & ; \quad 110 \leq x \leq 125 \\ 1 & ; \quad 125 \leq x \leq 130 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel denyut nadi ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Denyut Nadi pada Himpunan Universal [45, 130]

f) Leukosit

Leukosit dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu:

(1) Leukosit Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{4-x}{4} & ; \quad 0 \leq x \leq 4 \\ 0 & ; \quad x \geq 4 \end{cases}$$

(2) Leukosit Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} \frac{x}{4} ; & 0 \leq x \leq 4 \\ 1 ; & 4 \leq x \leq 11 \\ \frac{15-x}{4} ; & 11 \leq x \leq 15 \\ 0 ; & x \geq 15 \end{cases}$$

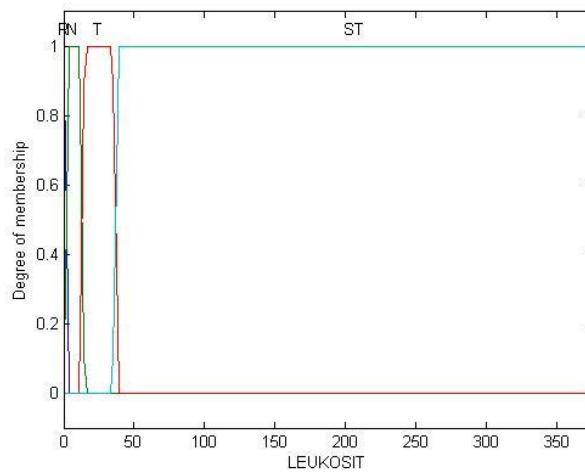
(3) Leukosit Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 11 \text{ atau } x \geq 39 \\ \frac{x-11}{4} ; & 11 \leq x \leq 15 \\ 1 ; & 15 \leq x \leq 35 \\ \frac{39-x}{4} ; & 35 \leq x \leq 39 \end{cases}$$

(4) Leukosit Sangat Tinggi (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 35 \\ \frac{x-35}{4} ; & 35 \leq x \leq 39 \\ 1 ; & 39 \leq x \leq 375 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel leukosit ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Leukosit pada Himpunan *Universal* [0, 375]

g) Neutrofil

Neutrofil dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Neutrofil Sangat Rendah (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} \frac{20-x}{20} & ; \quad 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; \quad x \geq 20 \end{cases}$$

- (2) Neutrofil Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{x}{20} & ; \quad 0 \leq x \leq 20 \\ 1 & ; \quad 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{50-x}{20} & ; \quad 30 \leq x \leq 50 \\ 0 & ; \quad x \geq 50 \end{cases}$$

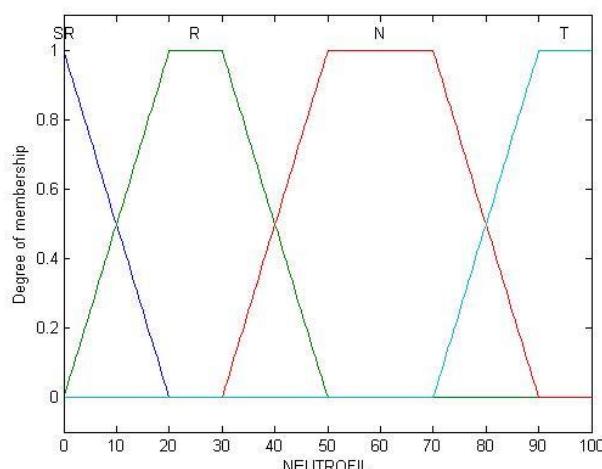
(3) Neutrofil Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-30}{20} ; & 30 \leq x \leq 50 \\ 1 ; & 50 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20} ; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

(4) Neutrofil Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 70 \\ \frac{x-70}{20} ; & 70 \leq x \leq 90 \\ 1 ; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel neutrofil ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Neutrofil pada Himpunan Universal [0, 100]

h) Limfosit

Limfosit dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Limfosit Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \leq x \leq 10 \\ \frac{25-x}{15} & ; \quad 10 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; \quad x \geq 25 \end{cases}$$

- (2) Limfosit Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 10 \text{ atau } x \geq 55 \\ \frac{x-10}{15} & ; \quad 10 \leq x \leq 25 \\ 1 & ; \quad 25 \leq x \leq 40 \\ \frac{55-x}{15} & ; \quad 40 \leq x \leq 55 \end{cases}$$

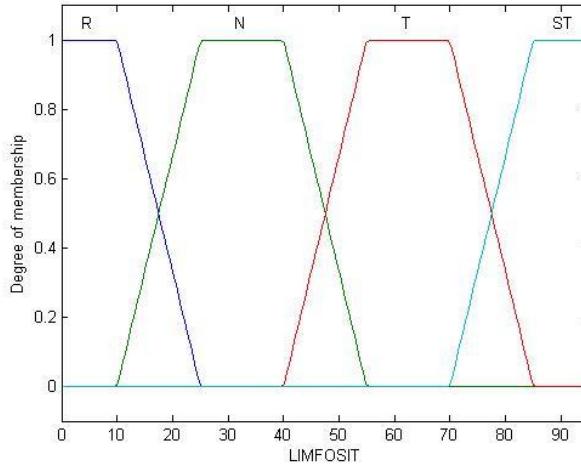
- (3) Limfosit Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 40 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-40}{15} & ; \quad 40 \leq x \leq 55 \\ 1 & ; \quad 55 \leq x \leq 70 \\ \frac{85-x}{15} & ; \quad 70 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

- (4) Limfosit Sangat Tinggi (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 70 \\ \frac{x-70}{15} & ; \quad 70 \leq x \leq 85 \\ 1 & ; \quad 85 \leq x \leq 95 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel limfosit ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Limfosit pada Himpunan *Universal* $[0, 95]$

i) Eritrosit

Eritrosit dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Eritrosit Sangat Rendah (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \leq x \leq 0,2 \\ \frac{1,6 - x}{1,4} & ; \quad 0,2 \leq x \leq 1,6 \\ 0 & ; \quad x \geq 1,6 \end{cases}$$

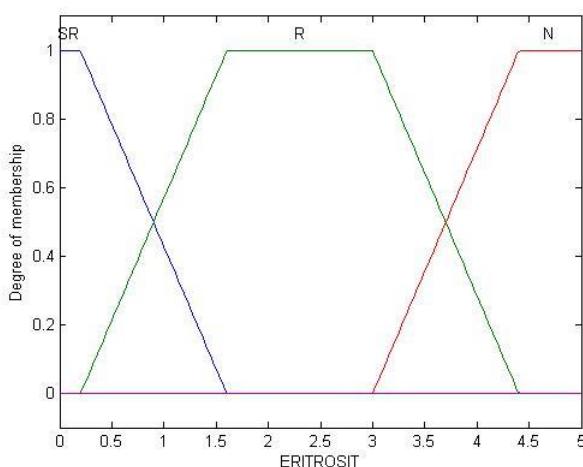
- (2) Eritrosit Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0,2 \text{ atau } x \geq 4,4 \\ \frac{x - 0,2}{1,4} & ; \quad 0,2 \leq x \leq 1,6 \\ 1 & ; \quad 1,6 \leq x \leq 3 \\ \frac{4,4 - x}{1,4} & ; \quad 3 \leq x \leq 4,4 \end{cases}$$

(3) Eritrosit Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 3 \text{ atau } x \geq 7,2 \\ \frac{x-3}{1,4} & ; 3 \leq x \leq 4,4 \\ 1 & ; 4,4 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel eritrosit ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan Variabel Eritrosit pada Himpunan Universal $[0, 5]$

j) Hemoglobin

Hemoglobin dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu:

(1) Hemoglobin Sangat Rendah (SR) dengan fungsi

keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{2} & ; 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & ; x \geq 7 \end{cases}$$

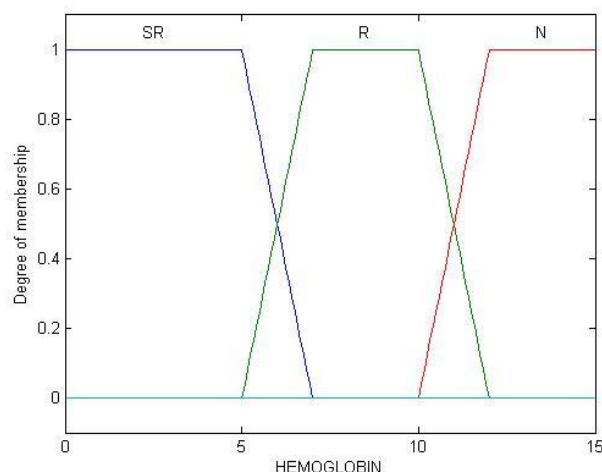
(2) Hemoglobin Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 5 \text{ atau } x \geq 12 \\ \frac{x-5}{2} & ; 5 \leq x \leq 7 \\ 1 & ; 7 \leq x \leq 10 \\ \frac{12-x}{2} & ; 10 \leq x \leq 12 \end{cases}$$

(3) Hemoglobin Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 10 \text{ atau } x \geq 18 \\ \frac{x-10}{2} & ; 10 \leq x \leq 12 \\ 1 & ; 12 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel hemoglobin ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan Variabel Hemoglobin pada Himpunan Universal [0, 15]

k) Hematokrit

Hematokrit dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Hematokrit Sangat Rendah (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad 5 \leq x \leq 15 \\ \frac{22-x}{7} & ; \quad 15 \leq x \leq 22 \\ 0 & ; \quad x \geq 22 \end{cases}$$

