

LOGIKA FUZZY DENGAN MATLAB

Contoh Kasus Penelitian
Penyakit Bayi dengan
Fuzzy Tsukamoto

Agung Setiawan S.Kom, M.M, M.Kom
Budi Yanto, S.T., M.Kom
Kiki Yasdomi, S.Kom., M.Kom



JAYAPANGUS PRESS
www.jayapanguspress.org



LOGIKA FUZZY

Dengan

MATLAB

*(Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi
dengan Fuzzy Tsukamoto)*

Oleh:

Agung Setiawan S.Kom, M.M., M.Kom.

Budi Yanto, S.T., M.Kom.

Kiki Yasdomi, S.Kom., M.Kom.

LOGIKA FUZZY Dengan MATLAB
(Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi
dengan Fuzzy Tsukamoto)

Penulis:

Agung Setiawan S.Kom, M.M., M.Kom.

Budi Yanto, S.T., M.Kom.

Kiki Yasdomi, S.Kom., M.Kom.

Isi diluar tanggungjawab penerbit

Hak Cipta 2018 pada Penulis

Copyright ©2018 by Jayapangus Press

All Right Reserved

PENERBIT:

Jayapangus Press

Anggota IKAPI

No. 019/Anggota Luar Biasa/BAI/2018

Jl. Ratna No.51 Denpasar - BALI

<http://jayapanguspress.org>

Email : jayapanguspress@gmail.com

Perpustakaan Nasional Republik Indonesia

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

ISBN: 978-602-51483-7-8

Kutipan Pasal 44, Ayat 1 dan 2, Undang-undang Republik Indonesia tentang HAK CIPTA :

Tentang Sanksi Pelanggaran Undang-Undang No. 6 Tahun 1982 tentang HAK CIPTA sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang No. 7 Tahun 1987 jo. Undang-Undang No. 12 Tahun 1997, bahwa :

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 100.000.000,- (seratus juta rupiah).
2. Barang siapa sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Dalam kehidupan sehari-hari banyak masalah yang dihadapi manusia yang berhubungan dengan matematika, sehingga dapat diistilahkan tiada hari tanpa angka dan matematika. Awalnya manusia akan berfikir bahwa matematika hanya digunakan untuk menentukan angka-angka yang sudah pasti.

Namun dengan pola fikir manusia yang makin hari makin kompleks, maka manusia mulai berfikir bisakah matematika digunakan untuk angka yang tidak pasti atau sama-samar.

Dengan ditemukannya metode *fuzzy*, maka angka yang tidak pasti dapat diukur kini dapat diukur. Namun pengukuran ini bukan berfungsi untuk menggantikan perhitungan angka yang pasti, hanya digunakan untuk menghadapi kondisi yang tidak pasti saja.

Buku ini membahas teori dasar *fuzzy* hingga bagaimana menghitung *fuzzy* dari masukkan (fuzzifikasi) sampai dengan keluaran (defuzzifikasi). Selain itu buku ini juga membahas tentang bagaimana cara membaca hasil perhitungan *fuzzy*, khususnya *fuzzy* Tsukamoto.

Dalam buku ini juga disertakan penghitungan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab, karena Matlab sangat mendukung untuk perhitungan *fuzzy*.

Kritik dan saran yang membangun penulis harapkan dari berbagai pihak demi perbaikan untuk penyusunan buku ini berikutnya. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun buku ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN DALAM	i
HALAMAN REDAKSI	ii
HAK CIPTA	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1. SEKILAS LOGIKA FUZZY	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Kapan Menggunakan Logika Fuzzy?	4
1.3. Pendekatan Logika Non <i>Fuzzy</i> dan Logika <i>Fuzzy</i>	5
1.3.1. Pendekatan logika Non <i>Fuzzy</i>	6
1.3.2. Pendekatan Logika <i>Fuzzy</i>	8
BAB 2. KONSEP LOGIKA FUZZY	12
2.1. Konsep <i>Fuzzy Sets</i>	20
2.2. Fungsi Keanggotaan atau <i>Membership Function</i>	28
2.3. Variabel Linguistik	36
2.4. Proposisi <i>Fuzzy</i>	38
2.5. Metode Penarikan Kesimpulan atau inferensi pada Fuzzy	41
2.5.1. Metode Maksimum	41
2.5.2. Metode Additive (Penjumlahan)	43
2.5.3. Metode Probabilitas OR (PROBOR)	43
2.6. Metode Penegasan atau Deffuzifikasi	43
2.7. Sistem <i>Fuzzy</i>	45
2.7.1. Model Fuzz Mamdani	46
2.7.2. Model <i>Fuzzy</i> Tahani Sugeno Tang (TSK)	48
2.7.3. Model <i>Fuzzy</i> Tsukamoto	50

2.7.4. Model <i>Fuzzy</i> Tahani	51
2.7.5. Model <i>Fuzzy</i> Umano	54
BAB 3. SISTEM INFERENSI FUZZY	56
3.1. Masukkan Fuzzifikasi	57
3.2. Mesin Inferensi	58
3.2.1. Fuzzifikasi	58
3.2.2. Operasi Inferensi	61
3.2.3. Menghitung Nilai <i>Fire Strength</i>	61
3.2.4. Defuzzifikasi	62
BAB 4. ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM FUZZY	64
4.1. Pendahuluan	64
4.2. Kerangka Kerja	65
BAB 5. PENELITIAN LOGIKA FUZZY	77
5.1. <i>Knowledge Base</i> atau Basis Pengetahuan	77
5.1.1. Analisa Data	77
5.1.2. Perancangan Mesin Inferensi	83
5.1.2.1. Proses Pengaburan Variabel Masukkan	84
5.1.2.2. Proses Pengaburan Variabel Keluaran	104
5.2. <i>Knowledge Graph</i> atau Bagan Pengetahuan	105
5.3. Mesin Inferensi	107
BAB 6. PEMBUATAN FUZZY DENGAN MATLAB	119
6.1. Pengenalan Perangkat Lunak Matlab	119
6.2. Pembuatan variabel Masukkan	122
6.3. Pembuatan <i>Fuzzy Sets</i>	124
6.4. Pembuatan <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS)	144
6.4.1. Nilai Maksimum <i>Fuzzy Sets</i>	144
6.4.2. Nilai Terendah dari Rule	154
6.5. Pembuatan Defuzzifikasi	158
6.5.1. Perhitungan Tiap <i>Rule</i> kedalam Keluaran	159

6.5.2. Mencari Nilai <i>Fire Strength</i>	160
6.5.3. Mencari Nilai Z	164
6.5.4. Membuat Grafik Defuzzifikasi	164
DAFTAR PUSTAKA	168
LAMPIRAN	193

DAFTAR TABEL

TABEL	JUDUL	HAL.
4.1	Indikator Penyakit Bayi	74
5.1	Data Indikator dan Penyakit Bayi	78
5.2	Data Hasil Penelitian	80
5.3	Data Variabel Masukkan	81
5.4	Area <i>Fuzzy Sets</i>	82
5.5	Data Variabel Keluaran	83
5.6	Nilai Minimum Tiap <i>Rule</i>	117
5.7	Nilai z Tiap <i>Rule</i>	118
	LAMPIRAN	173

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	JUDUL	HAL.
1.1	Bahasa Pasti dan Bahasa tidak Pasti	4
1.2	Contoh Logika <i>Fuzzy</i>	5
1.3	Ilustrasi Kenaikan Gaji Karyawan	6
1.4	Kenaikan Tetap Gaji Karyawan	7
1.5	Kenaikan tidak Tetap Gaji Karyawan	7
1.6	Contoh Fungsi Keanggotaan Himpunan	9
1.7	Contoh Fuzzifikasi	10
2.1	Sistem Informasi Berbasis Pengetahuan pada <i>System Hybrid</i>	13
2.2	Struktur Sistem Pakar	15
2.3	Proses Motor Inferensi	19
2.4	Himpunan Klasik Orang Tinggi	21
2.5	Himpunan Klasik	22
2.6	Struktur Umum pada Sistem Berbasis Aturan <i>Fuzzy</i>	25
2.7	Himpunan <i>Fuzzy</i> Orang Tinggi	26
2.8	Fungsi Keanggotaan Setiap Himpunan pada Variabel Umur	27
2.9	Representasi Linier Naik	29
2.10	Representasi Linier Naik	30
2.11	Fungsi Keanggotaan Segitiga	31
2.12	Fungsi Keanggotaan Trapesium	32
2.13	Fungsi Kurva-S untuk Pertumbuhan	33
2.14	Fungsi Kurva-S untuk Penyusutan	33
2.15	Fungsi Kurva PI	34
2.16	Fungsi Kurva BETA	35
2.17	Fungsi Kurva GAUSS	36
2.18	Himpunan <i>Fuzzy</i> Nilai Ujian	37
2.19	Fungsi Keanggotaan Kecepatan Kendaraan Tinggi $\mu_A(x)$	39

2.20	Fungsi Keanggotaan Umur dan Nilai Kebenarannya	40
2.21	Penarikan Kesimpulan Metode Maksimum	42
2.22	Metode Defuzzifikasi	45
2.23	Blok Diagram Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	46
2.24	Defuzzifikasi Model Mamdani	47
2.25	Defuzzifikasi Model Sugeno	49
2.26	Defuzzifikasi Model Tsukamoto	50
3.1	Alur Logika Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	57
3.2	Proses Mesin Inferensi	58
3.3	<i>Fuzzy Sets</i> Suhu	59
3.4	Defuzzifikasi Model Tsukamoto	63
4.1	Kerangka Kerja	66
4.2	Rancangan Defuzzifikasi Penelitian	73
5.1	Proses Mesin Inferensi Penelitian	83
5.2	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Suhu	84
5.3	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Mata	85
5.4	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Tangis	86
5.5	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Kulit	87
5.6	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Sikap	88
5.7	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> BABSering	89
5.8	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> BABencer	90
5.9	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> WarnaBibir	91
5.10	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Bibir	92

5.11	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Tenggorokan	93
5.12	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Hidung	94
5.13	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Perut	95
5.14	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> PerutMual	96
5.15	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> PerutMuntah	97
5.16	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Perut Nyeri	98
5.17	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Makan	99
5.18	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Telinga	100
5.19	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> TelingaCairan	101
5.20	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> BintikCairan	102
5.21	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Kulit Gatal	103
5.22	Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> Kondisi	105
5.23	Fungsi Keanggotaan Bagan Pengetahuan Variabel Masukkan ke Variabel Keluaran	106
5.24	Defuzzifikasi Metode Tsukamoto	108
6.1	Tampilan Perangkat Lunak Matlab 2010	121
6.2	Tampilan Editor Matlab 2010	122
6.3	Tampilan Fuzzifikasi Panas $37.7^{\circ}\text{C} = 0.8$	126
6.4	Tampilan Fuzzifikasi Rewel $2.4 = 0.125$	128
6.5	Tampilan Fuzzifikasi Gelisah $4.5 = 0.833$	130
6.6	Tampilan Fuzzifikasi BABSering $3.7 =$ 0.2	132

6.7	Tampilan Fuzzifikasi BABEncer $5.6 = 0.2$	134
6.8	Tampilan Fuzzifikasi Kembang $3.5 = 0.833$	136
6.9	Tampilan Fuzzifikasi Mual $3.7 = 0.9$	138
6.10	Tampilan Fuzzifikasi Muntah $3.2 = 0.7333$	140
6.11	Tampilan Fuzzifikasi Nyeri $2.7 = 0.1$	142
6.12	Tampilan Fuzzifikasi Gatal $2.8 = 0.3$	144
6.13	Tampilan Defuzzifikasi $Z = 8.0452$	167

BAB 1

SEKILAS LOGIKA *FUZZY*

1.1.Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari banyak masalah yang dihadapi manusia yang berhubungan dengan matematika, sehingga dapat diistilahkan tiada hari tanpa angka dan matematika. Sebagai contoh kita bangun tidur pertama kali kita lihat adalah jam berapa? Bahkan sampai akan tidurpun kita akan melihat angka, seperti sudah jam berapa? Kita naik angkutan umum, jual beli, hingga kita lihat jam, semuanya akan berhubungan angka dan matematika dengan penjumlahan maupun pengurangan.

Semua masalah diatas adalah masalah sudah pasti dan tidak dapat terbantahkan. Namun sesuai dengan perkembangan pola pikir manusia yang tidak puas, maka semua yang pasti dibuat sebuah pola masalah yang tidak pasti atau kemungkinan.

Pada akhir abad ke 19 hingga akhir abad ke-20, teori probabilitas memegang peranan penting untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian. Selama itu pula, metode peramalan secara konvensional yang digunakan adalah analisis regresi dan regresi berganda. Dewasa ini perkembangan teknologi informasi sudah sedemikian pesat. Perkembangan yang pesat tidak hanya teknologi perangkat keras dan perangkat lunak saja, tetapi metode komputasi juga ikut berkembang.

Salah satu metode komputasi yang cukup berkembang saat ini adalah sistem cerdas. Dalam teknologi informasi, sistem cerdas dapat juga digunakan untuk melakukan peramalan. Salah satu metode dalam sistem cerdas yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan adalah menggunakan logika *fuzzy* yang dikenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun tahun 1965.

Logika Fuzzy dengan Matlab

Namun teori *fuzzy* ini tidak secara langsung menggantikan teori probabilitas.

Teori himpunan *fuzzy* digunakan sebagai kerangka matematis untuk menangani masalah ketidakpastian, ketidakjelasan ataupun dapat digunakan untuk kekurangan informasi. Dalam kehidupan sehari-hari kekurangan informasi banyak ditemukan diberbagai bidang kehidupan.

Ketidakjelasan juga dapat digunakan untuk mendeskripsikan yang berhubungan dengan ketidakpastian yang diberikan dalam bentuk linguistik atau bahasa. Sistem logika *fuzzy* digunakan dalam sebuah sistem yang dibangun dengan cara definisi dan cara kerja *fuzzy* yang benar, walaupun sebuah fenomena yang akan dimodelkan dalam sistem *fuzzy* adalah bersifat samar-samar.

Secara umum *fuzzy logic* adalah sebuah metode “berhitung” dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan (Naba, 2009 : 1). Memang kata-kata yang digunakan dalam *fuzzy* tidak setepat bilangan, namun kata yang digunakan lebih dekat dengan intuisi manusia, seperti kata “merasakan”, “kira-kira”, “lebih kurang”, dan sebagainya.

Sesuai dengan perkembangan daya pikir manusia, maka logika *fuzzy* ini menjadi populer untuk digunakan dalam riset, karena kemampuannya dalam menjembatani bahasa mesin yang serba tepat dengan bahasa manusia yang cenderung tidak tepat. Biasanya diistilahkan dengan kata signifikan (*significance*).

Logika samar atau *fuzzy logic* dapat dianggap sebagai pendekatan untuk memetakan suatu ruang *input* atau masukan ke dalam suatu ruang *output* atau keluaran (Setiono dan Sofa Marwoto, 2010).

Logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari *input* menuju *output* yang

Logika Fuzzy dengan Matlab

diharapkan. Pada himpunan *fuzzy*, nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1 (Prihatini, 2011).

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, misalnya umur, temperatur, dan lain-lain.

Fungsi keanggotaan atau *membership function* adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Prihatini, 2011).