- (2) Hematokrit Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 15 \text{ atau } x \geq 37 \\ \frac{x-15}{7} & ; \quad 15 \leq x \leq 22 \\ 1 & ; \quad 22 \leq x \leq 30 \\ \frac{37-x}{7} & ; \quad 30 \leq x \leq 37 \end{cases}$$

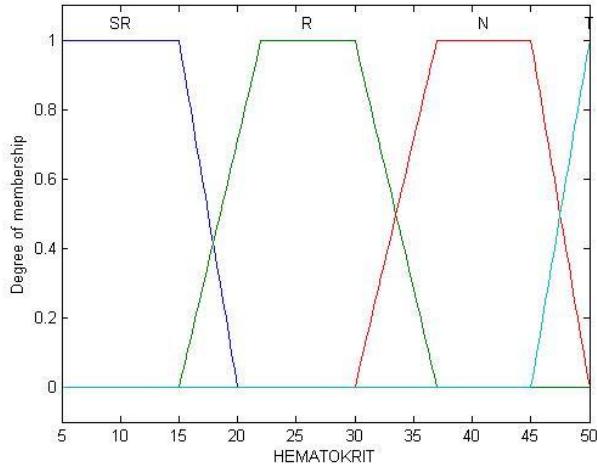
- (3) Hematokrit Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 30 \\ \frac{x-30}{7} & ; \quad 30 \leq x \leq 37 \\ 1 & ; \quad 37 \leq x \leq 45 \\ \frac{50-x}{5} & ; \quad 45 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

- (4) Hematokrit Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 45 \\ \frac{x-45}{5} & ; \quad 45 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel hematokrit ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan Variabel Hematokrit pada Himpunan Universal [5, 50]

I) Trombosit

Trombosit dibagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu:

- (1) Trombosit Sangat Rendah (SR) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{SR}(x) = \begin{cases} 1 & ; 15 \leq x \leq 30 \\ \frac{60-x}{30} & ; 30 \leq x \leq 60 \\ 0 & ; x \geq 60 \end{cases}$$

- (2) Trombosit Rendah (R) dengan fungsi keanggotaan sebagai

berikut:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 150 \\ \frac{x-30}{30} & ; 30 \leq x \leq 60 \\ 1 & ; 60 \leq x \leq 120 \\ \frac{150-x}{30} & ; 120 \leq x \leq 150 \end{cases}$$

(3) Trombosit Normal (N) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 120 \text{ atau } x \geq 500 \\ \frac{x - 120}{30} & ; \quad 120 \leq x \leq 150 \\ 1 & ; \quad 150 \leq x \leq 450 \\ \frac{500 - x}{50} & ; \quad 450 \leq x \leq 500 \end{cases}$$

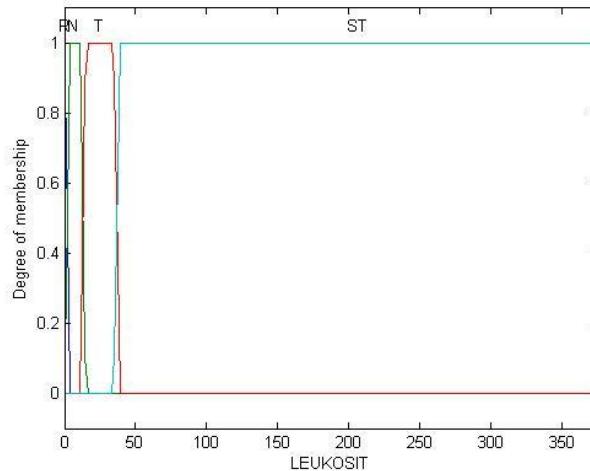
(4) Trombosit Tinggi (T) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 450 \text{ atau } x \geq 1000 \\ \frac{x - 450}{50} & ; \quad 450 \leq x \leq 500 \\ 1 & ; \quad 500 \leq x \leq 800 \\ \frac{1000 - x}{200} & ; \quad 800 \leq x \leq 1000 \end{cases}$$

(5) Trombosit Sangat Tinggi (ST) dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ST}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 800 \\ \frac{x - 800}{200} & ; \quad 800 \leq x \leq 1000 \\ 1 & ; \quad 1000 \leq x \leq 1320 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel trombosit ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Variabel Trombosit pada Himpunan *Universal* [15, 1320]

m) Kesadaran

Kesadaran dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu:

(1) Sadar dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{sadar}(x) = \begin{cases} \frac{x}{1,2} & ; \quad 0 \leq x \leq 1,2 \\ 0 & ; \quad x \geq 1,2 \end{cases}$$

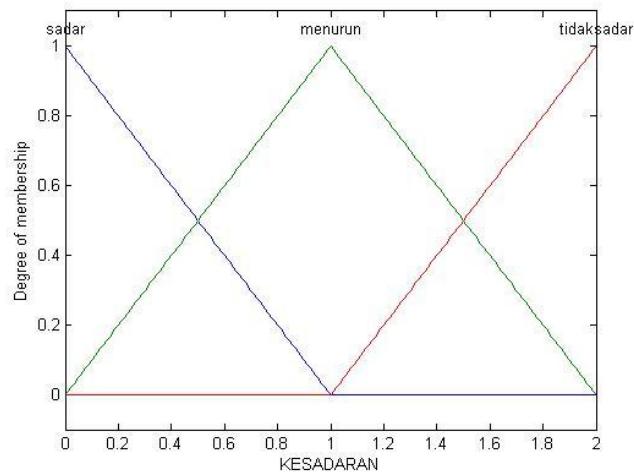
(2) Kesadaran menurun dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{menurun}(x) = \begin{cases} \frac{x}{1,2} & ; \quad 0 \leq x \leq 1,2 \\ \frac{1,2 - x}{0,8} & ; \quad 1,2 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

(3) Tidak Sadar dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{tidak\ sadar}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{x - 1,2}{0,2} & ; \quad 1,2 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel kesadaran ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan Variabel Kesadaran pada Himpunan Universal $[0, 2]$

n) Demam

Demam dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu:

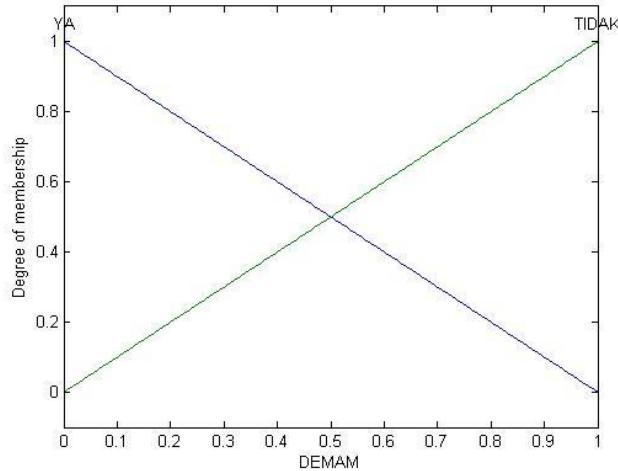
(1) Ya dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{demam}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x = demam \\ 0 & ; \quad x = tidak \ demam \end{cases}$$

(2) Tidak Demam dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{tidak \ demam}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x = tidak \ demam \\ 0 & ; \quad x = demam \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada variabel demam ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Variabel Demam pada Himpunan Universal $[0, 1]$

2) Himpunan *Fuzzy* pada *Output*

Fungsi keanggotaan yang akan digunakan pada variabel *output* adalah fungsi pendekatan kurva segitiga. *Output* pada hasil diagnosa leukemia dibagi menjadi 4 himpunan *fuzzy*, yaitu:

(1) AML dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{AML}(x) = \begin{cases} 1 - x & ; \quad 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & ; \quad x \geq 1 \end{cases}$$

(2) ALL dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{ALL}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \geq 2 \\ x & ; \quad 0 \leq x \leq 1 \\ 2 - x & ; \quad 1 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

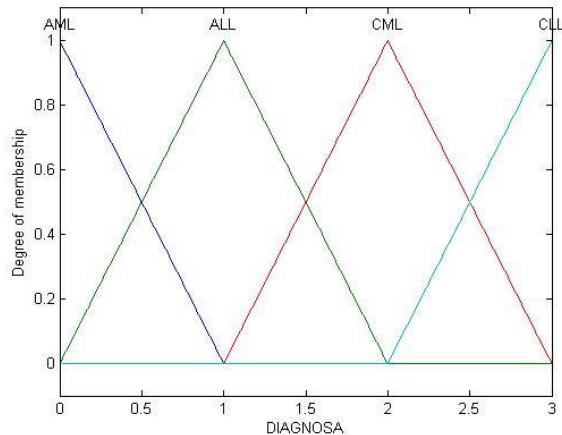
(3) CML dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{CML}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 1 \\ x - 1 & ; \quad 1 \leq x \leq 2 \\ 3 - x & ; \quad 2 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

(4) CLL dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{CLL}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 2 \\ x - 2 & ; 2 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

Grafik yang menggambarkan setiap himpunan *fuzzy* pada hasil diagnosa ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Diagnosa pada Himpunan Universal [0, 3]

3. Menentukan Aturan *Fuzzy*

Berdasarkan data yang diperoleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta, dibentuk aturan *fuzzy* untuk menentukan diagnosa jenis *leukemia*. Data tersebut merupakan hasil diagnosa yang telah dilakukan oleh ahlinya. Dari hasil penelitian di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta diperoleh 74 data yang kemudian dibagi menjadi 2, yaitu 60 data *training* dan 14 data *testing*. Aturan *fuzzy* dibentuk berdasarkan data *training*. Misalkan diambil satu sampel data *training* yaitu pasien 1 yang diperoleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.1 Data Pasien 1

Variabel Input	Data Pasien 1
Usia	70
Jenis Kelamin	Perempuan
<i>Systole</i>	110
<i>Diastole</i>	60
Denyut Nadi	120
Leukosit	50,5
Neutrofil	27
Limfosit	72
Eritrosit	4,15
Hemoglobin	11,2
Hematokrit	35
Trombosit	16
Kesadaran	Tidak Sadar
Demam	Tidak
Hasil Diagnosa	CML

Data pada Tabel 4.1 kemudian diubah menjadi himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaan menggunakan fungsi pendekatan kurva segitiga, trapesium dan kurva bentuk bahu yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Derajat Keanggotaan Pasien 1

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Usia	Sangat Muda	0
	Muda	0
	Dewasa	0
	Tua	0,75
	Sangat Tua	0,25
Jenis Kelamin	Laki-Laki	0
	Perempuan	1
<i>Systole</i>	Sangat Rendah	0
	Rendah	0,5
	Normal	0,5
	Tinggi	0
	Sangat Tinggi	0

<i>Diastole</i>	Sangat Rendah	1
	Rendah	0
	Normal	0
	Tinggi	0
	Sangat Tinggi	0
Denyut Nadi	Rendah	0
	Normal	0,333
	Tinggi	0,667
Leukosit	Rendah	0
	Normal	0
	Tinggi	0
	Sangat Tinggi	1
Neutrofil	Sangat Rendah	0
	Rendah	1
	Normal	0
	Tinggi	0
Limfosit	Rendah	0
	Normal	0
	Tinggi	0,8667
	Sangat Tinggi	0,1333
Eritrosit	Sangat Rendah	0
	Rendah	0,1785714286
	Normal	0,8214285714
	Tinggi	0
	Sangat Tinggi	0
Hemoglobin	Sangat Rendah	0
	Rendah	0,4
	Normal	0,6
	Tinggi	0
Hematokrit	Sangat Rendah	0
	Rendah	0,2857142857
	Normal	0,7142857143
	Tinggi	0
Trombosit	Sangat Rendah	0,8333
	Rendah	0,1667
	Normal	0
	Tinggi	0
	Sangat Tinggi	0
Kesadaran	Sadar	0
	Menurun	0
	Tidak Sadar	1

Demam	Ya	0
	Tidak	1

Data pada Tabel 4.2 kemudian dibuat aturan *fuzzy* dengan memilih himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaan terbesar pada masing-masing variabel, sehingga diperoleh aturan sebagai berikut.

IF (usia is tua) AND (jenis kelamin is perempuan) AND (*systole* is rendah) AND (*diastole* is sangat rendah) AND (denyut nadi is tinggi) AND (leukosit is sangat tinggi) AND (neutrofil is rendah) AND (limfosit is tinggi) AND (eritrosit is normal) AND (hemoglobin is normal) AND (hematokrit is normal) AND (trombosit is sangat rendah) AND (kesadaran is tidak sadar) AND (demam is tidak), THEN (diagnosa is CML).

Seluruh data pada data *training* juga dibuat aturan *fuzzy* seperti halnya pasien 1. Namun, terkadang terdapat beberapa data yang menghasilkan aturan yang sama, sehingga dipilih satu aturan dan eliminasi yang lain. Misalkan seperti pada data pasien 40 dan 47, memiliki aturan dengan anteseden dan konsekuensi yang sama, sehingga dipilih salah satu dari kedua data tersebut. Sehingga dari 60 data *training*, diperoleh 59 aturan *fuzzy*, yaitu:

- 1) IF (usia is dewasa) AND (jenis kelamin is laki-laki) AND (*systole* is rendah) AND (*diastole* is sangat rendah) AND (denyut nadi is tinggi) AND (leukosit is sangat tinggi) AND (neutrofil is tinggi) AND (limfosit is rendah) AND (eritrosit is rendah) AND (hemoglobin is rendah) AND (hematokrit is rendah) AND (trombosit is sangat rendah)

AND (kesadaran is sadar) AND (demam is tidak), THEN (diagnosa is AML).

2) IF (usia is sangat muda) AND (jenis kelamin is laki-laki) AND (*systole* is normal) AND (*diastole* is normal) AND (denyut nadi is normal) AND (leukosit is normal) AND (neutrofil is tinggi) AND (limfosit is rendah) AND (eritrosit is normal) AND (hemoglobin is normal) AND (hematokrit is normal) AND (trombosit is normal) AND (kesadaran is sadar) AND (demam is ya), THEN (diagnosa is AML).

...

...

...

59) IF (usia is tua) AND (jenis kelamin is laki-laki) AND (*systole* is rendah) AND (*diastole* is rendah) AND (denyut nadi is normal) AND (leukosit is tinggi) AND (neutrofil is normal) AND (limfosit is rendah) AND (eritrosit is rendah) AND (hemoglobin is rendah) AND (hematokrit is rendah) AND (trombosit is tinggi) AND (kesadaran is sadar) AND (demam is tidak), THEN (diagnosa is CML).

Aturan *fuzzy* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5. Aturan *fuzzy* diurutkan berdasarkan hasil diagnosa, yaitu AML pada *rule* 1-22, ALL pada *rule* 23, dan CML pada *rule* 24-59.

4. Melakukan Inferensi Fuzzy

Dalam penelitian ini digunakan sistem inferensi dengan metode Mamdani. Metode Mamdani menggunakan aturan IF-THEN dengan fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi MIN.

Berdasarkan data pasien 1 yang disajikan pada Tabel 4.1, kemudian digunakan 59 aturan *fuzzy* yang telah dibuat. Hasil fuzzifikasi kemudian digunakan untuk inferensi *fuzzy* dengan menggunakan metode mamdani dengan fungsi implikasi MIN, yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil pada himpunan-himpunan *fuzzy* yang bersangkutan.

Misalkan *rule* 1 adalah sebagai berikut.

IF (usia is dewasa) AND (jenis kelamin is laki-laki) AND (*systole* is rendah) AND (*diastole* is sangat rendah) AND (denyut nadi is tinggi) AND (leukosit is sangat tinggi) AND (neutrofil is tinggi) AND (limfosit is rendah) AND (eritrosit is rendah) AND (hemoglobin is rendah) AND (hematokrit is rendah) AND (trombosit is sangat rendah) AND (kesadaran is sadar) AND (demam is tidak), THEN (diagnosa is AML).

Maka diperoleh hasil impikasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap I \cap J \cap K \cap L \cap M \cap N} &= \min(\mu_A(70); \mu_B(1); \mu_C(110) \dots; \mu_N(2)) \\ \mu_{A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap I \cap J \cap K \cap L \cap M \cap N} &= \min(0; 0; 0,5; \dots; 1) \\ &= 0\end{aligned}$$

Begini juga untuk *rule* 2 sampai *rule* 59. Hasil implikasi pasien 1 disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil Implikasi Pasien 1

rule	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Hsl Implikasi
1	0	0	0,5	1	0,66 7	1	0	0	0,17 8571 4286	0,4	0,28 5714 2857	1	0	1	0
2	0	0	0,5	0	0,33 3	0	0	0	0,82 1428 5714	0,6	0,71 4285 7143	0	0	0	0
...
...
...
59	0,75	0	0,5	0	0,33 3	0	0	0	0,17 8571 4286	0,4	0,28 5714 2857	0	0	1	0

dengan:

A = Usia

H = Limfosit

B = Jenis Kelamin

I = Eritrosit

C = Systole

J = Hemoglobin

D = Diastole

K = Hematokrit

E = Denyut Nadi

L = Trombosit

F = Leukosit

M = Kesadaran

G = Neutrofil

N = Demam

Hasil implikasi untuk pasien 1 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6.

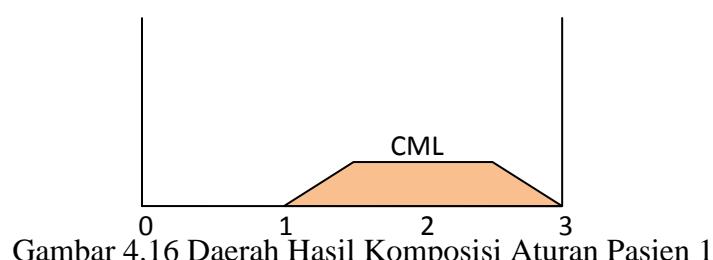
Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Pada penelitian ini, digunakan metode Mamdani dengan komposisi aturan MAX, yaitu dengan mengambil nilai maksimum dari hasil implikasi MIN kemudian menggunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya

ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Hasil komposisi tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.4 Komposisi Aturan Pasien 1

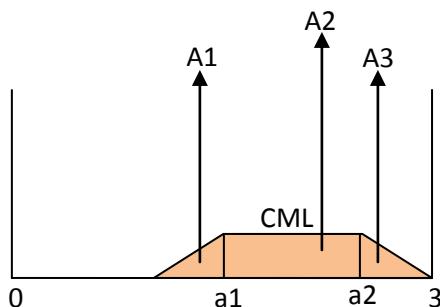
Rule	Hasil Implikasi	Hasil Diagnosa			
		AML	ALL	CML	CLL
1	0	0			
2	0				
...	...				
22	0				
23	0		0		
24	0,5				
25	0				
26	0			0,5	
...	...				
59	0				

Berdasarkan Tabel 4.4, komposisi aturan MAX yang diperoleh pada AML adalah 0 dan nilai tersebut terletak pada *rule* 1 sampai *rule* 22. Hasil untuk ALL adalah 0 yang terletak pada *rule* 23. Dan hasil untuk CML adalah 0,5 yang terletak pada *rule* 24. Hasil komposisi aturan MAX selengkapnya untuk pasien 1 dapat dilihat pada lampiran 7. Hasil komposisi aturan untuk pasien 1 ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.16 Daerah Hasil Komposisi Aturan Pasien 1

Berdasarkan Gambar 4.16, hasil tersebut dibagi menjadi 3 bagian, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.17 Daerah Hasil Komposisi Aturan Pasien 1 (2)

Kemudian dicari nilai a1 dan a2. Karena a1 dan a2 berada pada grafik CML, maka digunakan fungsi keanggotaan CML, sehingga

$$a1 - 1 = 0,5$$

$$3 - a2 = 0,5$$

$$a1 = 0,5 + 1$$

$$a2 = 3 - 0,5$$

$$a1 = 1,5$$

$$a2 = 2,5$$

fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi pasien 1 adalah

$$\mu(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 1 \\ z - 1 & ; 1 \leq z \leq 1,5 \\ 0,5 & ; 1,5 \leq z \leq 2,5 \\ 3 - z & ; 2,5 \leq z \leq 3 \end{cases}$$

5. Melakukan Defuzzifikasi

Output yang dihasilkan dari proses inferensi *fuzzy* merupakan suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Defuzzifikasi ini bertujuan untuk mendapatkan nilai tegas pada *output*. Pada penelitian ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode defuzzifikasi *centroid*.