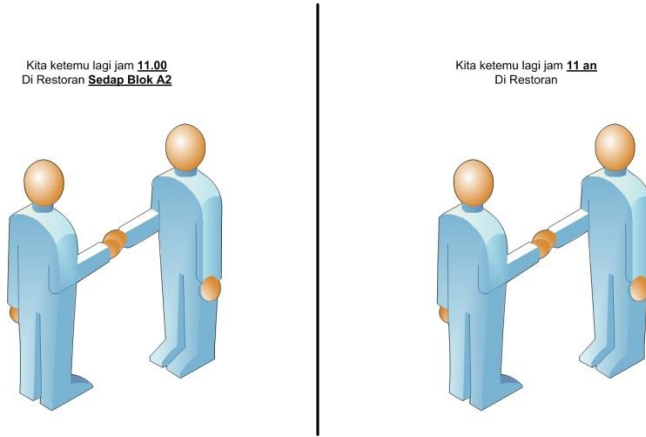
Beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, yaitu (Kusumadewi, et al, 2006) :

- a. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- b. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
- c. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang sangat tepat.
- d. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
- e. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- f. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- g. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Dengan logika *fuzzy* maka sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan kedalam bahasa mesin secara mudah dan efisien. Pada gambar 1.1, memberikan ilustrasi bahwa akan ada pertemuan jam 11.00 dan direstoran Sedap Blok A.2 yang menggunakan bahasa yang pasti (peresisi), sedangkan gambar

Logika Fuzzy dengan Matlab

disebelahnya menerangkan dengan bahasa yang tidak pasti. Karena jam 11an, bisa menunjukkan jam 11.00 sampai dengan jam 11.59, dan bertemu di restoran yang dalam bahasa tidak jelas restoran mana.



Gambar 1.1. Bahasa Pasti dan Bahasa tidak Pasti

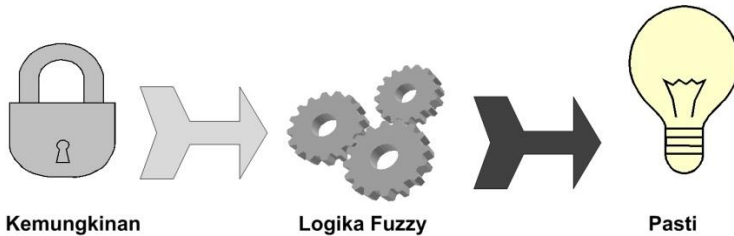
Dalam bahasa mesin harus menggunakan bahasa dengan tingkat presisi yang tinggi (jam 11.00), sedangkan bahasa manusia umumnya menggunakan bahasa dengan bahasa yang menduga atau kira-kira (jam 11an). Dengan logika *fuzzy* maka antara bahasa manusia dan bahasa mesin dapat dijembatani, sehingga menjadi lebih efektif dan efisien antara bahasa manusia dan bahasa mesin.

1.2. Kapan Menggunakan Logika Fuzzy?

Dalam kehidupan kita, terkadang kita dihadapkan pada masalah kemungkinan atau perkiraan pemetaan hubungan masukan dan keluaran berdasarkan data yang kurang atau tidak pasti. Logika *fuzzy* merupakan suatu cara yang cocok

Logika Fuzzy dengan Matlab

untuk melaksanakan tugas ini. Setiap manusia pasti membutuhkan kepastian hasil, walaupun masukkan yang diterima tidak pasti.



Gambar 1.2. Contoh Logika Fuzzy

Dalam gambar 1.2 terlihat bahwa masukkan yang diterima adalah tidak pasti atau kemungkinan. Setelah diolah dengan logika *fuzzy* maka dihasilkan suatu jawaban yang pasti atau mendekati kebenaran.

Memang banyak alternatif untuk menjawab kemungkinan yang terjadi, seperti sistem linier, linier berganda, sistem pakar, jaringan saraf tiruan (JST), dan masih banyak lagi metode yang dapat digunakan. Dari sekian banyak metode yang dapat digunakan, logika *fuzzy* sering digunakan menjadi pilihan terbaik. Hal ini digunakan untuk mempermudah dalam mermbuat rancang bangun sistem agar lebih cepat dan efisien.

1.3. Pendekatan Logika Non Fuzzy dan Logika Fuzzy

Untuk membuat ilustrasi antara pendekatan logika non *fuzzy* dengan pendekatan logika *fuzzy*, akan lebih mudah jika kita membuat perumpamaan yang digunakan dalam penyelesaian masalah yang bersifat *fuzzy*.

Sebagai contoh misalnya kita akan membuat sebuah aturan bahwa kenaikan gaji karyawan akan diberikan sebesar 20% dari

Logika Fuzzy dengan Matlab

gaji pokok, walaupun kenaikan gaji bisa bervariasi tergantung dari kinerja karyawan tersebut.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut diatas, kinerja karyawan diberikan skor 0 sampai dengan 10, dimana 0 berarti kinerja buruk dan 10 berarti kinerja sangat baik atau memuaskan.



Gambar 1.3. Ilustrasi Kenaikan Gaji Karyawan

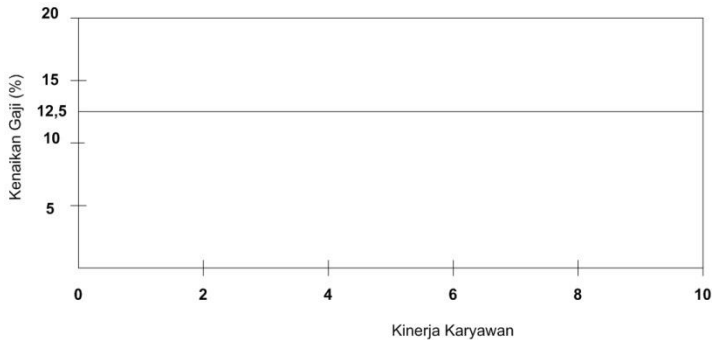
Pemecahan masalah pada gambar 1.3 adalah kinerja karyawan untuk menentukan besarnya kenaikan gaji karyawan. Dengan kata lain bagaimana membuat model atau pemetaan hubungan kinerja karyawan dengan kenaikan gaji. Dalam hal ini, kinerja karyawan digunakan sebagai masukan dan naik gaji sebagai keluaran.

1.3.1. Pendekatan Logika Non Fuzzy

Pendekatan logika non *fuzzy* pada kasus dapat dinyatakan dengan 2 (dua) model yaitu :

a. Model tetap

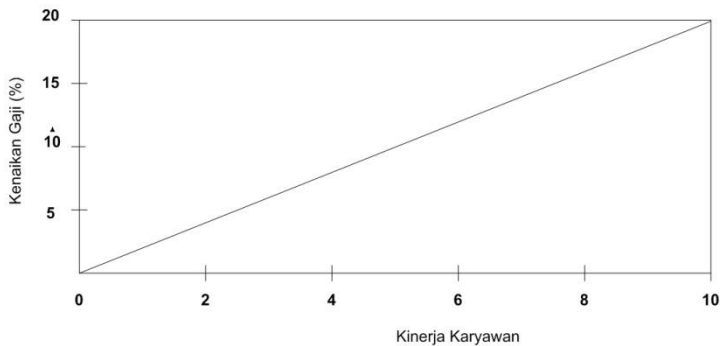
Untuk perhitungan kenaikan gaji tetap, dapat dihitung secara rata, misalnya prosentase (%) kenaikan gaji dihitung secara rata sebesar 12,5%. Dengan ketentuan kinerja baik atau buruk dianggap layak untuk mendapatkan persamaan kenaikan gaji. Sehingga dapat dilihat pada gambar 1.4 dibawah ini:



Gambar 1.4. Kenaikan Tetap Gaji Karyawan

b. Model tidak tetap

Perhitungan tidak tetap kenaikan gaji karyawan, dibuat untuk memberikan penghargaan lebih bagi kinerja karyawan yang baik, sesuai perhitungan dari bagian karyawan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 1.5 dibawah ini:



Gambar 1.5. Kenaikan tidak Tetap Gaji Karyawan

Logika Fuzzy dengan Matlab

Model gambar 1.5 sangat baik dibuat untuk lebih menghargai karyawan yang berprestasi lebih baik. Sehingga akan terjadi perlombaan kinerja karyawan yang berakibat pada kenaikan kinerja karyawan pada masa yang akan datang. Adapun gambar 1.4, sangat tidak berpengaruh untuk kinerja karyawan yang akan datang, karena karyawan yang mempunyai kinerja baik disamakan dengan kinerja yang buruk.

1.3.2. Pendekatan Logika Fuzzy

Untuk memperbaiki hasil yang lebih dalam mengenai pencapaian pada pendekatan logika non *fuzzy* diatas, kita lakukan dengan pendekatan logika *fuzzy*.

Pada logika *fuzzy* kita akan diberikan *rule* atau aturan yang mudah dipahami, seperti IF - THEN, seperti :

IF Kinerja buruk THEN kenaikan gaji rendah,
 IF Kinerja sedang THEN kenaikan gaji tinggi, dimana prosentasi dihitung 12,5% dan dilanjutkan dengan penanaman model perhitungan dengan pendekatan *fuzzy*. Fungsi IF dapat dilakukan dengan lebih dari satu variabel dengan menambahkan AND diantara variabel yang dibuat. Sebagai contoh dibawah ini:

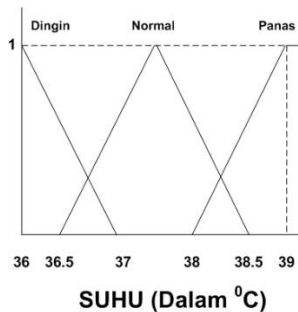
IF Suhu is Panas AND Tangis is Rewel
 AND Sikap is Gelisah AND BABSering is Sering
 AND BABEncer is Encer
 THEN Sakit is Diare

Semua *rule* diatas dalam membangun sebuah logika *fuzzy* bisa digunakan untuk memetakan hubungan Sakit Diare dengan Suhu Panas, Sikap Gelisah, BAB Sering dan BAB Encer. Apabila kemudian kita akan merubah

Logika Fuzzy dengan Matlab

kata-kata tersebut dengan variabel yang memungkinkan, seperti Suhu dengan Dingin, Normal dan Panas, Tangis dengan Diam, Normal dan Rewel, Sikap dengan Tenang, Normal dan Gelisah, BABSering dengan Jarang, Normal dan Sering, dan BABEncer dengan Keras, Normal dan Encer.

Kita ambil contoh, seorang bayi yang normal mempunyai suhu rata-rata adalah 37.5°C , diluar suhu tersebut maka bayi akan dianggap tidak normal dengan kondisi dingin atau panas, sehingga perlu penanganan khusus oleh seorang ibu atau tenaga medis. Untuk memudahkannya maka dapat dikelompokkan menjadi bayi dingin, normal dan panas, dengan grafik pada gambar 1.6:



Gambar 1.6. Contoh Fungsi Keanggotaan Himpunan

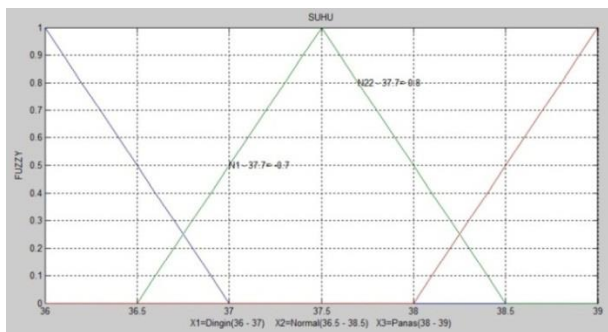
Pada gambar 1.6 menampilkan 3 buah representasi yang berisi suhu tubuh bayi dengan *range* 36 sampai dengan 39, yang terdiri dari 3 bagian yaitu representasi linear turun untuk suhu dingin dengan *range* 36 sampai dengan 37, representasi kurva segitiga dengan *range* 36.5 sampai dengan 38.5 menggambarkan normal dan

Logika Fuzzy dengan Matlab

representasi linear naik berisi panas dengan garis menaik dalam *range* 38 sampai dengan 39. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan pembacaan data. Oleh karena itu dari gambar 4.2, dapat digambarkan fungsi keanggotaannya sebagai berikut : (Lebih detilnya akan dibahas pada bab selanjutnya)

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Dingin}}(x) &= \begin{cases} 1; & X \leq 36 \\ \frac{37 - X}{37 - 36}; & 36 \leq X \leq 37 \\ 0; & X \geq 37 \end{cases} \\
 \mu_{\text{Normal}}(x) &= \begin{cases} 0; & X \leq 36.5 \\ \frac{X - 36.5}{37.5 - 36.5}; & 36.5 \leq X \leq 37.5 \\ \frac{38.5 - X}{38.5 - 37.5}; & 37.5 \leq X \leq 38.5 \\ 0; & X \geq 38.5 \end{cases} \\
 \mu_{\text{Panas}}(x) &= \begin{cases} 0; & X \leq 38 \\ \frac{X - 38}{39 - 38}; & 38 \leq X \leq 39 \\ 1; & X \geq 39 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Misalkan seorang bayi mengalami Suhu tubuh = 37.7⁰C, maka ditentukan area fuzzifikasi sebagai berikut : (Lebih detilnya akan dibahas pada bab selanjutnya)



Gambar 1.7. Contoh Fuzzifikasi

Logika Fuzzy dengan Matlab

Berbekal informasi *rule* contoh diatas, maka kita bisa melihat bahwa logika *fuzzy* lebih baik daripada logika non *fuzzy*. Untuk implementasi *fuzzy* kita bisa menggunakan *Toolbox* dari program Matlab maupun kita bisa membuatnya dengan menuliskan *scrip* program. Dalam buku ini akan dibahas secara detil dengan menggunakan *scrip* program. Walaupun demikian penggunaan dengan *Toolbox* juga akan diberikan secara sekilas saja dalam buku ini, sehingga dapat membantu bagi yang kurang memahami *scrip* program

Apabila kita menggunakan model logika non *fuzzy*, kita akan mengalami kesulitan dalam memahami dan mengingat modelnya jika kita akan merubah atau menurunkan modelnya. Untuk penggunaan model logika *fuzzy*, kita hanya memerlukan perubahan dengan menggeser rentang angka-angka tersebut tanpa harus merubah *rule* dari fungsi IF - THEN.

BAB 2

KONSEP LOGIKA FUZZY

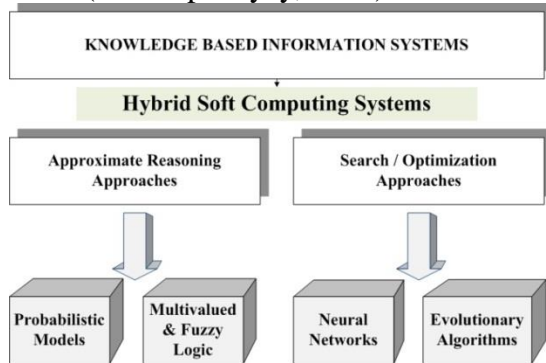
Seperti yang telah dibahas pada bab 1, bahwa logika *fuzzy* digunakan untuk memetakan sebuah variabel masukan kedalam proses dan akan menghasilkan keluaran dengan menggunakan *rule* IF - THEN. Penggunaan logika *fuzzy* dapat dikembangkan sebagai sistem pakar, karena dapat menghasilkan keluaran sebagai layaknya seorang pakar. Selain itu logika *fuzzy* dapat menyimpan pengetahuan para pakar yang disimpan kedalam basis pengetahuan dan dapat memprediksi kejadian yang akan datang. Dalam logika *fuzzy*, prosesnya menggunakan sebuah mesin yang dikenal sebagai *fuzzy inference system* (FIS).

Sebagai bagian dari sistem pakar atau sistem berbasis pengetahuan, mesin inferensi atau *inference engine* bertugas melakukan inferensi terhadap aturan-aturan yang disimpan pada basis pengetahuan. Mesin inferensi merupakan otaknya sistem basis pengetahuan yang mengolah informasi dari basis pengetahuan (Yuliadi Erdani, 2008). Cara kerja dari mesin inferensi adalah mengolah fakta yang diberikan oleh *user* dan mencari keterkaitan antara fakta-fakta tersebut dengan fakta-fakta dan aturan-aturan yang disimpan pada basis pengetahuan. Oleh karena itu sebuah basis pengetahuan terdapat aturan-aturan (*rule*) yang dibuat atau telah ditetapkan oleh para pakar.