Rumus untuk defuzzifikasi *centroid* adalah

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

Untuk memperoleh hasil defuzzifikasi, terlebih dahulu hitung momen untuk setiap daerah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} M1 &= \int_1^{1,5} (z - 1)z dz = \int_1^{1,5} (z^2 - z) dz = \left. \frac{z^3}{3} - \frac{z^2}{2} \right|_1^{1,5} = \frac{1}{6} \\ &= 0,1667 \end{aligned}$$

$$M2 = \int_{1,5}^{2,5} (0,5)z dz = \left. \frac{z^2}{4} \right|_{1,5}^{2,5} = 1$$

$$\begin{aligned} M3 &= \int_{2,5}^3 (3 - z)z dz = \int_{2,5}^3 (3z - z^2) dz = \left. \frac{3z^2}{2} - \frac{z^3}{3} \right|_{2,5}^3 = \frac{1}{3} \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung luas setiap daerah pada komposisi aturan pasien 1 sebagai berikut.

$$A1 = \frac{(1,5 - 1) \times 0,5}{2} = \frac{1}{8} = 0,125$$

$$A2 = (2,5 - 1,5) \times 0,5 = 0,5$$

$$A3 = \frac{(3 - 2,5) \times 0,5}{2} = \frac{1}{8} = 0,125$$

Sehingga diperoleh hasil defuzzifikasi sebagai berikut.

$$z^* = \frac{0,1667 + 1 + 0,333}{0,125 + 0,5 + 0,125} = \frac{1,4997}{0,75} = 1,9996$$

Selanjutnya, hasil defuzzifikasi tersebut disubstitusikan dalam fungsi keanggotaan pada masing-masing *output*. Kemudian dipilih yang memiliki derajat keanggotaan terbesar.

$$\mu_{AML}(1,9996) = 0$$

$$\mu_{ALL}(1,9996) = 2 - 1,9996 = 0,0004$$

$$\mu_{CML}(1,9996) = 1,9996 - 1 = 0,9996$$

$$\mu_{CLL}(1,9996) = 0$$

Berdasarkan hasil substitusi di atas, derajat keanggotaan terbesar dimiliki oleh himpunan *fuzzy* CML. Sehingga dengan menggunakan model *fuzzy* pasien 1 terdiagnosa CML.

B. Hasil Diagnosa

1. Perbandingan Hasil Diagnosa

Perbandingan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah hasil diagnosa asli dari data yang diperoleh dengan diagnosa menggunakan model *fuzzy*. Hasil perbandingan ditunjukkan sebagai berikut.

a. Data *Training*

Tabel 4.5 Hasil Diagnosa Data *Training*

Pasien	z^*	Diagnosa Model	Diagnosa Asli
1.	1,9995	CML	CML
2.	1,9995	CML	CML
...

Hasil perbandingan diagnosa data *training* dengan defuzzifikasi *centroid* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8.

b. Data Testing

Tabel 4.6 Hasil Diagnosa Data *Testing*

Pasien	z^*	Diagnosa Model	Diagnosa Asli
1.	1,9950	CML	CML
2.	1,9950	CML	CML
...

Hasil perbandingan diagnosa data *testing* dengan defuzzifikasi *centroid* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 9.

2. Tingkat Keberhasilan

Tingkat keberhasilan dilihat dari hasil perbandingan yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk memperoleh hasil akurasi dilakukan perhitungan pada data *training* dan data *testing* sebagai berikut.

a. Tingkat Keberhasilan pada Data *Training*

Banyaknya diagnosa model yang benar adalah 60 data sedangkan jumlah seluruh data *training* adalah 60 data maka tingkat keakuratan metode defuzzifikasi *centroid* pada data *training* adalah

$$\text{accuracy} = \frac{\text{banyaknya diagnosa model benar}}{\text{banyaknya seluruh data yang digunakan}} \times 100\%$$

$$= \frac{60}{60} \times 100\% = 100\%$$

b. Tingkat Keberhasilan pada Data *Testing*

Banyaknya diagnosa model yang benar adalah 13 data sedangkan jumlah seluruh data *training* adalah 14 data maka tingkat keakuratan metode defuzzifikasi *maximum* pada data *training* adalah

$$\text{accuracy} = \frac{\text{banyaknya diagnosa model benar}}{\text{banyaknya seluruh data yang digunakan}} \times 100\%$$

$$= \frac{13}{14} \times 100\% = 92,857\%$$

Sehingga untuk mendiagnosa jenis *leukemia* pada 1 pasien memiliki peluang diagnosa tepat sebesar 0,93 dengan eror 0,07.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian tentang aplikasi sistem *fuzzy* dalam diagnosa penyakit *leukemia* diawali dengan membagi data yang diperoleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta menjadi 2 data, yaitu data *training* dan data *testing*. Dari 74 data yang diperoleh, 60 data merupakan data *training* dan 14 data merupakan data *testing*. Dalam penelitian ini digunakan 14 *input*, yaitu usia, jenis kelamin, *systole*, *diastole*, denyut nadi, leukosit, neutrofil, limfosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, trombosit, kesadaran dan demam. *Output* dalam penelitian ini adalah jenis *leukemia*, yaitu AML, ALL, CML dan CLL. Dari 60 data *training* diperoleh 59 aturan *fuzzy*. Model *fuzzy* yang digunakan adalah model *fuzzy* mamdani dengan metode defuzzifikasi *centroid*, dengan menggunakan pendekatan kurva segitiga, trapesium dan kurva bentu bahu. Kemudian *output* yang diperoleh dari model *fuzzy* pada masing-masing metode dibandingkan diagnosa model dengan diagnosa asli dari data yang diperoleh. Hasil tersebut digunakan untuk menghitung tingkat akurasi pada model *fuzzy*.

Pada penelitian ini hasil akurasi yang diperoleh dengan metode defuzzifikasi *centroid*, yaitu untuk data *training* 100% dan untuk data *testing* 92,857% yang berarti untuk mendiagnosa jenis *leukemia* pada 1 pasien memiliki peluang diagnosa tepat sebesar 0,93 dengan eror 0,07. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem *fuzzy* mamdani dengan metode defuzzifikasi *centroid* cukup baik digunakan untuk diagnosa jenis *leukemia*.

B. Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi dokter dalam mendiagnosa *leukemia*. Untuk meningkatkan keakuratan model *fuzzy* dalam diagnosa *leukemia* perlu diteliti lagi dengan menggunakan metode defuzzifikasi dan inferensi yang lain. Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk diagnosa jenis *leukemia* yang hasilnya mungkin lebih mendekati dengan diagnosa asli, diantaranya dengan:

1. Menambahkan variabel *input*, seperti hasil pap darah perifer, hasil biopsi kelenjar getah bening, hasil biopsi dan aspirasi sumsum tulang, hasil analisis sitogenetik, hasil analisis imunofenotipe, hasil lubang tulang belakang, hasil pemindaian tomografi terkomputerisasi (CAT), hasil pemindaian citraan resonansi magnetik (MRI), hasil pemindaian tomografi emisi positron (PET), dan sebagainya untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.
2. Menambahkan banyaknya himpunan *fuzzy* dan menggunakan jenis pendekatan yang lain.
3. Menggunakan model *fuzzy* yang lain, seperti metode tsukamoto, sugeno, *neuro-fuzzy*, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Naba. (1009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab.* Yogyakarta: ANDI.
- Arita Murwani. (2009). *Perawatan Pasien Penyakit Dalam.* Yogyakarta: Mitra Cendekia.
- C., Obi J. & A., Imianvan A. (2011). Interactive Neuro-Fuzzy Expert System for Diagnosis of Leukemia. *Global Journal of Computer Science and Technology.* Volume 11 Issue 12 Version 1.0. Hlm. 42-50.
- Corchado, Juan M., et al. (2008). Model of Experts for Decision Support in the Diagnosis of Leukemia Patients. *Elsevier.* 46. Hlm. 179-200.
- Etta Mamang S. & Sarpiyah. (2010). *Metodologi Penelitian-Penelitian Praktis dalam Penelitian.* Yogyakarta: ANDI.
- Ibrahim, Ahmad M. (2004). *Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications.* USA: Elsevier.
- Joshi, Minal D., Karode, Atul H. & Suralkar, S.R. (2013). White Blood Cells Segmentation and Classification to Detect Acute Leukemia. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Sciense (IJETTCS).* Volume 2 Issue 3. Hlm. 147-151.
- Kanth, B.B.M. Krishna, Kulkarni, U.V. & Giridhar, B.G.V. (2013). Gene Expression Based Acute Leukemia Cancer Classification: a Neuro-Fuzzy Approach. *International Journal of Biometrics and Bioinformatics.* Volume 4 Issue 4. Hlm. 136-146.
- Morrison, Candis & Hesdorffer, Charles S. (2012). *Patients' Guide to Leukemia (Panduan untuk Penderita Leukemia).* Penerjemah: Cisyah Dewantara. Jakarta: PT Indeks.
- Setiadji. (2009). *Himpunan & Logika Samar serta Aplikasinya.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sri Kusumadewi & Hari Purnomo. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tung, W.L. & Quek, C. (2004). GenSo-FDSS: a Neural-Fuzzy Decision Support System for Pediatric ALL Cancer Subtype Identification Using Gene Expression Data. *Elsevier.* 33. Hlm 61-88.
- Wang, Li-Xing. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control International Edition.* New Jersey: Prentice Hall P T R.

Zararsiz, Gokmen, Elmali, Ferhan & Ozturk, Ahmet. (2012). Bagging Support Vector Machines for Leukemia Classification. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*. Volume 9 Issue 6 No. 1. Hlm. 355-358.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Karangmalang Yogyakarta 55281, Telp 586168, Pesawat 217, 218, 219

Nomor : 300/UN.34.13/PG/2014

Lamp :

Hal : Permohonan ijin penelitian

Kepada Yth. Direktur Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta

di Yogyakarta

Dengan hormat,

Mohon dapat diijinkan bagi mahasiswa kami :

Nama : Rizki Yudhi Pratiwi
NIM : 10305144020
Prodi : Matematika
Fakultas : MIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk melakukan kegiatan penelitian di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta guna memperoleh data yang diperlukan sehubungan dengan penyusunan Tugas Akhir Skripsi dengan judul 'Aplikasi Model Fuzzy untuk Diagnosa Kanker Darah (*Leukemia*)'.

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Tembusan Yth.:

1. Dr. Agus Maman Abadi
2. Ketua Jurusan Pendidikan Matematika
3. Peneliti ybs.
4. Arsip.



RS PKU MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 20 Yogyakarta 55122

Telp. (0274) 512653 Fax. (0274) 566129, IGD : (0274) 370262, E-mail : pkujogja@yahoo.co.id

UNIT II : Jl. Wates Km. 5.5 Gamping, Sleman, Yogyakarta 55294

Telp. (0274) 6499704, Fax : (0274) 6499727 IGD : (0274) 6499118 E-mail : pkujogja@yahoo.co.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

10 Rabiulakhir 1435 H / 10 Februari 2014

Nomor : 0439 /PI.24.2/II/2014

Hal : Ijin Penelitian

Kepada Yth.
Dekan FMIPA UNY
Karang malang Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Memperhatikan surat Saudara Nomor : 300/UN.34.13/PG/2014 tanggal 24 Januari 2014 tentang permohonan Penelitian bagi:

Nama : Rizki Yudhi Pratiwi

NIM : 10305144020

Judul Penelitian : Aplikasi Model FUZZY Untuk Diagnosa Kanker Darah (Leukemia)

Bersama ini disampaikan bahwa pada prinsipnya, kami dapat mengabulkan permohonan tersebut dengan ketentuan :

1. Bersedia mentaati peraturan yang berlaku di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bersedia mengganti barang yang dirusakan selama menjalankan Penelitian..
3. Bersedia menyerahkan pas foto 2 x 3 sebanyak 2 lembar untuk arsip dan tanda pengenal.
4. Bersedia memberikan biaya administrasi sebesar Rp. 350.000,- (tiga ratus lima puluh ribu rupiah) berlaku untuk kurun waktu 6 (enam) bulan dan diselesaikan sebelum pelaksanaan.
5. Pembayaran dilakukan di bagian Keuangan pada jam kerja (08.00 – 14.00 WIB)
6. Setelah selesai pengambilan data penelitian di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta, peneliti wajib melapor ke Diklat dengan membawa hasil penelitian yang belum diujikan untuk dikoreksi dan dibuatkan surat keterangan selesai penelitian.
7. Peneliti wajib menyerahkan hasil penelitian yang telah diujikan dan disyahkan kepada RS PKU Mu. Yk. melalui Diklat dan menyerahkan Abstrak dan hasil penelitian kepada rumah sakit.

Catatan:

1. Sebelum melaksanakan penelitian kepada yang bersangkutan diminta menghadap Supervisor Diklat (Hj. Sriyati, S.Kep.Ns)
2. Selama melakukan Penelitian berkonsultasi dengan Pembimbing dari rumah sakit, yaitu :

- Edy Supriyanto, AMD

Jika ketentuan-ketentuan diatas tidak dapat dipenuhi maka dengan terpaksa kami akan meninjau ulang kerjasama dengan institusi bersangkutan untuk waktu-waktu selanjutnya.

Demikian, untuk menjadikan maklum

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Direktur Utama

Safinawidha

Idr. H. Joko Murdiyanto, Sp.An

NBM: 867919

Tembusan:

1. Supervisor Perbendaharaan
2. Supervisor Diklat
3. Pembimbing yang bersangkutan
4. Peneliti yang bersangkutan (Rizki Yudhi Pratiwi)
5. Arsip

Lampiran 3 Data Training Pasien Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta

Ps	Usia	JK	Systole	Diastole	DN	WBC	Neutrofil	Lym	RBC	Hb	Hmt	Trombosit	Kesadaran	Demam	Diagnosa
1	70	P	110	60	120	50,5	27	72	4,15	11,2	35	16	tidak sadar	tidak	CML
2	58	P	80	60	78	134,4	89	6	4,81	12,8	45	271	sadar	tidak	CML
3	73	L	110	70	84	4,5	78	12	3,32	10,4	30	233	sadar	tidak	CML
4	68	P	167	58	80	5,1	48	38	1,59	4,8	15	132	sadar	tidak	CML
5	55	P	130	70	80	5,4	38	51	1,66	4,4	13	260	sadar	tidak	CML
6	67	L	146	72	85	47,6	78	8	3,45	9,7	28	160	sadar	tidak	CML
7	46	L	99	55	127	129,1	82,6	2,5	3,06	10,3	30,2	25	sadar	tidak	AML
8	55	P	147	82	73	39,1	85,4	7,54	2,92	8,16	24,7	229	sadar	tidak	CML
9	85	L	150	96	88	112	50	15	2,92	8,2	26	48	tidak sadar	tidak	CML
10	55	P	165	70	100	4,9	19	64	1,87	5,8	16	178	sadar	tidak	CML
11	11	L	113	78	116	4,6	72,2	16,7	4,6	13,2	38,7	192	sadar	ya	AML
12	58	P	120	80	90	136	86	4	3,46	9,1	30	493	menurun	tidak	CML
13	28	L	110	70	120	121,1	84	6	4,31	12,9	43	134	sadar	ya	AML
14	54	P	140	80	80	5,9	57	37	2,3	5,8	18	254	sadar	ya	CML
15	46	L	117	65	123	372,92	71,1	13	2,7	6,5	20,9	1194	sadar	ya	CML
16	14	P	120	80	110	3,4	5,7	93,7	2,26	7,7	22	50	sadar	ya	AML
17	66	L	100	60	92	9,3	72	15	1,84	6,5	20	144	sadar	tidak	CML
18	74	L	90	60	90	14,5	88	7	2,49	7,9	22	1091	sadar	tidak	CML
19	55	P	120	70	88	6,4	64,6	21,5	2,01	6,2	17,1	166	tidak sadar	tidak	CML
20	74	L	129	74	96	16,4	84	10	2,78	8,4	24	1317	sadar	tidak	CML

24	51	P	129	66	103	128	22,2	54,6	2,16	5,6	20,7	106	sadar	tidak	AML
25	64	L	130	72	94	89,5	22	14	2,43	6,9	20	18	sadar	tidak	AML
26	54	P	130	80	90	5,62	61,1	33,2	0,67	1,6	6,23	252	sadar	tidak	CML
27	51	P	110	60	103	133,9	18,3	58,8	1,54	4,8	15,5	92	sadar	tidak	AML
28	67	L	110	60	88	56,1	94	4	2,99	7,8	25	102	sadar	tidak	CML
29	54	P	120	75	81	5,5	40	54	2,22	5,9	18	333	sadar	tidak	CML
30	51	P	150	100	88	135	0,636	93,3	2,82	8,36	23,9	47,3	sadar	tidak	AML
31	54	P	130	80	86	5	55	42	2,65	7,3	23	242	sadar	tidak	CML
32	55	L	130	90	80	38,7	43,4	43,6	3,65	9,81	29,5	32,3	sadar	ya	AML
33	71	L	100	60	72	78	80,9	6,6	3,09	6,7	22,6	639	tidak sadar	tidak	ALL
34	51	P	139	75	107	217	1,96	92,2	2,59	7,47	21,9	38,1	sadar	tidak	AML
35	54	P	130	70	84	5,4	76	18	1,37	4	11	284	tidak sadar	tidak	CML
36	67	L	130	70	80	33,7	89	6	2,68	7,2	22	165	sadar	tidak	CML
37	72	L	90	60	72	90,5	87,4	6,66	4,13	8,97	28,8	626	sadar	ya	AML
38	55	L	125	70	80	46,2	50,1	15,7	2,12	6,1	18,2	34	sadar	tidak	AML
39	72	L	110	60	46	6	36	28	1,61	4,4	14	50	sadar	ya	AML
40	73	L	140	75	86	55,5	2	50	2,71	8,6	26	104	sadar	tidak	AML
41	67	L	160	91	118	88,9	96	2	3,64	10,1	30	169	menurun	ya	CML
42	73	L	110	80	84	5,8	58	16	2,11	7,8	20	283	sadar	tidak	CML
43	55	P	130	80	88	4,77	66,1	21,9	3,23	10,3	30,3	187	tidak sadar	tidak	CML
44	65	L	120	80	84	41,4	13	7	3,07	8,2	26	48	sadar	ya	AML
45	54	P	120	80	90	5,2	41	44	3,21	8,8	27	231	sadar	tidak	CML
46	14	P	124	80	110	27	11,6	58	2,5	8,3	24	29	sadar	ya	AML
47	73	L	110	80	90	7,4	80	15	2,64	8,2	24	553	sadar	tidak	CML