Aplikasi sistem berbasis aturan tidak hanya pada pemecahan masalah saja, namun juga dapat diintegrasikan pada cabang-cabang kajian *artificial intelligent* yang lain guna

Logika Fuzzy dengan Matlab

meningkatkan atau menyempurnakan metode sebagai bentuk dari *hybrid system*. (Mukhopadhyay, 2009)



Gambar 2.1. Sistem Informasi Berbasis Pengetahuan pada Sistem Hybrid

Sistem pakar dapat diartikan sebagai sekumpulan program komputer atau perangkat lunak yang bekerja sebagai seorang pakar manusia yang berfungsi untuk menyelesaikan suatu permasalahan berdasarkan pengetahuan yang dimilikinya dan disimpan di memorinya atau basis pengetahuan (Yulardi Erdani, 2008).

Sistem pakar menurut Harihayati, et al (2012) adalah suatu program yang memperlihatkan derajat keahlian dalam pemecahan masalah di bidang tertentu sebanding dengan seorang pakar.

Sedangkan menurut Henderson (2009), sebuah sistem pakar adalah sebuah program komputer yang menggunakan aturan dan pengetahuan pengkodean dengan memberikan alasan untuk penarikan kesimpulan atau pemecahan masalah.

Dan menurut Tomei (2008), sebuah sistem pakar, juga dikenal sebagai sistem berbasis pengetahuan, adalah sebuah

Logika Fuzzy dengan Matlab

sistem berbasis pengetahuan yang menggunakan penangkapan pengetahuan manusia untuk memecahkan masalah yang biasanya memerlukan manusia pakar.

Ataupun menurut Kusri (2008), sistem pakar adalah aplikasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah sebagaimana yang dipikirkan oleh pakar.

Jadi sistem pakar dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang dibuat atau diprogram dan dilakukan dengan cara mengadopsi pengetahuan manusia ke dalam komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang dilakukan oleh seorang ahli atau pakar pada masalah yang spesifik.

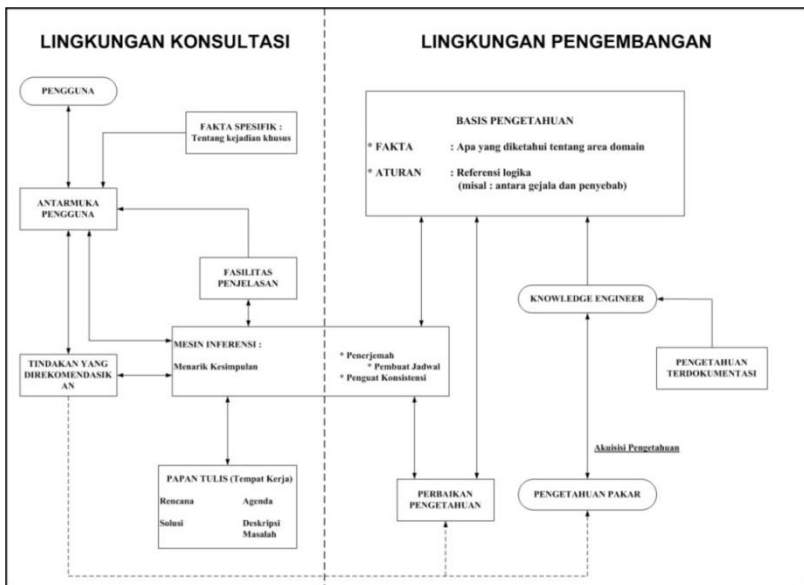
Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama yaitu basis pengetahuan (*knowledge base*) dan penalaran (*reasoning*). *Knowledge base* dalam sistem pakar mengandung pengetahuan yang bersumber dari pengetahuan seorang (atau sekelompok) pakar, buku, jurnal, dan sebagainya, yang berhubungan dengan bidang tertentu yang direpresentasikan dengan format tertentu yang dapat diterima oleh komputer (Suputra, 2012). Pekerjaan pengumpulan dan representasi pengetahuan ini dilakukan oleh *knowledge engineer*. Sementara penalaran diimplementasikan berdasarkan konsep dan metode yang disesuaikan dengan kebutuhan atas pemecahan masalah yang dihadapi.

Sistem berbasis pengetahuan lebih luas lingkungannya dibandingkan dengan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System / DSS*) yang telah dikenal selama ini, karena sistem berbasis pengetahuan mempunyai potensi untuk memperluas kemampuan dalam pemecahan masalah yang melebihi dari masalah yang normalnya.

Sehingga dengan sistem berbasis pengetahuan, semua pengetahuan baik dari literatur atau buku-buku yang telah tertulis dari para pakar atau masukkan langsung oleh para pakar

Logika Fuzzy dengan Matlab

akan tersimpan dalam suatu lokasi atau basis untuk diolah dan pada akhirnya akan menghasilkan informasi yang dibutuhkan oleh *user* untuk membuat sebuah keputusan. Sistem berbasis pengetahuan ini sangat baik sekali karena berisi fakta-fakta nyata yang berasal dari observasi dan pengalaman dari pakar, yang semuanya diatur dengan aturan logika yang jelas untuk menghubungkan sebab atau gejala yang ditimbulkan. Adapun struktur sistem pakar adalah sebagai berikut : (Sukarsa, et al, 2012)



Gambar 2.2. Struktur Sistem Pakar

Pada gambar 2.2, seorang pengguna akan bertanya dengan menggunakan antarmuka pengguna sebagai masukan. Antarmuka pengguna akan menjawab dengan menggunakan tindakan yang direkomendasikan untuk diteruskan kedalam

Logika Fuzzy dengan Matlab

perbaikan pengetahuan dan pengetahuan pakar, dan fasilitas penjelasan yang jawabannya didapat dari mesin inferensi. Mesin inferensi berfungsi sebagai mesin penerjemah basis pengetahuan yang berisikan fakta dan aturan. Sedangkan basis pengetahuan mendapatkan masukan dari *knowledge engineer* yang telah diisi dengan pengetahuan terdokumentasi, dan diakusisi dengan pengetahuan pakar setelah mendapatkan masukan dari tindakan yang direkomendasikan.

Adapun pengertian basis pengetahuan merupakan representasi pengetahuan dari seorang pakar yang diperlukan untuk memahami, memformulasikan dan memecahkan masalah (Sukarsa, et al, 2009). Basis pengetahuan terdiri dari dua elemen dasar, yaitu:

- a. Fakta yang berupa informasi tentang situasi permasalahan, teori dari area permasalahan atau informasi tentang objek.
- b. Spesial heuristik yang merupakan informasi tentang cara bagaimana membangkitkan fakta baru dari fakta yang sudah diketahui. Dalam sistem pakar berbasis *rule*, bagian ini berupa *rules*.

Knowledge base atau basis pengetahuan adalah jantung sebuah sistem pakar. Bagian ini adalah totalitas keahlian pakar yang telah disarikan dan diformat ke dalam eksternal memori komputer (Sukarsa, et al, 2009). Sampai saat ini terdapat berbagai cara representasi pengetahuan yang telah dikenal, misalnya :

a. *Rule-Based Knowledge*

Pengetahuan direpresentasikan dalam suatu bentuk fakta atau *facts* dan aturan atau *rules*. Bentuk representasi ini terdiri atas *premise* atau alasan dan kesimpulan. Pada penalaran berbasis aturan, pengetahuan dipresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk : IF-THEN. Bentuk ini digunakan apabila kita memiliki sejumlah pengetahuan

pakar pada suatu permasalahan tertentu, dan pakar dapat menyelesaikan masalah tersebut secara berurutan. Di samping itu, bentuk ini juga digunakan apabila dibutuhkan penjelasan tentang langkah-langkah pencapaian solusi.

b. *Case-Base Reasoning*

Case-Base Reasoning (CBR) adalah teknik penyelesaian masalah berdasarkan *knowledge* pengalaman yang lalu (Kusrini, et al, 2009).

Pada penalaran berbasis kasus atau *case*, basis pengetahuan berisi solusi-solusi yang telah dicapai sebelumnya, kemudian diturunkan suatu solusi untuk keadaan sekarang atau fakta yang ada. Bentuk ini digunakan apabila *user* menginginkan untuk mengetahui lebih banyak lagi pada kasus-kasus yang hampir sama atau mirip. Selain itu, bentuk ini juga digunakan apabila telah dimiliki sejumlah situasi atau kasus tertentu dalam basis pengetahuan atau dapat diartikan pengetahuan direpresentasikan dalam bentuk kesimpulan kasus.

c. *Frame-Based Knowledge*

Pengetahuan direpresentasikan dalam suatu bentuk hirarki atau jaringan *frame* (Sukarsa, et al, 2009). Oleh karena itu, pengetahuan harus mempunyai bingkai, untuk membedakan atau membatasi pengetahuan dengan pengetahuan lainnya. Walaupun pengetahuan punya bingkai yang dapat digunakan untuk membedakan dengan pengetahuan lainnya, namun pengetahuan yang satu dengan yang lain dapat saling berhubungan atau saling membutuhkan.

d. *Object-Based Knowledge*

Pengetahuan direpresentasikan sebagai jaringan dari objek-objek. Objek adalah elemen data yang terdiri dari data dan metode atau proses (Sukarsa, et al, 2009). Dalam penggunaan sehari-hari, maka pengetahuan dapat menggunakan objek yang berfungsi untuk merepresentasikan masalah yang dihadapi.

Sistem berbasis pengetahuan atau *knowledge based system* adalah sebuah sistem yang merepresentasikan sebuah aplikasi yang berisi sejumlah pengetahuan nyata, dan dirancang, diimplementasikan dan memungkinkan untuk dirawat yang berkaitan dengan struktur data, informasi dan pengetahuan.

Sedangkan pengetahuan merupakan saringan atau intisari dari informasi (Kusrini, 2008). Adapun sistem berbasis pengetahuan terdiri dari tiga komponen :

a. *Knowledge base* atau Basis pengetahuan

Basis Pengetahuan atau *Knowledge Base* berisi fakta-fakta, teori, pemikiran dan hubungan antara satu dengan lainnya (Harihayati, et al, 2012).

Jadi pengetahuan dari bidang tertentu disimpan dalam basis pengetahuan. Pengetahuan ini dapat dibedakan menjadi pengetahuan deklaratif dan prosedural. Yang dimaksud dengan pengetahuan deklaratif adalah fakta atau aturan khusus yang berhubungan dengan pokok masalah. Sedangkan pengetahuan prosedural adalah pengetahuan tentang tindakan yang harus diambil untuk meraih sasaran tertentu. Cara lain untuk merepresentasikan pengetahuan adalah dengan aturan IF-THEN.

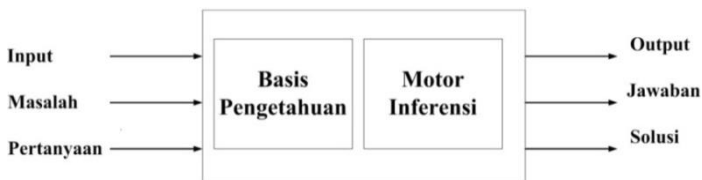
Logika Fuzzy dengan Matlab

b. *Inference Engine* atau Mesin Inferensi

Dengan mempergunakan aturan pada basis pengetahuan dan *database* sistem menduga fakta yang harus diperoleh atau dikumpulkan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu mesin dengan kemampuan dapat menarik kesimpulan yang dikenal dengan *inference engine*.

Mesin inferensi atau *inference engine* adalah kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman (Harihayati, et al, 2012).

Jadi, inferensi merupakan proses untuk menghasilkan informasi dari fakta yang diketahui atau diasumsikan. Inferensi merupakan konklusi logis atau *logical conclusion* adalah implikasi berdasarkan informasi yang tersedia. Dalam sistem pakar proses inferensi dilakukan dalam suatu modul yang disebut *inference engine* atau mesin inferensi (Kusrini, 2008).



Gambar 2.3. Proses Motor Inferensi

Gambar 2.3 masukkan yang terdiri dari masalah dan pertanyaan akan dirubah kedalam bentuk basis pengetahuan, agar dapat diterjemahkan dalam motor inferensi. Dari motor inferensi tersebut akan menghasilkan keluaran berupa jawaban dan solusi.

Logika Fuzzy dengan Matlab

- c. *User Interface* atau antarmuka pemakai
User interface merupakan media yang dipergunakan oleh pemakai untuk berinteraksi dengan sistem atau komputer. Penggunaan *user interface* ini dimaksudkan untuk mempermudah seorang *user* dalam menjalankan aplikasi komputer, sehingga seorang *user* tidak memerlukan seorang instruktur dalam menjalankan aplikasi komputer yang ada.

2.1. Konsep Fuzzy Set

Untuk memahami logika *fuzzy* lebih jauh, kita bisa mengawalinya dengan *fuzzy set* (himpunan *fuzzy*). Karena *fuzzy* merupakan samara-samara, maka *fuzzy set* adalah himpunan dimana tiap elemen keanggotaannya tidak mempunyai batas yang jelas. Himpunan tersebut dikenal dengan himpunan klasik (*crisp*).

Sebelum munculnya teori logika *fuzzy* atau *fuzzy logic*, dikenal dengan logika tegas atau *crisp logic* yang memiliki nilai dengan tegas atau yang dikenal dengan logika "benar" atau "salah" (1 atau 0), atau yang dikenal dengan himpunan klasik. Sebagai contoh : himpunan klasik *A* untuk bilangan nyata yang lebih besar dari 8 dapat diekspresikan dalam persamaan :

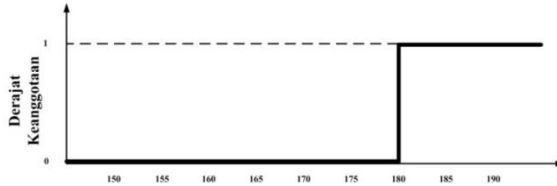
$$A = \{x \mid x > 8\} \quad (2.1)$$

Dalam persamaan (2.1) jelas batasan bahwa jika *x* lebih besar dari 8 maka *x* merupakan bagian himpunan *A*, sementara untuk nilai *x* lainnya bukan merupakan bagian dari himpunan *A*.

Sebagai ilustrasi, secara matematika dapat diekspresikan bahwa himpunan orang yang tinggi adalah orang yang tingginya lebih dari 180 cm. Jika diwujudkan dalam persamaan seperti pada persamaan (2.1), misal *A*= "Orang yang Tinggi" dan *x* ="Tinggi", maka persamaan tersebut tidak cukup untuk

Logika Fuzzy dengan Matlab

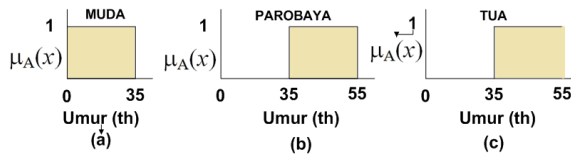
mewujudkan konsep sesungguhnya dari orang yang tinggi. Himpunan orang tinggi dalam konsep himpunan klasik digambarkan seperti dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Himpunan Klasik Orang Tinggi

Jika digunakan persamaan tersebut maka orang dengan tinggi minimal 180 cm dapat dikatakan orang yang tinggi, sementara orang dengan tinggi dibawah 180 cm bahkan 179 cm tidak dapat dikatakan sama sekali sebagai orang yang tinggi. Terdapat batas yang jelas dan perubahan yang tajam antara menjadi anggota dan bukan anggota dalam himpunan.