48	14	L	120	70	100	7,3	71,3	26,2	2,4	6,6	19	59	sadar	ya	AML
49	54	P	80	40	80	31,5	39	21	0,81	2,3	8	204	sadar	tidak	CML
50	73	L	110	70	100	13,3	83	10	2,78	8,6	26	1150	sadar	tidak	CML
51	14	L	120	70	100	4,1	82	18	2,25	6,6	20,1	89	sadar	ya	AML
52	67	L	130	67	84	59,9	87	6	3,26	8,5	28	97	sadar	tidak	CML
53	67	L	120	60	86	32,7	50	14	2,48	6,7	21	142	sadar	tidak	CML
54	74	L	140	80	86	13,2	5	72	2,07	7,2	21	66	sadar	tidak	AML
55	28	L	128	78	97	129,2	43	39	4,3	14	32,9	77	sadar	ya	AML
56	14	P	100	60	110	6	3,8	94,8	2,18	7,5	21	46	sadar	ya	AML
57	67	L	130	80	88	20,7	89	5	2,78	8	22	87	sadar	ya	CML
58	73	L	100	55	88	15,2	85	9	2,62	9,3	25	671	sadar	tidak	CML
59	86	L	101	52	88	105	42	12	3,38	9,2	30	74	tidak sadar	tidak	CML
60	74	L	100	70	84	13,4	79	12	2,81	10,8	31	695	sadar	tidak	CML

Lampiran 4 Data *Testing* Pasien Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta

Ps	Usia	JK	Systole	Diastole	DN	WBC	Neutrofil	Lym	RBC	Hb	Hmt	Trombosit	Kesadaran	Demam	Diagnosa
1	10	L	111	79	113	3,78	86,93	0,234	4,2	12,5	35,5	139	sadar	ya	AML
2	60	P	119	55	118	181,4	24,7	60,5	4,65	13,9	39,2	31	tidak sadar	tidak	CML
3	10	L	110	80	107	3,1	93,6	15,8	4,78	13,7	39,4	154	sadar	ya	AML
4	11	L	120	80	93	5,1	81,9	7,3	4,51	13,1	39,4	255	sadar	ya	AML
5	59	L	141	73	94	30,1	82	13	2,11	9,4	29	195	sadar	tidak	CML
6	74	L	90	51	81	11,3	80	14	3,85	11,2	33	984	sadar	tidak	CML
7	51	L	120	70	92	161	23	13	2,22	7,3	21	82	sadar	ya	CML
8	67	L	147	72	97	32	92	5	3,21	8,9	27	132	sadar	tidak	CML
9	74	P	83	61	82	37,1	81	11	4,19	12,1	35	176	sadar	tidak	CML
10	73	P	142	62	83	40,5	32	16	2,18	7,1	22	105	tidak sadar	tidak	AML
11	73	L	102	62	82	6,6	73	16	2,7	8,8	26	173	sadar	tidak	CML
12	10	L	112	67	104	39	71	18	4,32	10,3	32	631	sadar	ya	AML
13	9	L	117	69	98	4,56	70	21	4,01	9,7	30	93,2	sadar	ya	AML
14	46	L	130	60	128	139,5	85	6	3,49	8,2	32	1162	sadar	ya	CML

Lampiran 5 Aturan Fuzzy

Rule	Usia	JK	Systole	Diastole	DN	WBC	Neutrofil	Lym	RBC	Hb	Hmt	Trombosit	Kesadaran	Demam	Diagnosa
1	D	L	R	SR	T	ST	T	R	R	R	R	SR	sadar	tidak	AML
2	SM	L	N	N	N	N	T	R	N	N	N	N	sadar	ya	AML
3	M	L	R	R	T	ST	T	R	N	N	N	R	sadar	ya	AML
4	SM	P	N	N	N	N	SR	ST	R	R	R	R	sadar	ya	AML
5	T	P	T	SR	N	ST	R	R	R	R	R	R	tidak sadar	tidak	AML
6	D	P	N	R	N	ST	R	T	R	SR	R	R	sadar	tidak	AML
7	T	L	T	R	N	ST	R	R	R	R	R	SR	sadar	tidak	AML
8	D	P	R	SR	N	ST	R	T	R	SR	SR	R	sadar	tidak	AML
9	D	P	ST	ST	N	ST	SR	ST	R	R	R	R	sadar	tidak	AML
10	D	L	T	T	N	ST	N	N	R	R	R	SR	sadar	ya	AML
11	D	P	T	R	N	ST	SR	ST	R	R	R	SR	sadar	tidak	AML
12	T	L	SR	SR	N	ST	T	R	N	R	R	T	sadar	ya	AML
13	D	L	N	R	N	ST	N	R	R	R	SR	SR	sadar	tidak	AML
14	T	L	R	SR	R	N	R	N	R	SR	SR	R	sadar	ya	AML
15	T	L	T	R	N	ST	SR	T	R	R	R	R	sadar	tidak	AML
16	T	L	N	N	N	ST	R	R	R	R	R	R	sadar	ya	AML
17	SM	P	N	N	N	T	R	T	R	R	R	SR	sadar	ya	AML
18	SM	L	N	R	N	N	N	N	R	R	R	R	sadar	ya	AML
19	SM	L	N	R	N	N	T	N	R	R	R	R	sadar	ya	AML
20	T	L	T	N	N	T	SR	T	R	R	R	R	sadar	tidak	AML

21	M	L	N	N	N	ST	N	N	N	N	R	R	sadar	ya	AML
22	SM	P	R	SR	N	N	SR	ST	R	R	R	R	sadar	ya	AML
23	T	L	R	SR	N	ST	T	R	R	R	R	T	tidak sadar	tidak	ALL
24	T	P	R	SR	T	ST	R	T	N	N	N	SR	tidak sadar	tidak	CML
25	T	P	SR	SR	N	ST	T	R	N	N	N	N	sadar	tidak	CML
26	T	L	R	R	N	N	N	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
27	T	P	ST	SR	N	N	N	N	R	SR	SR	R	sadar	tidak	CML
28	D	P	T	R	N	N	R	T	R	SR	SR	N	sadar	tidak	CML
29	T	L	T	R	N	ST	N	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
30	D	P	T	N	N	ST	T	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
31	ST	L	ST	ST	N	ST	N	R	R	R	R	R	tidak sadar	tidak	CML
32	D	P	ST	R	N	N	R	T	R	SR	SR	N	sadar	tidak	CML
33	T	P	N	N	N	ST	T	R	R	R	R	T	menurun	tidak	CML
34	D	P	T	N	N	N	N	N	R	SR	SR	N	sadar	ya	CML
35	D	L	N	SR	T	ST	N	R	R	R	R	ST	sadar	ya	CML
36	T	L	R	SR	N	N	N	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
37	T	L	SR	SR	N	T	T	R	R	R	R	ST	sadar	tidak	CML
38	D	P	N	R	N	N	N	N	R	R	SR	N	tidak sadar	tidak	CML
39	T	L	N	R	N	T	T	R	R	R	R	ST	sadar	tidak	CML
40	D	P	T	N	N	N	N	N	SR	SR	SR	N	sadar	tidak	CML
41	T	L	R	R	N	ST	T	R	R	R	R	R	sadar	tidak	CML
42	T	L	R	SR	N	ST	T	R	R	R	R	R	sadar	tidak	CML
43	D	P	N	R	N	N	R	T	R	SR	SR	N	sadar	tidak	CML
44	D	P	T	N	N	N	N	N	R	R	R	N	sadar	tidak	CML

	45	D	P	T	R	N	N	N	N	R	SR	SR	N	tidak sadar	tidak	CML
	46	T	L	T	R	N	T	T	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
	47	T	L	ST	T	T	ST	T	R	R	R	R	N	menurun	ya	CML
	48	T	L	R	N	N	N	N	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
	49	D	P	T	N	N	N	N	R	R	R	R	N	tidak sadar	tidak	CML
	50	D	P	N	N	N	N	N	N	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
	51	T	L	R	N	N	N	T	R	R	R	R	T	sadar	tidak	CML
	52	D	P	SR	SR	N	T	R	N	SR	SR	SR	N	sadar	tidak	CML
	53	T	L	R	R	N	T	T	R	R	R	R	ST	sadar	tidak	CML
	54	T	L	T	R	N	ST	T	R	R	R	R	R	sadar	tidak	CML
	55	T	L	N	SR	N	T	N	R	R	R	R	N	sadar	tidak	CML
	56	T	L	T	N	N	T	T	R	R	R	R	R	sadar	ya	CML
	57	T	L	R	SR	N	T	T	R	R	R	R	T	sadar	tidak	CML
	58	ST	L	R	SR	N	ST	N	R	R	R	R	R	tidak sadar	tidak	CML
	59	T	L	R	R	N	T	N	R	R	R	R	T	sadar	tidak	CML

Lampiran 6 Hasil Implikasi Pasien 1

Rule	Usia	JK	Systole	Diastole	DN	WBC	Neutrofil	Lym	RBC	Hb	Hmt	PLT	Kesadaran	Demam	Diagnosa	Hasil Implikasi
1	0	0	0,5	1	0,67	1	0	0	0,179	0,4	0,286	1	0	1	0	0
2	0	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,821	0,6	0,714	0	0	0	0	0
3	0	0	0,5	0	0,67	1	0	0	0,821	0,6	0,714	0	0	0	0	0
4	0	1	0,5	0	0,33	0	0	0,133	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	0
5	0,75	1	0	1	0,33	1	1	0	0,179	0,4	0,286	0	1	1	0	0
6	0	1	0,5	0	0,33	1	1	0,867	0,179	0	0,286	0	0	1	0	0
7	0,75	0	0	0	0,33	1	1	0	0,179	0,4	0,286	1	0	1	0	0
8	0	1	0,5	1	0,33	1	1	0,867	0,179	0	0	0	0	1	0	0
9	0	1	0	0	0,33	1	0	0,133	0,179	0,4	0,286	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	1	0	0	0	0
11	0	1	0	0	0,33	1	0	0,133	0,179	0,4	0,286	1	0	1	0	0
12	0,75	0	0	1	0,33	1	0	0	0,821	0,4	0,286	0	0	0	0	0
13	0	0	0,5	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0	1	0	1	0	0
14	0,75	0	0,5	1	0	0	1	0	0,179	0	0	0	0	0	0	0
15	0,75	0	0	0	0,33	1	0	0,867	0,179	0,4	0,286	0	0	1	0	0
16	0,75	0	0,5	0	0,33	1	1	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	0
17	0	1	0,5	0	0,33	0	1	0,867	0,179	0,4	0,286	1	0	0	0	0
18	0	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	0
19	0	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	0
20	0,75	0	0	0	0,33	0	0	0,867	0,179	0,4	0,286	0	0	1	0	0

21	0	0	0,5	0	0,33	1	0	0	0,821	0,6	0,286	0	0	0	0	0
22	0	1	0,5	1	0,33	0	0	0,133	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	0
23	0,75	0	0,5	1	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	1	1	0	0
24	0,75	1	0,5	1	0,667	1	1	0,8667	0,82143	0,6	0,7143	1	1	1	1	0,5
25	0,75	1	0	1	0,33	1	0	0	0,821	0,6	0,714	0	0	1	1	0
26	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
27	0,75	1	0	1	0,33	0	0	0	0,179	0	0	0	0	1	1	0
28	0	1	0	0	0,33	0	1	0,867	0,179	0	0	0	0	1	1	0
29	0,75	0	0	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
30	0	1	0	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
31	0,25	0	0	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	1	1	1	0
32	0	1	0	0	0,33	0	1	0,867	0,179	0	0	0	0	1	1	0
33	0,75	1	0,5	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
34	0	1	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0	0	0	0	0	1	0
35	0	0	0,5	1	0,67	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	0
36	0,75	0	0,5	1	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
37	0,75	0	0	1	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
38	0	1	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0	0	1	1	1	0
39	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
40	0	1	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
41	0,75	0	0,5	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
42	0,75	0	0,5	1	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0
43	0	1	0,5	0	0,33	0	1	0,867	0,179	0	0	0	0	1	1	0
44	0	1	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0

45	0	1	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0	0	0	0	1	1	1	0
46	0,75	0	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
47	0,75	0	0	0	0,67	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	1	0
48	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
49	0	1	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	1	0
50	0	1	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
51	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
52	0	1	0	1	0,33	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
53	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
54	0,75	0	0	0	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
55	0,75	0	0,5	1	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
56	0,75	0	0	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	0	1	0
57	0,75	0	0,5	1	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	0	1	1	0
58	0,25	0	0,5	1	0,33	1	0	0	0,179	0,4	0,286	0	1	1	1	0	
59	0,75	0	0,5	0	0,33	0	0	0	0,179	0,4	0,286	0	0	1	1	0	

Lampiran 7 Hasil Komposisi Aturan Pasien 1

Rule	Hasil Implikasi	Diagnosa				
		AML	ALL	CML	CLL	
1	0	0	0	0	0	
2	0					
3	0					
4	0					
5	0					
6	0					
7	0					
8	0					
9	0					
10	0					
11	0					
12	0					
13	0					
14	0					
15	0					
16	0					
17	0					
18	0					
20	0					
21	0					
22	0					
23	0	0,5	0	0,5	0,5	
24	0,5		0			
25	0		0			
26	0		0			
27	0					
28	0					
29	0					
30	0					
31	0					
32	0					
33	0					
34	0					
35	0					
36	0					
37	0					
38	0					
39	0					
40	0					
41	0					

42	0			
43	0			
44	0			
45	0			
46	0			
47	0			
48	0			
49	0			
50	0			
51	0			
52	0			
53	0			
54	0			
55	0			
56	0			
57	0			
58	0			
59	0			

Lampiran 8 Hasil Diagnosa Data *Training* dengan Defuzzifikasi *Centroid*

Pasien	z^*	Diagnosa Model	Diagnosa Asli
1.	1,9995	CML	CML
2.	1,9995	CML	CML
3.	1,9995	CML	CML
4.	1,9996	CML	CML
5.	1,9995	CML	CML
6.	1,9996	CML	CML
7.	0,3587	AML	AML
8.	1,9995	CML	CML
9.	1,9995	CML	CML
10.	1,9995	CML	CML
11.	0,4655	AML	AML
12.	1,9995	CML	CML
13.	0,3812	AML	AML
14.	1,9996	CML	CML
15.	1,9995	CML	CML
16.	0,3617	AML	AML
17.	1,9996	CML	CML
18.	1,9995	CML	CML
19.	1,9995	CML	CML
20.	1,9996	CML	CML
21.	0,3482	AML	AML
22.	1,9995	CML	CML
23.	1,9995	CML	CML
24.	0,3721	AML	AML
25.	0,3812	AML	AML
26.	1,9995	CML	CML
27.	0,3812	AML	AML
28.	1,9995	CML	CML
29.	1,9996	CML	CML
30.	0,3812	AML	AML
31.	1,9995	CML	CML
32.	0,3812	AML	AML
33.	0,9997	ALL	ALL
34.	0,3812	AML	AML
35.	1,9995	CML	CML
36.	1,9995	CML	CML
37.	0,3812	AML	AML
38.	0,4090	AML	AML
39.	0,3812	AML	AML
40.	0,3812	AML	AML

41.	1,9996	CML	CML
42.	1,9995	CML	CML
43.	1,9995	CML	CML
44.	0,3635	AML	AML
45.	1,9996	CML	CML
46.	0,3669	AML	AML
47.	1,9995	CML	CML
48.	0,3683	AML	AML
49.	1,9996	CML	CML
50.	1,9995	CML	CML
51.	0,3750	AML	AML
52.	1,9995	CML	CML
53.	1,9996	CML	CML
54.	0,3721	AML	AML
55.	0,3659	AML	AML
56.	0,3750	AML	AML
57.	1,9995	CML	CML
58.	1,9996	CML	CML
59.	1,9996	CML	CML
60.	1,9996	CML	CML

Lampiran 9 Hasil Diagnosa Data *Testing* dengan Defuzzifikasi *Centroid*

Pasien	z^*	Diagnosa Model	Diagnosa Asli
1.	0,3721	AML	AML
2.	1,9980	CML	CML
3.	0,3812	AML	AML
4.	0,3644	AML	AML
5.	1,9996	CML	CML
6.	1,9989	CML	CML
7.	1,5000	CML	CML
8.	1,9996	CML	CML
9.	1,9996	CML	CML
10.	0,3635	AML	AML
11.	1,9996	CML	CML
12.	1,5000	ALL	AML
13.	0,4267	AML	AML
14.	1,9996	CML	CML

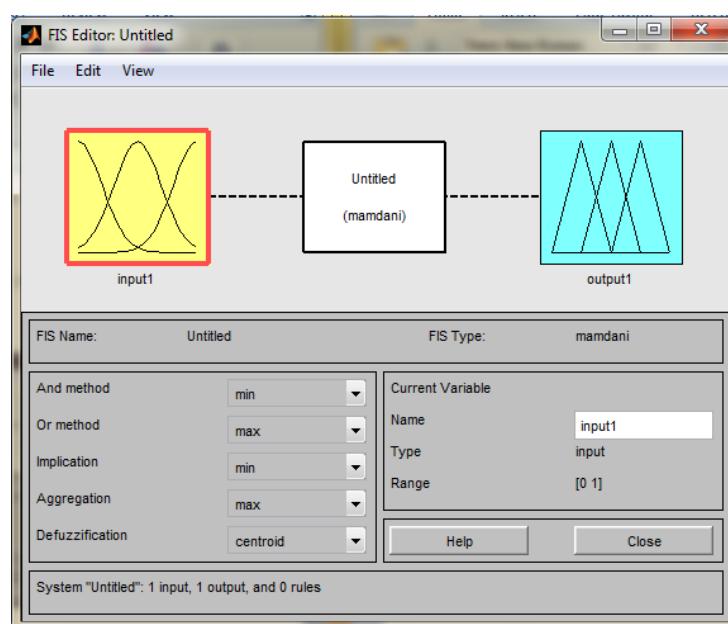
Lampiran 10. Keterangan

Ps	:	Pasien
JK	:	Jenis Kelamin
DN	:	Denyut Nadi
WBC	:	<i>White Blood Cell</i> (leukosit)
Lym	:	Limfosit
RBC	:	<i>Red Blood Cell</i> (eritrosit)
Hb	:	Hemoglobin
Hmt	:	Hematokrit
PLT	:	Trombosit
SM	:	Sangat Muda
M	:	Muda
D	:	Dewasa
T	:	Tua pada variabel usia, Tinggi pada variabel lainnya
ST	:	Sangat Tua pada variabel usia, Sangat Tinggi pada variabel lainnya