Himpunan klasik diwujudkan dengan mendefinisikan fungsi karakteristik untuk setiap elemen anggota himpunan klasik tersebut. Misal untuk himpunan klasik A , $(x,0)$ atau $(x,1)$ menunjukkan x anggota himpunan A ($x \in A$) atau x bukan anggota himpunan A ($x \notin A$). Tidak seperti himpunan klasik, himpunan *fuzzy* menggunakan derajat untuk menilai keanggotaan suatu elemen dalam suatu himpunan. Jika x adalah kumpulan objek dengan keanggotaan elemen x didalamnya yang disebut sebagai semesta pembicaraan, maka himpunan A dalam X didefinisikan sebagai himpunan dapat diekspresikan dengan gambar 2.5 (Kusumadewi, et al, 2006)



Gambar 2.5. Himpunan Klasik

Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan sederhana dari himpunan klasik yang mana fungsi karakteristiknya dimungkinkan untuk bernilai antara 0 dan 1. Jika nilai dari fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ dibatasi untuk 0 dan 1 maka himpunan *fuzzy* disederhanakan menjadi himpunan klasik. Sehingga dari gambar diatas, maka dapat diketahui :

1. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ($\mu_{MUDA}(34)=1$).
2. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{MUDA}(35)=0$).
3. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu_{PAROBAYA}(35)=1$).
4. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu_{PAROBAYA}(35th - 1 hari)=0$).

Dari sini dapat dikatakan bahwa pemakaian himpunan klasik untuk menyatakan variabel umur kurang bijaksana, karena adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan.

Karakteristik himpunan *fuzzy* menggunakan nilai antara 0 sampai 1, yang menunjukkan nilai derajat keanggotaan suatu elemen dalam himpunan *fuzzy*. Jika x adalah kumpulan objek dengan keanggotaan elemen x didalamnya yang disebut sebagai semesta pembicaraan, maka himpunan *fuzzy* A dalam X

Logika Fuzzy dengan Matlab

didefinisikan sebagai himpunan dapat diekspresikan dengan persamaan (2.2).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2.2)$$

Sedangkan jika X adalah nilai kontinu, maka himpunan *fuzzy* A dinyatakan dalam persamaan (2.2).

$$A = \int_x \sum \mu_A(X)/X \quad (2.3)$$

Tanda Σ dan \int merupakan tanda untuk *union* (gabungan) dari pasangan $(x, \mu_A(x))$ bukan merupakan tanda penjumlahan atau integral. Tanda tersebut atau juga hanya merupakan tanda antara pasangan elemen x dengan fungsi keanggotaannya $\mu_A(x)$, bukan merupakan pembagian. Sebagai contoh himpunan *fuzzy* dengan semesta pembicaraan diskrit, misal $X = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ adalah himpunan dari jumlah anak yang mungkin diinginkan oleh pasangan suami istri. Maka himpunan *fuzzy* A untuk jumlah anak yang diinginkan oleh pasangan suami istri adalah : $A = \{(0,0.1), (1,0.3), (2,0.7), (3,1), (4,0.7), (5,0.3), (6,0.1)\}$

Dalam logika *fuzzy* sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimiliki. Dalam himpunan *fuzzy*, batas antara "anggota himpunan" dan "bukan anggota himpunan" adalah bertahap dan perubahan perlahan dibentuk dengan fungsi keanggotaan yang memberikan fleksibilitas dalam memodelkan ekspresi *linguistic* atau bahasa yang biasa digunakan, sebagai contoh "airnya dingin" atau "suhu udara dingin". Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan.

Pada *Fuzzy* terdiri dari tiga komponen utama, yaitu proses *fuzzification*, *inference* dan proses *defuzzification*. Proses *fuzzification* adalah dimana hubungan masalah yang objektif

Logika Fuzzy dengan Matlab

ditransformasikan kedalam konsep *fuzzy*. Adapun penggunaan *Fuzzyfication* haruslah memenuhi masukkan atau *input* dan keluaran atau *output* dengan memperlihatkan kedalam hubungan bahasa atau *linguistic*. Keterlibatan *inference* dan *defuzzification* harus mengikuti kondisi dengan aturan dan faktor pertumbuhan kondisi yang rahasia untuk kesimpulan.

Dalam menggunakan *fuzzy* ini haruslah berlandaskan pada sistem berbasis aturan *fuzzy* atau *fuzzy rule based system* (FRBS). Adapun definisi FRBS menurut Herrera (2005), sebuah FRBS adalah disusun oleh basis pengetahuan, termasuk memberikan informasi oleh sebuah pakar dalam bentuk aturan linguistik fuzzy; sebuah antarmuka fuzzifikasi, dimana sebuah efek mentransformasikan data *crisp* kedalam *fuzzy set*.

Menurut Attarzadeh, et al (2010), sebuah sistem berbasis pada logika *fuzzy* memiliki hubungan langsung dengan konsep *fuzzy* (seperti *fuzzy sets*, variabel linguistik, dan lain-lain) dan logika *fuzzy*. Populernya sistem logika *fuzzy* dapat dikategorikan kedalam tiga tipe : sistem logika *fuzzy* yang bersifat teori, sistem *fuzzy* Takagi dan Sugeno, dan sistem logika *fuzzy* dengan fuzzifikasi dan defuzzifikasi.

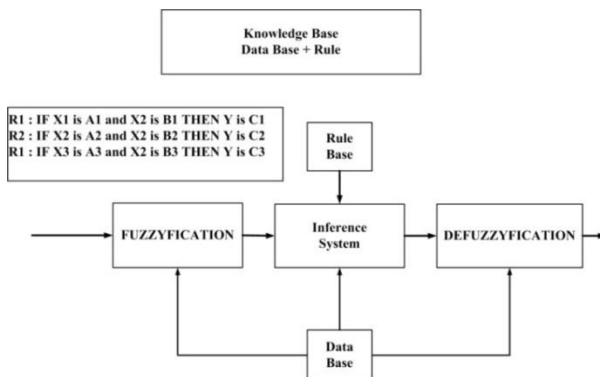
Adapun *fuzzy set* menurut Maior (2011), sebuah teori pada *fuzzy set* adalah generalisasi meliputi pada sebuah *classical set* dimana $\mu a(x) = 0$ atau $\mu a(x) = 1$.

Sedangkan menurut Setiono, et al (2010), himpunan samar atau *fuzzy set* dapat didefinisikan sebagai suatu kelas atau kategori obyek-obyek dengan nilai atau keanggotaan yang bersifat *continuum* atau menerus. Himpunan ini mengakomodasi kenyataan yang muncul dalam dunia fisik *real* dimana seringkali kriteria atau nilai yang didapatkan tidak dapat secara jelas atau eksak nilainya dan berada dalam suatu kurva rentang nilai.

Bagian yang penting pada FRBS ini adalah menggunakan aturan IF-THEN, yang berisi *antecedent* dan *consequent* untuk

Logika Fuzzy dengan Matlab

mengubah pernyataan *fuzzy*. Sebuah FRBS akan disesuaikan oleh basis pengetahuan, termasuk memberikan informasi oleh pakar dalam bentuk aturan bahasa *fuzzy*. *Fuzzyfication interface* akan memberikan efek transformasi data pasti kedalam set *fuzzy*. Sedangkan *inference system* akan digunakan bersama-sama dengan *knowledge base* untuk membuat inferensi ditengah dengan metode pertimbangan atau sebab akibat. Kemudian *defuzzyfication interface* akan menerjemahkan aturan *fuzzy* dan mendapatkan aksi yang nyata dengan menggunakan metode *defuzzyfication*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Struktur Umum pada Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

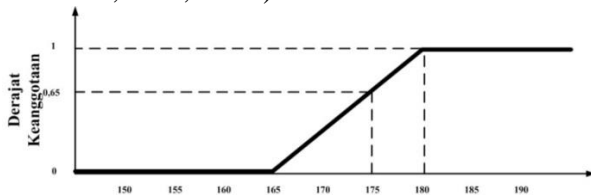
Keterangan :

- Knowledge base*, berisi aturan atau *rule* dari *fuzzy* dalam bentuk pernyataan IF-THEN
- Fuzzyfication*, merupakan proses untuk mengubah masukkan sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel *linguistic* menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*.

Logika Fuzzy dengan Matlab

- c. *Inference system*, merupakan proses untuk mengubah masukan *fuzzy* menjadi keluaran *fuzzy* dengan cara mengikuti aturan IF-THEN yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy*.
- d. *Defuzzification*, untuk mengubah keluaran *fuzzy* yang diperoleh dari *inference system* menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan yang dilakukan *fuzzification*.

Pada dasarnya, teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan teori himpunan klasik. Pada teori himpunan klasik atau *crisp*, keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan A hanya akan memiliki 2 kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A . Suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen (x) dalam suatu himpunan a , sering dikenal dengan nama nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan, dinotasikan dengan $\mu_A(x)$ (Kusumadewi, et al, 2006).



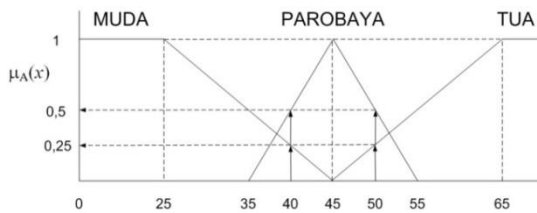
Gambar 2.7. Himpunan Fuzzy Orang Tinggi

Dalam himpunan *fuzzy*, batas antara "anggota himpunan" dan "bukan anggota himpunan" adalah bertahap dan dengan perubahan perlahan. Pada gambar 2.7, orang dengan tinggi lebih dari atau sama dengan 180 cm adalah anggota himpunan orang yang tinggi dengan derajat keanggotaan 1. Sementara orang dengan tinggi kurang dari 180 cm, dapat

Logika Fuzzy dengan Matlab

menjadi anggota himpunan orang yang tinggi dengan derajat keanggotaan yang berbeda-beda. Misal orang dengan tinggi 175 cm, menjadi anggota himpunan orang yang tinggi dengan derajat keanggotaan 0.65, sementara orang dengan tinggi 164 cm, memiliki derajat keanggotaan 0 terhadap himpunan orang yang tinggi. Derajat keanggotaan menunjukkan seberapa dekat nilai terhadap batas derajat keanggotaan himpunan yang sempurna.

Dari himpunan klasik diatas atau gambar 2.5, maka kita dapat merubahnya kedalam bentuk fungsi keanggotaan *fuzzy* seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.8. Fungsi Keanggotaan Setiap Himpunan pada Variabel Umur

Sehingga fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan pada variabel umur dapat diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{MUDA}}(x) & \begin{cases} 1; & X \leq 25 \\ \frac{45-X}{20}; & 25 \leq X \leq 45 \\ 0; & X \geq 45 \end{cases} \\
 \mu_{\text{PAROBAYA}}(x) & \begin{cases} 0; & X \leq 35 \text{ atau } X \geq 55 \\ \frac{45-X}{10}; & 35 \leq X \leq 45 \\ \frac{X-45}{10}; & 45 \leq X \leq 55 \\ 0; & X \geq 45 \end{cases} \\
 \mu_{\text{TUA}}(x) & \begin{cases} 0; & X \leq 45 \\ \frac{X-45}{20}; & 45 \leq X \leq 65 \\ 1; & X \geq 45 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Disini dapat dilihat bahwa, seseorang dapat masuk kedalam 2 himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dan seterusnya. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}(40)=0,25$, namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}(40)=0,5$.

2.2. Fungsi Keanggotaan atau *Membership Function*

Disini dapat dilihat bahwa, seseorang dapat masuk kedalam 2 himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dan seterusnya. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}(40)=0,25$, namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}(40)=0,5$.

Fungsi keanggotaan atau membership function adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya atau sering juga disebut dengan derajat keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Kusumadewi, et al, 2010). Terdapat beberapa kurva yang digunakan untuk mendefinisikan fungsi keanggotaan yaitu :

1. Representasi Linear,

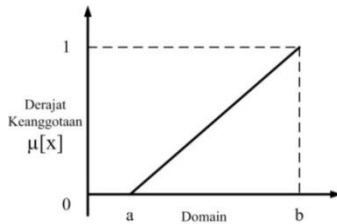
Pada representasi linier, pemetaan *input* ke derajat keanggotaan digambarkan menjadi suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan baik untuk

Logika Fuzzy dengan Matlab

mendekati suatu konsep yang kurang jelas (Supriyono, 2007). Ada dua fungsi linear, yaitu :

a. Linear naik

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Widhiastiwi, 2007), dapat dilihat gambar 2.9 :



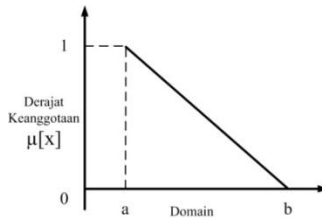
Gambar 2.9. Representasi Linear Naik

Adapun bentuk fungsi keanggotaannya :

$$\mu [X] \begin{cases} 0; & X \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} ; & a \leq X \leq b \\ 1; & X \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

b. Representasi linear turun

Representasi linear turun merupakan kebalikan dari linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah (Widhiastiwi, 2007), dapat dilihat pada gambar 2.10 :

**Gambar 2.10. Representasi linear turun**

Fungsi keanggotaannya adalah :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.6)$$

2. Representasi keanggotaan kurva segitiga (*Triangular membership function*)

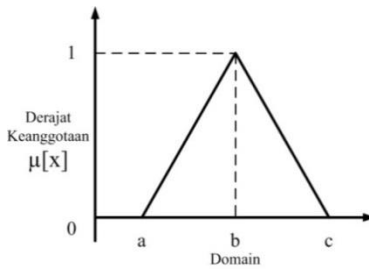
Kurva segitiga merupakan gabungan antara gabungan antara 2 garis atau linear (Kusumadewi, et al, 2010). Fungsi keanggotaan segitiga ditentukan oleh 3 parameter yaitu $\{a, b, c\}$ dengan mengikuti aturan dalam persamaan (2.7).

$$\text{Segitiga } (x;a,b,c) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} ; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} ; & b \leq x \leq c \\ 0; & c \geq x \end{cases} \quad (2.7)$$

Atau dengan menggunakan *min* dan *max*, dapat didefinisikan dengan persamaan (2.8).

$$\text{Segitiga } (x;a,b,c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.8)$$

Parameter $\{a, b, c\}$ dengan $a < b < c$ menentukan koordinat x dari 3 sudut fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan segitiga dapat digambarkan seperti dalam gambar 2.11.



Gambar 2.11. Fungsi Keanggotaan Segitiga

3. Representasi keanggotaan trapesium (*Trapezoidal membership function*)

Kurva Trapesium memiliki bentuk seperti kurva segitiga, tetapi memiliki beberapa titik yang mempunyai nilai keanggotaan 1 (Putu Manik Prihatini, 2011c).

Fungsi keanggotaan trapesium ditentukan 4 parameter $\{a, b, c, d\}$ yang mengikuti aturan dalam persamaan (2.9).

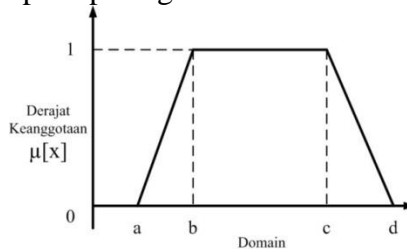
$$\mu [x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} ; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} ; & \\ x \geq d \end{cases} \quad (2.9)$$

Dan sebagai alternatif dapat digunakan min dan max dalam persamaan (2.10).

$$\text{Trapesium } (x;a,b,c,d)=\max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

(2.10)

Dalam persamaan (2.10) parameter $\{a, b, c, d\}$ dengan $a < b < c < d$ menentukan koordinat x dari 3 sudut fungsi keanggotaan trapesium. Fungsi keanggotaan trapesium dapat digambarkan seperti pada gambar 2.12.

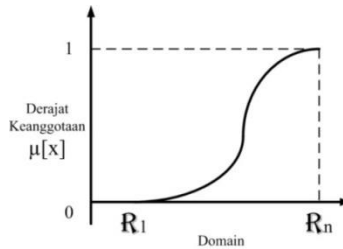


Gambar 2.12. Fungsi Keanggotaan Trapesium

4. Fungsi kurva S

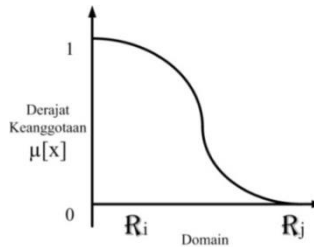
Kurva pertumbuhan dan penyusutan merupakan kurva-S atau *Sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linier.