Lampiran 11 Langkah-Langkah Model Fuzzy dengan Matlab R2012b

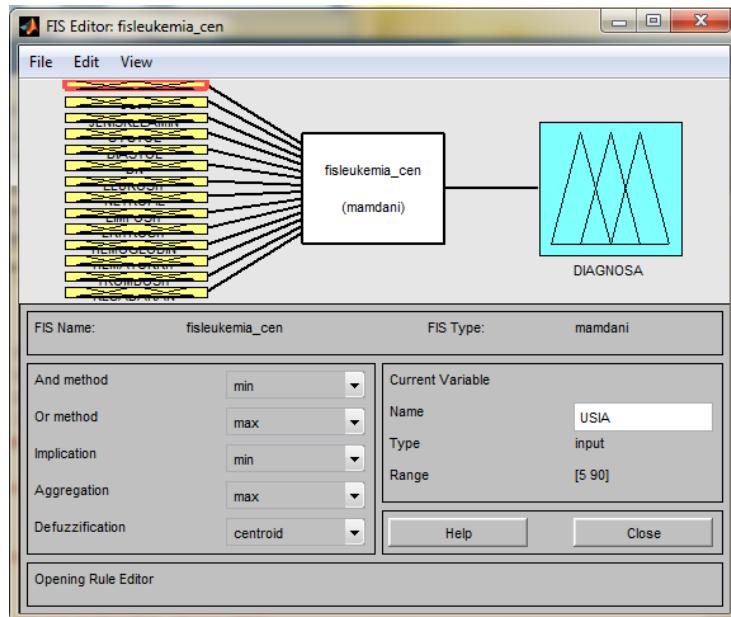
Pada Matlab R2012b tersedia berbagai *toolbox*, salah satunya adalah *Fuzzy Logic Toolbox* yang dapat membantu untuk merancang model *fuzzy* untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang. Terdapat beberapa langkah-langkah dalam membuat model *fuzzy* untuk diagnosa jenis *leukemia* pada *Fuzzy Logic Toolbox*, yaitu:

1. Buka Matlab R2012b.
2. Ketik “**fuzzy**” pada Command Window kemudian tekan “**enter**”, sehingga akan muncul kotak dialog seperti pada gambar berikut:

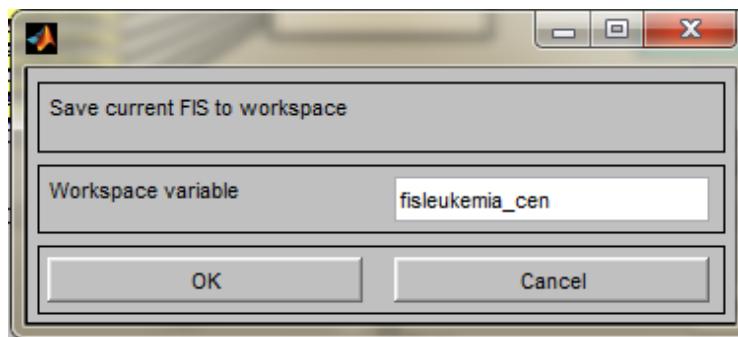


3. Pastikan metode yang dipilih adalah Metode Mamdani dengan metode defuzzifikasi Centroid.
4. Default FIS hanya menyediakan 1 input dan 1 output. Dalam penelitian ini digunakan 14 input dan 1 output maka perlu ditambahkan dengan cara pilih

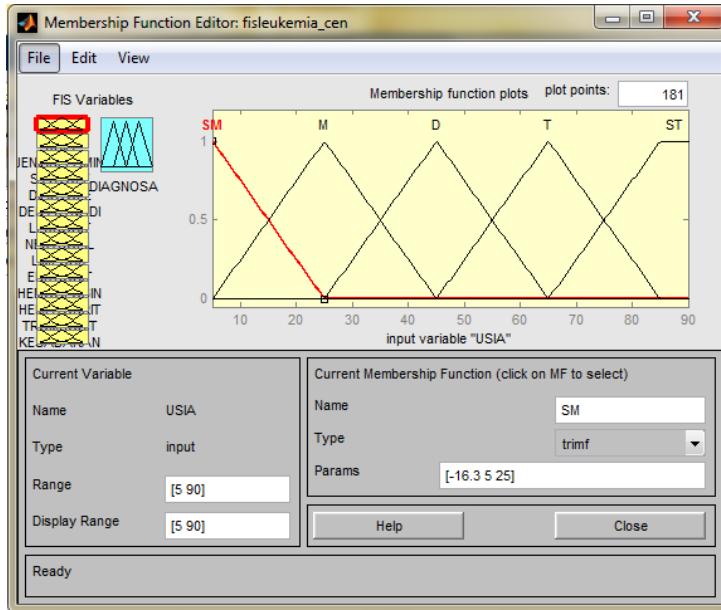
Edit → Add Variable → Input. Lakukan hingga memperoleh 14 input seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



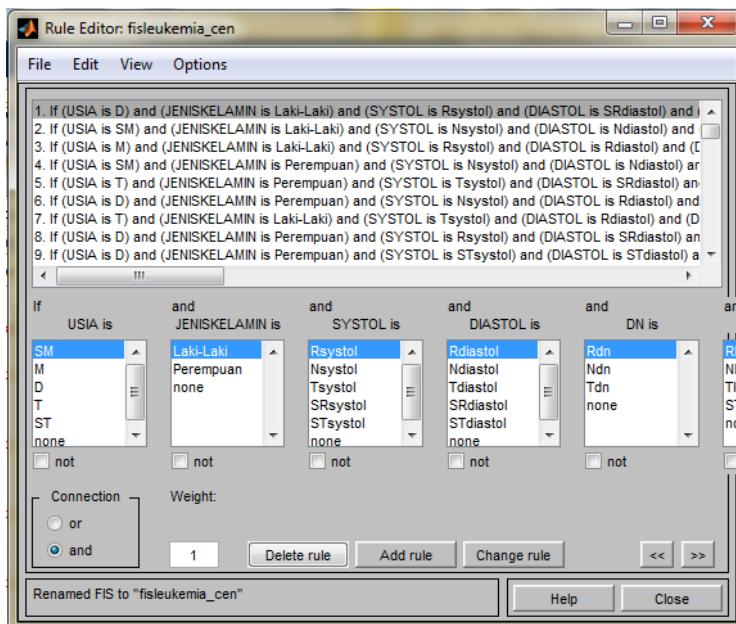
- Sebelum ke tahap selanjutnya simpan FIS terlebih dahulu dengan cara pilih **Edit→Export→To Workspace (edit Field Workspace Variable dengan ketik fisleukemia_cen)→ OK.**



- Membuat fungsi keanggotaan untuk masing-masing input dan output. Misalkan untuk variabel usia, **double click** pada input usia kemudian beri nama setiap himpunan fuzzy dari variabel usia dengan sangat muda, muda, dewasa, tua, sangat tua. Tentukan range usia, yaitu [5, 90].



7. Membuat aturan pada Rule Editor dengan cara klik setiap variabel yang disesuaikan dengan aturan yang telah ditentukan, kemudian klik **Add Rule**. Lakukan sampai terdapat 59 aturan.



8. Lakukan pengujian terhadap FIS yang telah dibangun dengan ketik `fis=readfis('fisleukemia_cen')` pada Command Window. Kemudian tekan “enter” dan misalkan akan dilakukan pengujian terhadap pasien 1 maka ketik

out=evalfis([70 1 110 60 120 50.5 27 72 4.15 11.2 35 16 2 1],fis) sehingga akan keluar hasil defuzzifikasi dengan metode centroid yaitu **out=1,9995**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pasien 1 terdiagnosa CML.

Lampiran 12 Nilai Rujukan *Systole*, *Diastole*, Denyut Nadi, Leukosit, Neutrofil, Limfosit, Eritrosit, Hemoglobin, Hematokrit, dan Trombosit

No		Sangat Rendah	Rendah	Normal	Tinggi	Sangat Tinggi
1	<i>Systole</i>	≤ 80 mmHg	< 120 mmHg	120 mmHg	> 120 mmHg	≥ 160 mmHg
2	<i>Diastole</i>	≤ 60 mmHg	< 80 mmHg	80 mmHg	> 80 mmHg	≥ 100 mmHg
3	Denyut Nadi		< 70 kali/menit	70 – 110 kali/menit	> 110 kali/menit	
4	Leukosit		< 4 ribu/ul	4 – 11 ribu/ul	> 11 ribu/ul	≥ 39 ribu/ul
5	Neutrofil	< 20 %	< 50 %	50 – 70 %	> 70 %	
6	Limfosit		< 25 %	25 – 40 %	> 40 %	≥ 85 %
7	Eritrosit	$\leq 0,2$ juta/ul	< 4,4 juta/ul	4,4 – 5 juta/ul		
8	Hemoglobin	≤ 5 g/dl	< 12 g/dl	12 – 15 g/dl		
9	Hematokrit	≤ 15 %	< 37 %	37 – 45 %	> 45 %	
10	Trombosit	≤ 30 ribu/ul	< 150 ribu/ul	150 – 450 ribu/ul	> 450 ribu/ul	≥ 1000 ribu/ul