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri atau nilai keanggotaan=0 ke sisi paling kanan atau nilai keanggotaan=1 (Kusumadewi, et al, 2010). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi, yang dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Fungsi Kurva-S untuk Pertumbuhan

Kebalikan dari kurva S di atas, adalah penyusutan yang akan bergerak dari sisi paling kanan atau keanggotaan = 1 ke sisi paling kiri atau nilai keanggotaan = 0, yang dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Fungsi Kurva-S untuk Penyusutan

Fungsi keanggotaan *sigmoidal* didefinisikan dengan persamaan (2.11).

$$S(x;\alpha,\beta,y) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ 2((x-\alpha) / (y-\alpha))^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1-2((y-x) / (y-\alpha))^2 & \beta \leq x \leq y \\ 1 & x \geq y \end{cases} \quad (2.11)$$

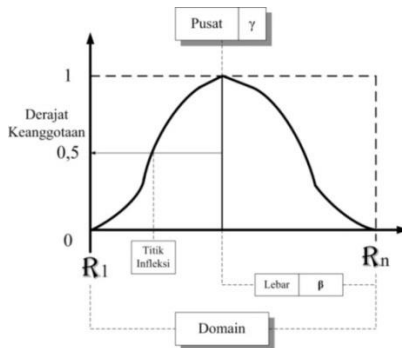
4. Fungsi kurva lonceng atau *bell curve*

Logika Fuzzy dengan Matlab

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: himpunan *fuzzy PI*, Beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada *gradien*-nya (Kusumadewi, et al, 2010).

a. Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β).



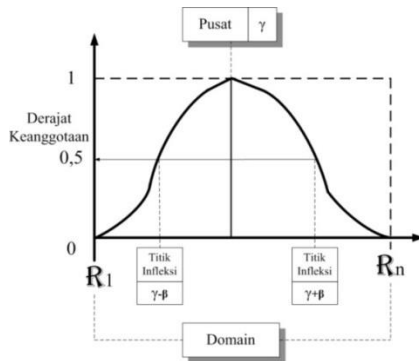
Gambar 2.15. Fungsi Kurva PI

Fungsi keanggotaan kuva PI didefinisikan dengan persamaan (2.12).

$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; \gamma - \beta, \gamma - \beta/2, \gamma) & \rightarrow x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, \gamma + \beta/2, \gamma + \beta) & \rightarrow x > \gamma \end{cases} \quad (2.12)$$

b. Kurva BETA

Seperti halnya kurva PI, kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β).



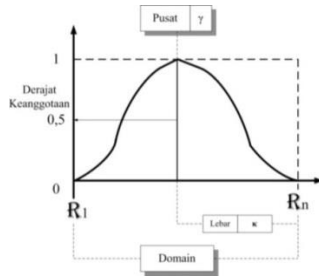
Gambar 2.16. Fungsi Kurva BETA

Fungsi keanggotaan kurva BETA didefinisikan dengan persamaan (2.13).

$$B(x; \gamma; \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2} \quad (2.13)$$

c. Kurva GAUSS

Jika kurva PI dan kurva 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.



Gambar 2.17. Fungsi Kurva GAUSS

Fungsi keanggotaan kurva GAUSS didefinisikan dengan persamaan (2.14).

$$G(x; k; \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2} \quad (2.14)$$

2.3. Variabel Linguistik

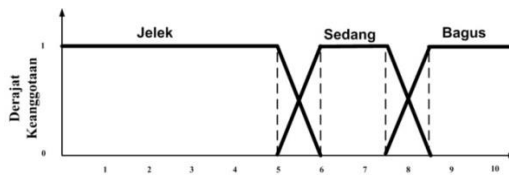
Linguistik adalah penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti Cepat, Normal, Lambat (Widiastuti, 2012). Variabel linguistik merupakan cara untuk mendefinisikan himpunan *fuzzy* dengan variabel yang berupa kata atau kalimat. Variabel linguistik didefinisikan dalam persamaan (2.15).

$$(x, T(x), X, G, M) \quad (2.15)$$

Dalam persamaan (2.15) x adalah nama dari variabel linguistik. $T(x)$ adalah himpunan istilah dari nilai linguistik x . X adalah semesta pembicaraan dari x . G adalah aturan sintaksis yang menghasilkan istilah dalam $T(x)$. Dan M adalah aturan semantik yang berhubungan dengan setiap nilai linguistik. Sebagai contoh jika didefinisikan variabel linguistik nilai ujian, maka himpunan istilah linguistik $T(\text{nilai ujian})$ adalah $T(\text{nilai$

Logika Fuzzy dengan Matlab

ujian) = {jelek, sedang, bagus} yang mana setiap istilah dalam $T(\text{nilai ujian})$ didefinisikan dengan semesta pembicaraan $X = [0 \ 10]$. Aturan sintaksis berkaitan dengan cara nilai linguistik dalam himpunan istilah $T(\text{nilai ujian})$ dihasilkan. Aturan semantik mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap nilai linguistik x dalam $T(x)$, yaitu $M(\text{jelek})$, $M(\text{sedang})$, dan $M(\text{bagus})$.



Gambar 2.18. Himpunan Fuzzy Nilai Ujian

Pada gambar 2.18 dapat dilihat $M(\text{jelek})$ adalah himpunan *fuzzy* untuk nilai ujian kurang dari sama dengan 5 dengan fungsi keanggotaan μ jelek diekspresikan dalam persamaan (2.16).

$$\mu(\text{jelek}) = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ 6-x, & 5 \leq x \leq 6 \end{cases} \quad (2.16)$$

Sedangkan $M(\text{sedang})$ adalah himpunan *fuzzy* untuk nilai ujian diantara 6 hingga 7.5 dengan fungsi keanggotaan μ sedang diekspresikan dalam persamaan (2.17).

$$\mu(\text{sedang}) = \begin{cases} x-5, & 5 \leq x \leq 6 \\ 1, & 6 \leq x \leq 7,5 \\ 8.5-x, & 7.5 \leq x \leq 8.5 \end{cases} \quad (2.17)$$

Logika Fuzzy dengan Matlab

Dan $M(\text{bagus})$ adalah himpunan *fuzzy* untuk nilai ujian diantara lebih dari sama dengan 8.5 dengan fungsi keanggotaan μ bagus diekspresikan dalam persamaan (2.18).

$$\mu(\text{bagus}) = \begin{cases} x-7.5, & 7.5 \leq x \leq 8.5 \\ 1, & x \geq 8.5 \end{cases} \quad (2.18)$$

2.4. Proposisi Fuzzy

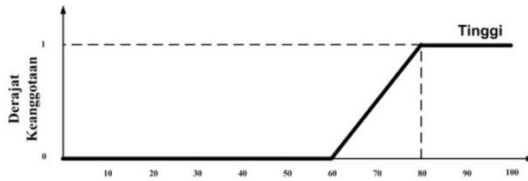
Perbedaan utama dari proposisi klasik dan proposisi *fuzzy* terdapat pada rentang nilai kebenarannya. Jika proposisi klasik akan dinyatakan benar atau salah, maka proposisi *fuzzy* dinyatakan dalam derajat kebenarannya. Proposisi *fuzzy* dapat diklasifikasikan dalam 4 tipe :

- a. Proposisi *fuzzy* tidak bersyarat dan tidak terukur
Proposisi *fuzzy* tidak bersyarat dan tidak terukur diekspresikan dengan persamaan (2.19).
$$p : v \text{ adalah } F \quad (2.19)$$

Dengan v adalah variabel yang memberikan nilai v dari himpunan semesta V . Sedangkan F merupakan himpunan *fuzzy* dalam V . Untuk setiap nilai v dari v memiliki derajat keanggotaan $F(v)$ terhadap F yang juga merupakan derajat kebenaran dari proposisi p disimbolkan dalam persamaan (2.20).

$$p : T(p) = F(v) \quad (2.20)$$

Misal v kecepatan kendaraan dengan fungsi keanggotaan untuk sifat tinggi seperti terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Fungsi Keanggotaan Kecepatan Kendaraan Tinggi $\mu_A(x)$

Maka proposisi terbentuk adalah kecepatan kendaraan (v) adalah tinggi (F), dengan derajat kebenaran $T(p) = F(v)$, sehingga jika kecepatan kendaraan $\mu_A(x) = 85$ maka derajat kebenaran proposisi $T(p) = F(v) = 1$ dan jika kecepatan kendaraan $v = 70$ maka derajat kebenaran $T(p) = F(v) = 0,5$.

- b. Proposisi *fuzzy* tidak bersyarat dan terukur
 Proposisi *fuzzy* tidak bersyarat dan terukur diekspresikan dengan persamaan (2.21).

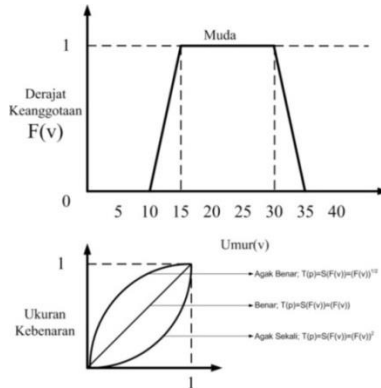
$$p : v \text{ adalah } F \text{ adalah } S \quad (2.21)$$

Yang mana v adalah variabel yang memberikan nilai v dari himpunan semesta V . Sedangkan F merupakan himpunan *fuzzy* dalam V dan S adalah ukuran kebenaran *fuzzy*. Secara umum derajat kebenaran $T(p)$ dari proposisi p untuk setiap nilai $v \in v$ disimbolkan dalam persamaan (2.22).

$$p : T(p) = S(F(v)) \quad (2.22)$$

Contoh proposisinya adalah Umur Joko adalah Muda adalah Benar Sekali. Dan misal umur Joko 32 tahun, akan merupakan anggota himpunan *fuzzy* muda dengan derajat keanggotaan 0.6, dan proposisi tersebut memiliki derajat

kebenaran dengan ukuran kebenaran fuzzy Benar Sekali 0.36.



Gambar 2.20. Fungsi Keanggotaan Umur dan Nilai Kebenarannya

- c. Proposisi fuzzy bersyarat dan tidak terukur
 Proposisi fuzzy bersyarat dan tidak terukur diekspresikan dengan persamaan (2.23).

$$p : \text{Jika } x \text{ adalah } A \text{ maka } y \text{ adalah } B \quad (2.23)$$

Yang mana x , y merupakan variabel yang nilainya berada dalam himpunan X, Y dan A , B adalah himpunan fuzzy dalam himpunan X, Y . Contoh proposisinya adalah Jika Joko Gemuk maka Ukuran Celananya adalah Besar.

- d. Proposisi fuzzy bersyarat dan terukur
 Proposisi fuzzy bersyarat dan terukur diekspresikan dengan persamaan (2.24).

$$p : \text{Jika } x \text{ adalah } A \text{ maka } y \text{ adalah } B \text{ adalah } S \quad (2.24)$$

Logika Fuzzy dengan Matlab

Yang mana x, y merupakan variabel yang nilainya berada dalam himpunan X, Y dan A, B adalah himpunan *fuzzy* dalam himpunan X, Y dan S merupakan ukuran kebenaran *fuzzy*. Contoh proposisinya adalah Jika Joko Gemuk maka Ukuran Celananya adalah Besar adalah Benar Sekali.

2.5. Metode Penarikan Kesimpulan atau Inferensi pada Fuzzy

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan (Kusumadewi, et al, 2010). Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu :

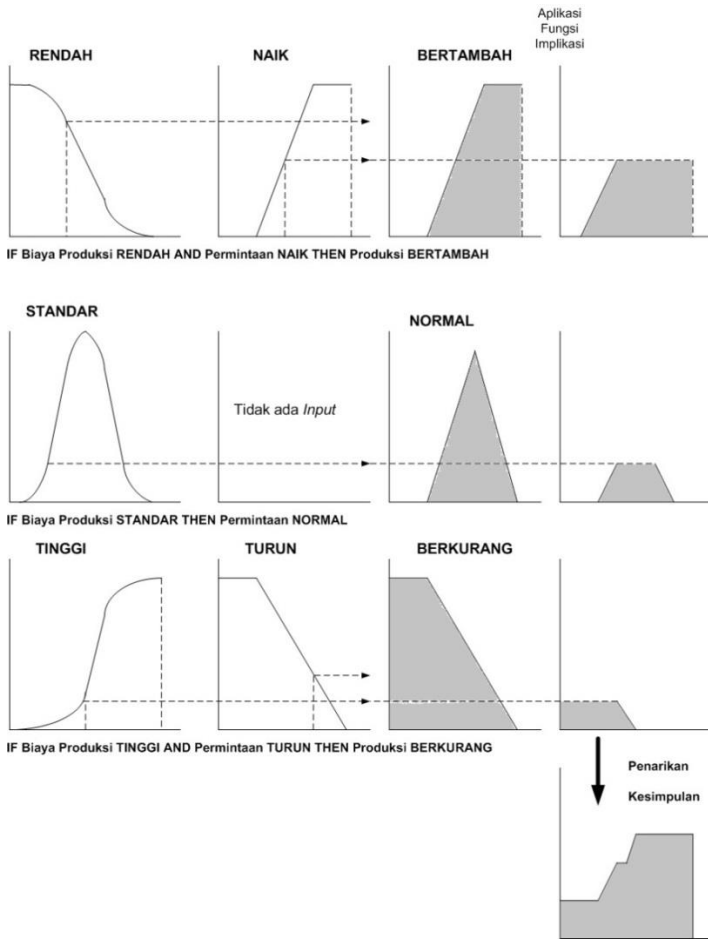
2.5.1. Metode Maksimum

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR atau *Union*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi (Kusumadewi, et al, 2010). Secara umum dapat tuliskan dalam seperti pada persamaan (2.25).

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.25)$$

Dengan $\mu_{sf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i , dan $\mu_{kf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke- i . Proses penarikan kesimpulan dengan metode maksimum terlihat pada gambar 2.21.

Logika Fuzzy dengan Matlab



Gambar 2.21. Penarikan Kesimpulan Metode Maksimum
2.5.2 Metode Additive (Penjumlahan)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy* (Kusumadewi, et al, 2010).

Secara umum dapat diekspresikan dalam persamaan (2.26).

$$\mu_{sf}[x_i] = \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.26)$$

Dengan $\mu_{sf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i, dan $\mu_{kf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

2.5.3 Metode *Probabilistic OR* (PROBOR)

Metode *probabilistic OR* merupakan metode penarikan kesimpulan yang mana solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua keluaran daerah *fuzzy*. Secara umum dapat diekspresikan dalam persamaan (2.27).

$$\mu_{sf}[x_i] = (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.27)$$

Dengan $\mu_{sf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i, dan $\mu_{kf}[x_i]$ merupakan nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

2.6. Metode Penegasan atau Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut (Kusumadewi, et al, 2010).

Defuzzifikasi atau penegasan merupakan metode untuk memetakan nilai dari himpunan *fuzzy* ke dalam nilai *crisp*. Masukkan proses defuzzifikasi adalah himpunan *fuzzy*. Terdapat beberapa metode defuzzifikasi antara lain :

1. Metode Centroid atau *Composite Moment*

Pada metode ini, penyelesaian *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum untuk semesta kontinu dirumuskan dalam persamaan

Logika Fuzzy dengan Matlab

(2.28), dan untuk semesta diskret dirumuskan dalam persamaan (2.29).

$$Z^* = \frac{\int_Z z\mu(z)dz}{\int_Z \mu(z)dz} \quad (2.28)$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j\mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.29)$$

2. Metode bisektor

Metode bisektor berfungsi untuk penyelesaian *crisp* yang diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

3. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

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

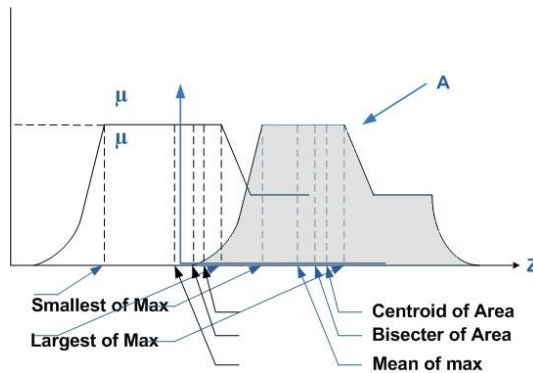
4. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, penyelesaian *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai maksimum.

5. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, penyelesaian *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai maksimum.

Secara keseluruhan metode defuzzifikasi dapat digambarkan seperti pada gambar 2.22.



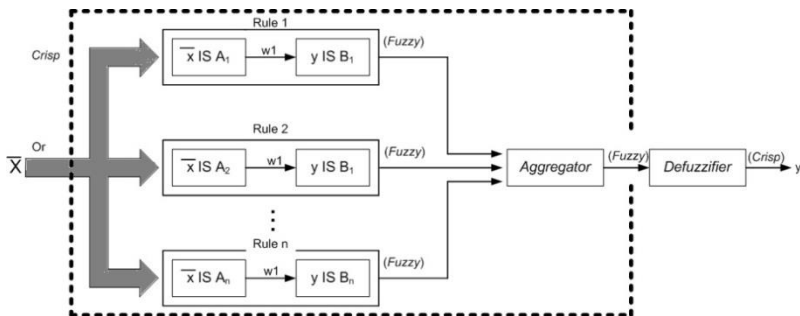
Gambar 2.22. Metode Defuzzifikasi

2.7. Sistem Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* JIKA-MAKA dan penalaran *fuzzy*. Struktur dasar dari sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari 3 konseptual komponen, yaitu:

- Basis Aturan (*Rule Base*) yang mengandung aturan *fuzzy* JIKA-MAKA
- Basis data (*Database*) yang mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk digunakan dalam aturan *fuzzy*.
- Mekanisme penalaran yang menjalankan proses pengambilan keputusan berdasar aturan dan fakta diberikan untuk memperoleh keluaran atau kesimpulan.

Sistem inferensi *fuzzy* dasar dapat menerima masukan berupa nilai *fuzzy* maupun *crisp*, akan tetapi keluaran dihasilkan lebih sering berupa himpunan *fuzzy*. Untuk mendapatkan keluaran *crisp* dapat dilakukan dengan metode defuzzifikasi.



Gambar 2.23. Blok Diagram Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* menerima *input crisp*. *Input* ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *fuzzy* dalam bentuk IF-THEN. *Fire strength* akan dicari pada setiap aturan. Apabila jumlah aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi dari semua aturan. Selanjutnya, hasil agregasi akan dilakukan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai keluaran sistem. Terdapat beberapa model Sistem Inferensi *Fuzzy*, antara lain :

2.7.1 Model Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal sebagai Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusumadewi, et al, 2010). Sistem *fuzzy* model Mamdani memerlukan 4 tahapan, yaitu :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Penggunaan fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*.

Logika Fuzzy dengan Matlab

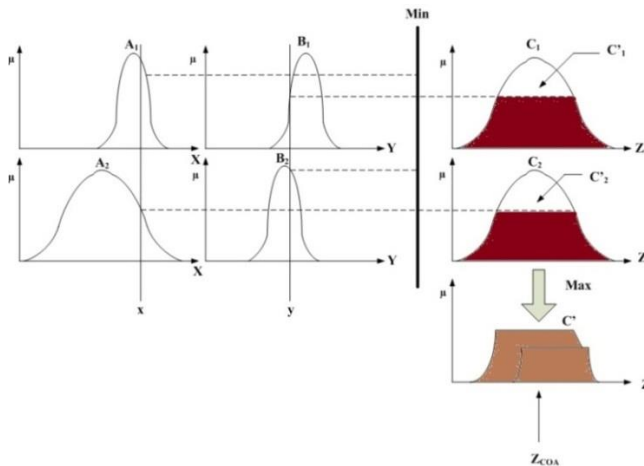
3. Penarikan kesimpulan atau komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 (tiga) metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan *probabilistic OR* atau **PROBOR**.

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi pada metode Mamdani dapat dilakukan dengan beberapa metode defuzzifikasi antara lain : *Centroid*, *Bisektor*, *Mean of Maximum*, *Largest of Maximum* atau *Smallest of Maximum*.

Ilustrasi sistem *fuzzy* model Mamdani dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24. Defuzzifikasi Model Mamdani

2.7.2 Model Fuzzy Takagi Sugeno Kang (TSK)

Sistem inferensi *fuzzy* metode Takagi-Sugeno-Kang (TSK) merupakan metode inferensi *fuzzy* untuk aturan yang

Logika Fuzzy dengan Matlab

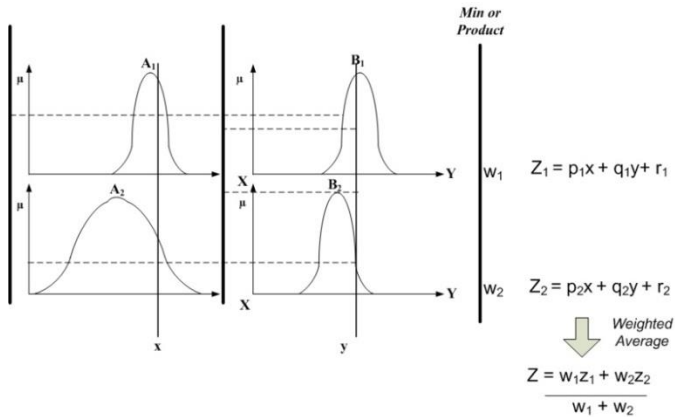
direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana *output* atau konsekuen sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. (Mariyansari, et al, 2009)

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* atau konsekuensi sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan *linear* (Kusumadewi, et al, 2010). Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985. Sehingga metode ini sering juga dikenal dengan nama TSK. Aturan *fuzzy* pada model Sugeno biasanya diwujudkan dalam susunan :

JIKA x adalah A dan y adalah B maka $z = f(x,y)$

yang mana A dan B adalah himpunan *fuzzy* pada anteseden, dan $z = f(x,y)$ merupakan fungsi *crisp* pada konsekuen. $f(x,y)$ polinomial pada variabel masukkan x dan y , tetapi dapat berupa fungsi. Jika $f(x,y)$ polinomial orde 1 maka hasil dari sistem inferensi *fuzzy* disebut model *fuzzy* Sugeno orde 1. Ketika f merupakan konstanta maka sistem inferensi disebut model Sugeno orde 0.

Ilustrasi sistem *fuzzy* model sugeno dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Defuzzifikasi Model TSK

Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan *Singleton* yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* tunggal dan 0 pada nilai *crisp* yang lain. Model Sugeno terdiri dari dua Orde, yaitu ;

a. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde Nol adalah:
 IF (x_1 is A_1) o (x_2 is A_2) o ... o (x_N is A_N) THEN $z = k$
 (2.30)

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai *anteseden* dan k adalah suatu konstanta sebagai konsekuensi.

b. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu adalah :

IF (x_1 is A_1) o (x_2 is A_2) o ... o (x_N is A_N) THEN $z =$
 $p_1 * x_1 + p_2 * x_2 + \dots + p_N * x_N + q$ (2.31)

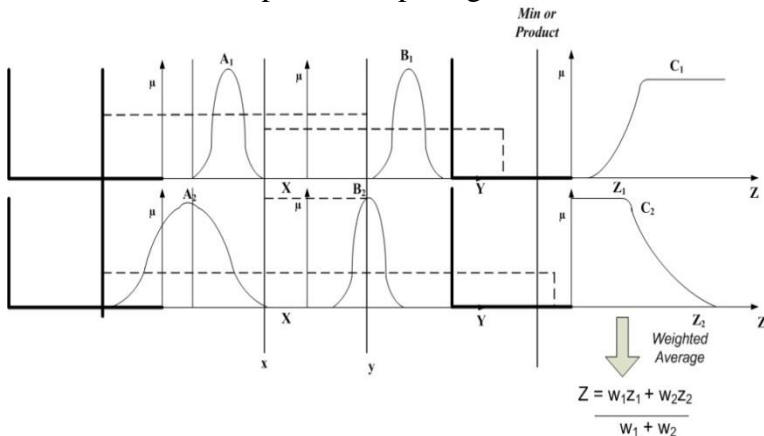
Logika Fuzzy dengan Matlab

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai *anteseden* dan p_i adalah suatu konstanta ke i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen

2.7.3 Model Fuzzy Tsukamoto

Metode *fuzzy* Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton (Kusumadewi, et al, 2010).

Nilai hasil pada konsekuen setiap aturan *fuzzy* berupa nilai *crisp* yang diperoleh berdasarkan *fire strength* pada *anteseden*-nya. Keluaran sistem dihasilkan dari konsep rata-rata terbobot dari keluaran setiap aturan *fuzzy*. Ilustrasi sistem *fuzzy* metode Tsukamoto dapat dilihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.26. Defuzzifikasi Model Tsukamoto

Misal terdapat 2 variabel masukan, yaitu x dan y serta sebuah variabel keluaran yaitu z . Variabel x terbagi atas 2 himpunan A_1 dan A_2 , variabel y terbagi atas 2 himpunan B_1

Logika Fuzzy dengan Matlab

dan $B2$, dan variabel keluaran y terbagi atas 2 himpunan $C1$ dan $C2$. Jika terdapat 2 aturan *fuzzy* :

JIKA x adalah $A1$ dan y adalah $B1$ MAKA z adalah $C1$

JIKA x adalah $A2$ dan y adalah $B2$ MAKA z adalah $C2$

α -predikat untuk aturan pertama adalah w_1 dan α -predikat untuk aturan ke dua adalah w_2 . Dengan penalaran monoton di dapat keluaran aturan pertama adalah z_1 dan z_2 sebagai keluaran untuk aturan kedua. Dan untuk mendapatkan keluaran akhir digunakan konsep rata-rata berbobot dengan persamaan (2.32).

$$z = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2}{w_1 + w_2} \quad (2.32)$$

2.7.4 Model Fuzzy Tahani

Sebagian besar basis data *fuzzy* merupakan perluasan dari model basis data relasional, namun dikemas dalam formulasi yang berbeda tergantung pada tipe ambiguitas atau rancu yang akan diekspresikan dan dimanipulasi.

Tahani mendeskripsikan suatu metode untuk melakukan pengolahan *query fuzzy* didasarkan pada manipulasi data. Di sini konsep teori *fuzzy* lebih banyak digunakan untuk melakukan pengolahan *query* (Kusumadewi, 2007).

Basis data yang diusulkan oleh Zadeh, mengekspresikan ambiguitas data dengan cara memperluas model data. Adapun yang dimaksud dengan basis data adalah :

”Tempat berkumpulnya data (fakta yang sebenarnya) dan saling berhubungan dalam suatu wadah bertujuan agar dapat mempermudah dan mempercepat untuk pemanggilan atau pemanfaatan kembali data tersebut.”

Perluasan pada basis data dilakukan dengan cara menggunakan relasi *fuzzy* berupa *grade* yang ditambahkan pada

Logika Fuzzy dengan Matlab

relasi standar. Adapun relasi dasar pada himpunan *fuzzy* meliputi :

a. Interseksi

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan, dapat dilihat persamaan di bawah ini :

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}) \quad (2.33)$$

b. Union

Operator union berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan, dapat dilihat persamaan di bawah ini :

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}) \quad (2.34)$$

c. Komplemen (negasi)

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1, dapat dilihat persamaan di bawah ini :

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_{A(x)} \quad (2.35)$$

Jadi komplemen pada suatu himpunan A berisi semua elemen yang tidak beada dalam himpunan A. karena tidak

Logika Fuzzy dengan Matlab

dapat dibagi dengan tepat seperti dalam himpunan crisp, maka operator diaplikasikan pada tingkat keanggotaan. Suatu element dapat dikatakan menjadi himpunan *fuzzy*, jika:

- c.1. Elemen berada pada domain himpunan tersebut.
- c.2. Nilai yang terkandung mempunyai kebenaran keanggotaan 0.
- c.3. Elemen berada di atas ambang cut yang berlaku.

Fuzzy database model Tahani ini masih tetap menggunakan relasi standar, hanya saja model ini menggunakan teori himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan informasi pada *query*-nya (Kusumadewi, et al, 2010).

Tahani menggunakan metode pemrosesan *query fuzzy* dengan didasarkan atas manipulasi bahasa yang dikenal dengan nama *Structure Query Language* (SQL). Dengan menggunakan basis data standar, dapat dicari data tabel dengan spesifikasi tertentu dengan menggunakan *query*.

Perintah **SELECT** digunakan untuk menampilkan data tabel yang ada di *database SQL Server*. Untuk melakukannya anda dapat menggunakan struktur penulisan perintah sebagai berikut :

```
SELECT nama_field_yang_akan_ditampilkan
[ INTO nama_tabel_baru ]
[ FROM tabel_sumber ]
[ WHERE kondisi_pencarian ]
```

Misalnya diinginkan informasi tentang nama-nama karyawan yang tinggi antara 160 cm sampai dengan 180 cm, maka bisa diciptakan suatu *query* berikut:

```
SELECT Nama, Umur, Tinggi
FROM mahasiswa
```

Logika Fuzzy dengan Matlab

WHERE tinggi >= '160' **AND** Tinggi <= '180'

Sehingga muncul nama-nama Agung, Ucoc dan Melani. Perintah **WHERE** bisa saja hanya menentukan satu kondisi, bukan diantara, misalnya :

USE Northwind

SELECT CompanyName, City, Phone

FROM Customers

WHERE Country = 'Brazil'

Hasilnya tampak hanya record yang mempunyai kondisi **Country = Brazil** saja yang ditampilkan.

2.7.5 Model Fuzzy Umano

Pada basis data *fuzzy* model Umano, data yang *ambiguous* diekspresikan dengan menggunakan distribusi probabilitas. Distribusi probabilitas merupakan nilai atribut dari suatu model relasi (Kusumadewi, et al, 2010).

Model Umano akan merepresentasikan dan menangani ancaman terhadap data yang *ambiguous*. Model ini untuk menghadapi ketidakmungkinan dalam distribusi nilai atribut dalam sebuah penyimpanan. Setiap tuple dari relasi akan di kumpulkan dan didistribusikan dalam sebuah interval [0,1] sebagai indikasi besar keanggotaan.

Setiap nilai yang tidak mungkin akan diberi nilai 0, maka seluruh nilai yang tidak mungkin akan diberikan wacana $A(y)$ adalah X dan ketidakmungkinan tersebut diberikan nilai $x \in X$ is $\pi A(y) (x)$. Sehingga akan didapatkan keterangan sebagai berikut:

1. Jika informasi tersedia adalah tidak diketahui dan tersedia, maka $t \text{ Unknown} = \pi A(y) (x) = 1 \forall x \in X$
2. Jika informasi tidak tersedia, maka $\text{Undefined} = \pi A(y) (x) = 0 \forall x \in X$

Logika Fuzzy dengan Matlab

3. Jika informasi kurang, maka $\text{Null} = \{1 / \text{Unknown}, 1 / \text{Undefined}\}$
4. Jika informasi diberikan dalam area $[a,b]$, maka $\pi_A(y)(x) = 1$ maka $x \in [a, b] \subseteq X$, dalam kasus lain $\pi_A(y)(x) = 0$
5. Jika informasi yang tersedia adalah distribusi μ_a , maka $\pi_A(y)(x) = \mu_a(x) \forall x \in X$
6. Sebuah nilai tidak diketahui dengan nilai kemungkinan distribusi :
 $\text{Unknown} = \{1/x : x \in D\}$
7. Sebuah nilai tidak terdefinisi dengan kemungkinan distribusi :
 $\text{Undefined} = \{0/x : x \in D\}$
8. Sebuah nilai A NULL diberikan oleh:
 $\text{NULL} = \{1/\text{Unknown}, 1/\text{Undefined}\}$

Sebuah relasi *fuzzy* \mathfrak{R} , ketika n atribut adalah didefinisikan sebagai fungsi keanggotaan yang diikuti , maka

$$\mu_{\mathfrak{R}}: \pi(X_1) \times \pi(X_2) \times \dots \times \pi(X_n) \rightarrow \pi([0, 1])$$

Dimana simbol x mendefinisikan produk Cartesien $\pi(X_i)$ dengan nilai $i = 1, 2, \dots, n$ adalah sebuah kumpulan dari semua kemungkinan distribusi dalam himpunan semesta X_i dari atribut \mathfrak{R} .

BAB 3

SISTEM INFERENSI *FUZZY*

Dalam sebuah penelitian, seorang peneliti yang masih baru akan banyak bertanya dengan seorang atau beberapa pakar. Untuk bertanya dengan pakar, bisa dilakukan dengan membaca buku, jurnal dan seminar nasional atau internasional. Namun untuk menyamakan persepsi antara peneliti dengan pakar, terlebih dahulu harus dibuat aturan atau *rule* terhadap objek yang akan diteliti. Pembuatan *rule* tersebut akan digunakan pada mesin inferensi, sehingga pengetahuan dapat ditransfer kedalam perangkat lunak yang selanjutnya digunakan sebagai masukan dan diolah dengan IF-THEN *rule*.

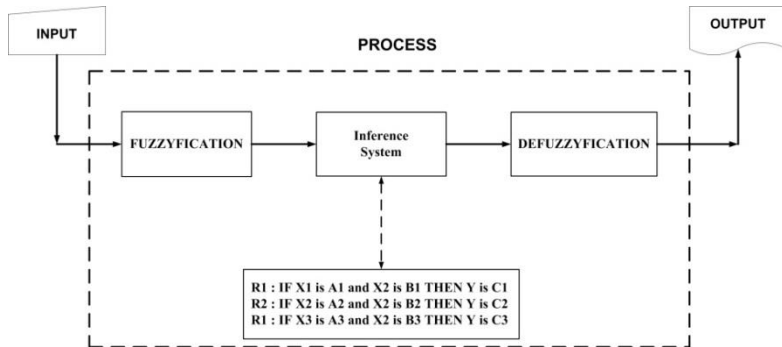
Sistem *fuzzy* yang dihasilkan dikenal dengan sistem inferensi *fuzzy* (*fuzzy inference system* / FIS). FIS telah berhasil diaplikasikan diberbagai bidang, seperti kesehatan, mesin, analisis keputusan, analisis data dan sebagainya. Kemampuan FIS yang fleksibel diterapkan diberbagai bidang, maka FIS kini banyak digunakan oleh para peneliti.

FIS yang digunakan ada tiga metode, yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto, namun yang banyak digunakan adalah Mamdani. Ketiga metode tersebut hanya berbeda dalam penentuan keluaran FIS. Dalam buku ini akan dibahas metode FIS Tsukamoto, karena metode ini masih jarang digunakan dan dalam perangkat lunak Matlab 2010 tidak ada dalam *toolbox*.

Untuk menggunakan FIS harus melalui 3 (tiga) tahapan, yaitu masukkan dan dipetakan menjadi angka samar dengan fuzzifikasi (*fuzzyfication*). Setelah data didapat samar, dilanjutkan dengan pengolahan dengan menggunakan mesin *inference system*. Hasil keluaran dirubah kembali menjadi

Logika Fuzzy dengan Matlab

angka pasti dengan defuzzifikasi (*defuzzification*), dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alur Logika Sistem Inferensi Fuzzy

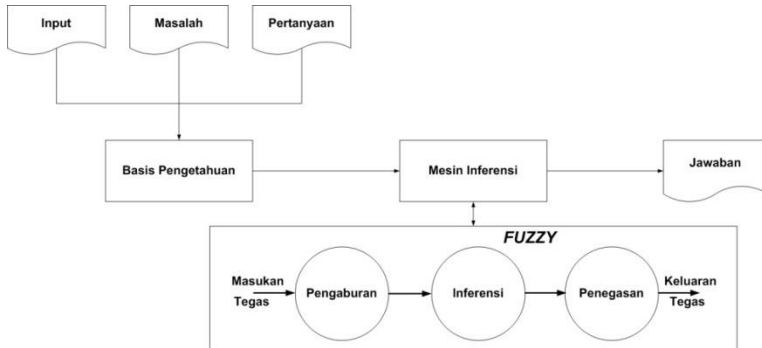
3.1.Masukan Fuzzifikasi

Masukan fuzzifikasi berisi masalah atau pertanyaan yang sedang atau pernah dirasakan. Pertanyaan tersebut nantinya akan di masukan dan dikonversikan kedalam basis pengetahuan yang didapatkan dari pakar. Sebagai contoh berapa Suhu badan bagi seorang bayi dibawah 1 tahun. Dari pertanyaan tersebut, maka kita tentukan derajat keanggotaan dari *fuzzy sets* pada Suhu badan. Pembuatan masukan ini sebagai jembatan antara variabel linguistik dengan variabel nilai. Setelah dilakukan penelitian kondisi seorang bayi, maka didapatkan bahwa kondisi tubuh bayi berkisar antara 36°C s/d 39°C . Kondisi ini didapat dari hasil kuesioner dengan dokter spesialis anak dan bidan yang sudah berpengalaman minimal 5 tahun.

Setelah dimasukan kedalam basis pengetahuan, langkah selanjutnya adalah memasukan kedalam mesin inferensi. Dimana mesin inferensi ini berfungsi untuk membuat nilai yang

Logika Fuzzy dengan Matlab

tegas menjadi samar atau kabur, agar dapat dimasukkan kedalam mesin inferensi dan akan mendapatkan keluaran dari hasil defuzzifikasi untuk memberikan jawaban atas pertanyaan atau masalah (gambar 3.2).



Gambar 3.2. Proses Mesin Inferensi

3.2. Mesin Inferensi

Kekuatan dari keunggulan dari sistem fuzzy adalah adanya mesin inferensi (*inference machine*) yang didalamnya terbagi tiga, yaitu fuzzifikasi, proses inferensi dan defuzzifikasi.

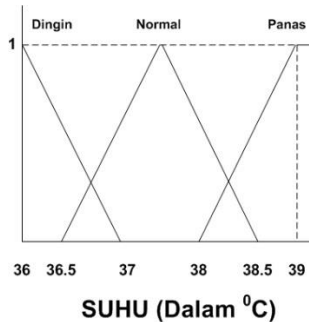
3.2.1. Fuzzifikasi

Setelah didapatkan nilai masukan dari variabel lingusitik Suhu yaitu berkisar antara 36°C s/d 39°C , maka langkah selanjutnya dilakukan fuzzifikasi atau merubah nilai yang pasti menjadi samar-samar. Dari proses fuzzifikasi didapatkan bahwa kondisi terbagi menjadi tiga *fuzzy sets*, yaitu Suhu Dingin berkisar 36 s/d 37, Suhu Normal berkisar 36.5°C s/d 38.5°C dan Suhu Panas berkisar 37°C s/d 39°C .

Dari kisaran angka tersebut terdapat nilai dengan kondisi samar, yaitu antara Suhu Dingin dan Suhu Normal berkisar

Logika Fuzzy dengan Matlab

36.5 s/d 37 dan Suhu Normal dan Suhu Panas berkisar 38 s/d 38.5. dapat dilihat gambar 3.3 dibawah :



Gambar 3.3. Fuzzy Sets Suhu

Pada gambar 3.3 menampilkan 3 buah representasi data yang berisi suhu tubuh bayi dengan *range* 36 sampai dengan 39, yang terdiri dari 3 bagian yaitu representasi linear turun untuk suhu dingin dengan *range* 36 sampai dengan 37, representasi kurva segitiga dengan *range* 36.5 sampai dengan 38.5 menggambarkan normal dan representasi linear naik berisi panas dengan garis menaik dalam *range* 38 sampai dengan 39. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan pembacaan data. Oleh karena itu dari gambar 3.3, dapat digambarkan fungsi keanggotaannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Dingin}}(x) & \begin{cases} 1; & X \leq 36 \\ \frac{37-X}{37-36}; & 36 \leq X \leq 37 \\ 0; & X \geq 37 \end{cases} \\
 \mu_{\text{Normal}}(x) & \begin{cases} 0; & X \leq 36.5 \\ \frac{X-36.5}{37.5-36.5}; & 36.5 \leq X \leq 37.5 \\ \frac{38.5-X}{38.5-37.5}; & 37.5 \leq X \leq 38.5 \end{cases} \\
 \mu_{\text{Panas}}(x) & \begin{cases} 0; & X \leq 38 \\ \frac{X-38}{39-38}; & 38 \leq X \leq 39 \\ 1; & X \geq 39 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Dari gambar 3.3 dan aturan 3.1, maka akan didapatkan keanggotaan *fuzzy sets* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \mu[\text{SuhuDingin}]x_1 &= (37 - x_1)/(37 - 36) \\
 \mu[\text{SuhuNormal}]x_{21} &= (x_{21} - 36.5)/(37.5 - 36.5) \\
 \mu[\text{SuhuNormal}]x_{22} &= (38.5 - x_{22})/(38.5 - 37.5) \\
 \mu[\text{SuhuPanas}]x_3 &= (x_3 - 38)/(39 - 38)
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Dimana

x_1 , berisi area 36 s/d 37

x_{21} , berisi area 36.5 s/d 37.5

x_{22} , berisi area 37.5 s/d 38.5

x_3 , berisi area 38 s/d 39

Seorang bayi mengalami panas sebesar 37.7, maka akan didapatkan hasil sebagai berikut :

Logika Fuzzy dengan Matlab

$$\begin{aligned}
 \mu[\text{SuhuDingin}]x1 &= (37 - 37.7)/(37 - 36) = -0.7 \\
 \mu[\text{SuhuNormal}]x21 &= (37.7 - 36.5)/(37.5 - 36.5) = 1.2 \\
 \mu[\text{SuhuNormal}]x21 &= (38.5 - 37.7)/(38.5 - 37.5) = 0.8 \\
 \mu[\text{SuhuPanas}]x3 &= (37.7 - 38)/(39 - 38) = -0.3
 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Setelah membuat *fuzzi sets*, maka selanjutnya adalah membuat *fuzzy inference system* (FIS) yang didefinisikan dalam aturan (*rule*) IF-THEN. Fungsi ini untuk mendeklarasikan hasil yang akan didapatkan, jika masalah terjadi.

3.2.2. Operasi Inferensi

Operasi *fuzzy* dapat dilakukan jika bagian *antecedent* lebih dari satu pernyataan, sedangkan hasil akhir dari operasi adalah berupa bilangan tunggal. Dalam menggabungkan beberapa *antecedent* yang akan diteruskan ke bagian *consequent*, sebaiknya digunakan lebih dari satu *antecedent*-nya. Penggabungan tersebut dapat dilakukan dengan operator AND dan OR. Namun biasanya dengan menggunakan fungsi Min dan Max sudah cukup digunakan. Sebagai contoh bahwa penyakit Campak dapat terjadi akibat dari beberapa *antecedent*, yaitu Suhu Panas, Tangisan Rewel, Mata Merah dan Kulit bintik, maka dapat dituliskan *rule* sebagai berikut:

IF Suhu is Panas AND Tangis is Rewel AND Mata is Merah
AND Kulit is Bintik THEN Sakit is Campak

Dari perhitungan 3.2, jika menggunakan fungsi Max maka akan didapatkan nilai 1.2. Akan dibahas lebih detil pada bab selanjutnya.

3.2.3. Menghitung Nilai *Fire Strength*

Penghitungan nilai *fire strength* atau α -predikat (α -p) digunakan untuk mencari nilai yang terkuat dari antecedent.

Logika Fuzzy dengan Matlab

Metode yang digunakan biasanya dengan menggunakan metode *Smallest of Maximum* (SOM), karena dicari nilai yang minimum adalah yang paling mendekati kebenaran, sehingga didapat aturan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 [R] \quad & \text{IF Suhu is Panas AND Tangis is Rewel AND Mata is} \\
 & \text{Merah AND Kulit is Bintik THEN Sakit is Campak} \\
 \alpha\text{-p} \quad & = \mu_{\text{Panas}} \cap \mu_{\text{Rewel}} \cap \mu_{\text{MataMerah}} \cap \mu_{\text{KulitBintik}} \\
 & = \text{MIN}(\mu_{x1}, \mu_{x3}, \mu_{x2}, \mu_{x4})
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh, misalnya didapat hasil perhitungan sebagai berikut : Suhu Panas sebesar 1.2, Tangis Rewel sebesar 0.2, Mata Merah sebesar 1 dan Kulit Bintik sebesar 1. Sehingga dapat dituliskan fire strength sebagai berikut :

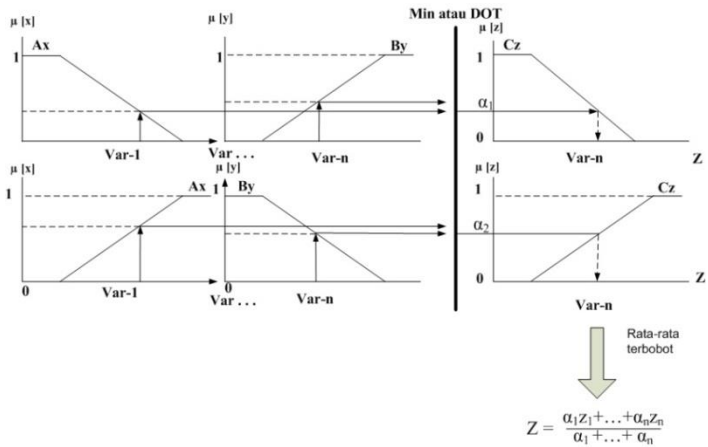
$$\begin{aligned}
 [R1] \quad & = \text{MIN}(\mu_{x1}, \mu_{x3}, \mu_{x2}, \mu_{x4}) \\
 & = \text{MIN}(1.2, 0.2, 1, 1) \\
 & = 0.2
 \end{aligned}$$

Nilai tersebut diatas kelak akan digunakan untuk perhitungan defuzzifikasi.

3.2.4. Defuzzifikasi

Apabila fuzzifikasi merupakan proses untuk membuat nilai nyata menjadi samar, maka defuzzifikasi merupakan kebalikannya yaitu merubah nilai samar menjadi nilai nyata. Jadi fuzzifikasi merupakan hasil sebuah fuzzy sets yang keluarannya dalam bilangan tunggal. Memang banyak versi jenis bilangan tunggalnya, namun yang paling populer adalah center of area atau centroid, dengan ketentuan mencari nilai Z nya (lihat pembahasan bab 2). Sehingga dapat dilihat gambar 3.4 dibawah:

Logika Fuzzy dengan Matlab



Gambar 3.4. Defuzzifikasi Metode Tsukamoto

BAB 4

ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM FUZZY

Penelitian merupakan suatu kegiatan yang penting dalam setiap pembuatan sebuah buku, karena dengan penelitian akan di dapat data yang berhubungan dengan tema dari buku tersebut. Selain itu penelitian merupakan suatu kegiatan yang saling berhubungan antara kegiatan satu dengan kegiatan lainnya. Oleh karena itu penulis merancang kerangka kerja dalam penelitian ini secara pertahap, sehingga setiap tahapan akan dapat dilihat pencapaian dan hasil akhir.

Hasil yang diharapkan harus merupakan suatu informasi yang berhubungan dengan kesehatan bayi dengan menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto. Adapun penggunaan metode *fuzzy* Tsukamoto, dikarenakan penyakit bayi bersifat monoton. Untuk penghitungan sistem *fuzzy*, digunakan perangkat lunak atau software sebagai alat bantu yang dalam buku ini menggunakan Matlab 2010. Penggunaan perangkat lunak Matlab 2010 ini hanya sebagai alat bantu untuk menghasilkan informasi yang diharapkan oleh peneliti.

4.1.Pendahuluan

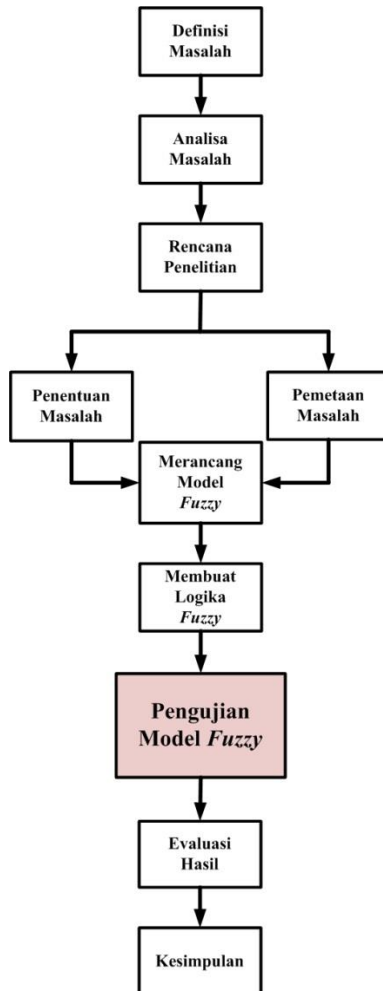
Penelitian merupakan suatu kegiatan yang penting dalam setiap pembuatan sebuah tesis, karena dengan penelitian akan di dapat data yang berhubungan dengan tema dari tesis tersebut. Selain itu penelitian merupakan suatu kegiatan yang saling berhubungan antara kegiatan satu dengan kegiatan lainnya. Oleh karena itu penulis merancang kerangka kerja dalam

penelitian ini secara tahap pertahap, sehingga setiap tahapan akan dapat dilihat pencapaian dan hasil akhir.

Hasil yang diharapkan harus merupakan suatu informasi yang berhubungan dengan kesehatan bayi dengan menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto. Adapun dalam penghitungan sistem *fuzzy*, digunakan perangkat lunak atau *software* sebagai alat bantu yang dalam tesis ini menggunakan Matlab 2010. Penggunaan perangkat lunak Matlab 2010 ini hanya sebagai alat bantu untuk menghasilkan informasi yang diharapkan oleh peneliti.

4.2.Kerangka Kerja

Kerangka kerja pada sebuah penelitian merupakan sebuah keharusan, agar supaya penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari jalur yang ditetapkan. Dalam hal ini penulis mengelompokkan kedalam 10 (sepuluh) tahapan atau langkah yang antar tahapan dihubungkan dengan tahapan lainnya. Pembuatan 10 langkah oleh penulis diberi nama 10 langkah penelitian *fuzzy* (10 LPF). Awal langkah ditentukan oleh masalah yang dihadapi pengguna dan diakhiri oleh solusi hasil kesimpulan yang akan diberikan ke pengguna. Kerangka kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Kerangka Kerja

Berdasarkan kerangka kerja pada gambar 4.1, maka masing-masing langkahnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Definisi Masalah

Masalah dapat menjadi awal atau cikal-bakalnya sebuah penelitian. Dengan masalah kita dapat membuat sebuah awal untuk melakukan penelitian. Sebaiknya masalah yang diambil untuk penelitian adalah masalah yang menjadi pertanyaan dari masyarakat sekitar kita. Karena dengan demikian masalah yang akan dibahas merupakan masalah yang konkret dan menjadi bahan yang menjadi tren saat ini hingga masa yang akan datang.

Dalam pembuatan buku ini penulis berusaha mendefinisikan masalah yang sekiranya menjadi masalah yang terjadi di masyarakat, yaitu masalah kesehatan pada bayi yang berusia maksimal 1 tahun. Masalah ini diambil dari banyaknya ibu muda atau yang baru mempunyai anak pertama yang merasa bingung menghadapi masalah kesehatan pada bayinya. Mereka ingin bertanya, namun banyak yang terkendala dengan jarak dan waktu.

Komputer merupakan sebuah alat bantu yang telah tersebar luas hingga pedesaan, bahkan sekarang seorang anak yang masih sekolah dasar (SD) pun sudah dapat menggunakan komputer sebagai alat bantu pekerjaan rumahnya. Dengan perkembangan komputer yang pesat penggunaannya dari tingkat perusahaan hingga rumah tangga, maka penulis mencoba untuk menginterpretasikan masalah kesehatan bayi dengan menggunakan komputer sebagai alat bantu. Penggunaan komputer saja tanpa adanya program bantu, ibarat sebuah benda tanpa adanya saraf yang menjalankannya. Dengan ditemukannya jaringan saraf tiruan (JST) yang berfungsi sebagai layaknya saraf pada manusia, maka dibuatlah sebuah sistem yang dapat berfungsi sebagai layaknya seorang pakar dengan menggunakan komputer. Oleh karena itu dibuatlah sistem pakar yang salah satu sub elemennya adalah basis pengetahuan atau *knowledge base*.

Logika Fuzzy dengan Matlab

Ada beberapa metode untuk menghasilkan informasi dengan basis pengetahuan, yang salah satunya adalah dengan sistem *fuzzy*. Penulis menggunakan metode sistem *fuzzy* karena salah satu sebabnya adalah mudah dipahami oleh pemrogram (*programmer*), sehingga untuk pengembangan kearah pembuatan sistem informasi menjadi lebih mudah.

2. Analisa Masalah

Setelah masalah didefinisikan, langkah selanjutnya adalah analisa masalah. Langkah ini digunakan untuk memahami masalah yang akan dibuat pada penelitian lebih mendalam hingga batasan masalah yang akan dibahas. Analisa masalah yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah merujuk pada definisi masalah diatas, yaitu masalah informasi kondisi bayi dengan metode sistem *fuzzy*.

Bagaimana mengetahui apakah bayi kita sehat atau sakit? Semua dapat dijawab dengan melakukan penelitian yang akan diberikan masukan masalah kesehatan bayi dari dokter spesialis anak sebagai pakarnya masalah kesehatan bayi.

3. Rencana Penelitian

Berdasarkan definisi masalah di atas, maka ditentukan langkah selanjutnya yaitu rencana penelitian. Rencana penelitian ini digunakan untuk menentukan langkah-langkah penelitian yang akan dilaksanakan.

Rencana penelitian yang akan diadakan penulis diawali dengan mendatangi dokter spesialis anak (SpA) yang bekerja di beberapa lokasi, seperti Rumah Sakit Ibu dan Anak, rumah praktek dokter spesialis anak, bidan-bidan yang sudah berpengalaman lebih dari 5 tahun untuk menentukan indikator, penyebab dan akibat yang ditimbulkan. Adapun Prosedur pengumpulan data yang penulis gunakan selama penelitian, antara lain :

a. Kuesioner

Kuesioner merupakan metode penelitian dengan cara menyebarkan pertanyaan kepada beberapa responden. Pembuatan kuesioner pada penelitian ini ditujukan ke dokter spesialis anak dan bidan-bidan yang sudah berpengalaman lebih dari 5 tahun untuk mendapatkan data yang di inginkan. Adapun cara penyebaran kuesioner pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mendatangi tempat kerja dokter spesialis anak dan bidan untuk memberikan kuesioner.
2. Menyebarkan kuesioner secara beranting, misalnya dokter A mempunyai teman atau rekanan dokter AA, AB, AC dan seterusnya, dokter B mempunyai teman atau rekanan dokter BA, BB, BC dan seterusnya. Peneliti cukup memberikan kepada dokter A atau B, sedangkan dari dokter A atau B akan menyebarkan kembali ke teman atau rekanan yang lain.
3. Menggunakan mesin fax untuk mengirimkan kuesioner ke dokter spesialis anak diluar propinsi.
4. Menggunakan internet dengan mengirimkan kuesioner melalui *e-mail*.
5. Rencana penelitian pada penulisan buku ini diawali dengan membuat sejumlah pertanyaan yang akan menjadi bahan masukan dari sistem yang akan kita buat. Dalam hal ini penulis membuat beberapa pertanyaan yang akan dijawab oleh dokter spesialis anak sebagai pakar dari kesehatan bayi dan bidan yang berpengalaman. Setelah dibuat daftar pertanyaan sesuai dengan kebutuhan, kemudian langkah selanjutnya mendistribusikan pertanyaan tersebut kepada beberapa dokter spesialis anak dan bidan yang tersebar di beberapa kota.

6. Dalam penyebaran pertanyaan ini, penulis merencanakan selama 2 (dua) minggu dan pada minggu ketiga telah diterima jawaban yang akan menjadi masukan dari penelitian yang dibuat.
- b. Wawancara atau interview
- Wawancara atau *interview* adalah suatu bentuk komunikasi verbal jadi semacam percakapan yang bertujuan memperoleh informasi (Nasution, 2000). Wawancara merupakan alat untuk mengungkapkan kenyataan hidup, apa yang dipikirkan atau dirasakan orang tersebut.
- Wawancara pada penelitian ini dilakukan dengan tatap muka langsung kepada ibu-ibu muda yang anaknya mengalami gejala-gejala diluar kebiasaan, serta dokter-dokter spesialis anak dan bidan yang berpengalaman ditempat kerjanya dan jika dimungkinkan dirumahnya. Dengan wawancara ini peneliti dapat mengetahui secara langsung masalah yang dihadapi dan penyebab penyakit yang dihadapi seorang bayi, serta akibat yang ditimbulkannya.
- c. Studi kepustakaan
- Data yang diperoleh langsung dari lapangan termasuk dari laboratorium, yang disebut sumber primer. Sedangkan sumber dari bahan bacaan disebut sumber sekunder. Studi kepustakaan adalah pengumpulan data dengan cara membaca literatur dan mengutip secara langsung ataupun buku-buku, artikel-artikel di majalah dan koran, dan materi-materi seminar atau jurnal yang berhubungan dengan teori atau konsep-konsep yang mendukung objek yang sedang penulis teliti. Tujuan studi kepustakaan menurut Nasution (2000), antara lain :

1. Untuk mengetahui hasil penelitian orang lain dalam bidang penelitian kita, sehingga kita dapat memanfaatkannya bagi penelitian kita.
 2. Untuk memperoleh bahan yang mempertajam orientasi dan dasar teoritis kita tentang masalah penelitian kita.
 3. Untuk memperoleh informasi tentang tehnik-tehnik penelitian yang telah ditetapkan dan perhitungannya, yang dalam penelitian ini dengan metode sistem *fuzzy* Tsukamoto.
- d. *Download* dari situs-situs internet yang berhubungan dengan penelitian
- Download* adalah mengambil artikel-artikel yang terdapat dalam internet yang berhubungan dengan tema yang diambil untuk mendukung penelitian. Cara ini sudah banyak digunakan dan sangat praktis, karena data dari internet dapat diambil kapan saja kita mau. Apabila kita menggunakan perpustakaan, biasanya sore sudah tutup, namun dengan internet kita dapat mengambil data walaupun tengah malam sekalipun. Selain itu data di internet mudah dalam pencarian dan selalu diperbaharui (*up to date*) serta dapat dicari di beberapa perpustakaan dalam dan luar negeri.

4. Penentuan Masalah

Penentuan masalah dalam buku ini menekankan pada masalah kesehatan yang sering atau pernah dialami oleh seorang bayi. Hal ini disebabkan karena kesulitan komunikasi antara bayi dengan ibunya atau orang lain. Bayi hanya akan memberikan kode atau isyarat sebagai ketidaknyamanan kondisi yang dialami oleh bayi, biasanya dengan tangisan atau gelisah.

Setelah mendapat masukan dari spesialis anak, bidan yang berpengalaman dan ibu-ibu muda atau ibu-ibu yang sudah

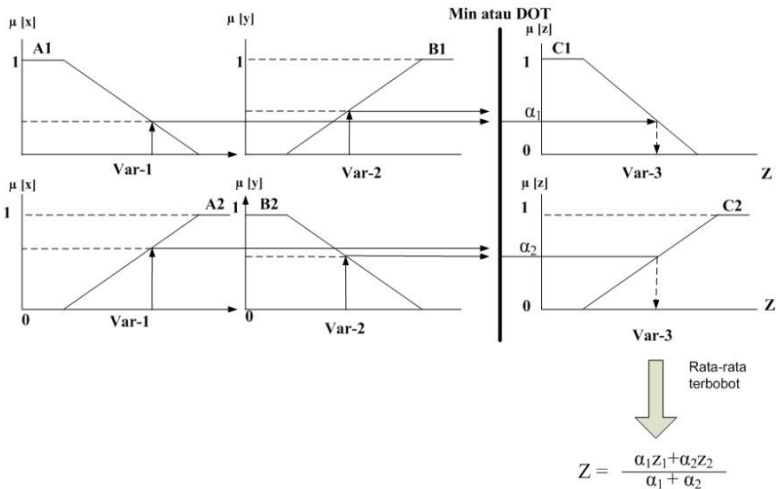
sering mengasuh bayi, kemudian penulis akan menentukan masalah hanya pada penyakit yang gejalanya umum dapat dirasakan diluar kebiasaan. Masalah yang berhubungan dengan penyakit dalam diluar dari penelitian ini. Hal ini dikarenakan penyakit dalam harus ditangani lebih serius lagi dengan menggunakan ahli atau spesialis penyakit dalam.

5. Pemetaan Masalah

Masalah pada kesehatan bayi setelah dilihat memang cukup kompleks, oleh karena itu penulis membuat pemetaan masalah berdasarkan masukan dari ibu-ibu muda dan dokter spesialis anak. Pemetaan ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dengan sistem *fuzzy*. Oleh karena itu pemetaan pada sistem *fuzzy* yang penulis buat berdasarkan pada Indikator atau gejala sebagai (x) dan Penyakit sebagai (z). Sehingga sistem *fuzzy* akan memberikan informasi apakah kondisi bayi sehat atau perlu penanganan lebih oleh dokter spesialis anak.

6. Merancang Model Defuzzifikasi

Dari hasil analisa dan penentuan masalah diatas, maka penulis membuat model sistem *fuzzy* dengan model Tsukamoto. Model Tsukamoto ini dianggap penulis tepat untuk kasus ini, karena pada penelitian ini hanya menggunakan data yang bersifat monoton, berjalan tanpa harus melalui komposisi dan dekomposisi dengan nilai *output* diestimasikan secara langsung dari nilai keanggotaan yang berhubungan anteseden-nya. Sehingga akan di dapat rancangan defuzzifikasi masalah seperti gambar 4.2 :



Gambar 4.2. Rancangan Defuzzifikasi Penelitian

7. Pembuatan Logika Fuzzy

Setelah di dapat rancangan model *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah pembuatan logika *fuzzy*. Dalam pembuatan logika *fuzzy*, haruslah sejalan dengan rancangan diatas. Sehingga di dapat *rule* sebagai berikut :

JIKA x adalah A1 dan y adalah B1 MAKA z adalah C1

JIKA x adalah A2 dan y adalah B2 MAKA z adalah C2

Dalam penelitian ini penulis menggunakan 3 (tiga) variabel yang terdiri dari 2 variabel sebagai Indikator dan 1 variabel sebagai Penyakit. Dari ketiga variabel, maka penulis membuat logika *fuzzy* yang dalam penelitian ini menggunakan model *fuzzy* Tsukamoto, sehingga ditetapkan aturan atau *rule* sebagai berikut :

Tabel 4.1.
Indikator Penyakit Bayi

No	JIKA	INDIKATOR	MAKA	PENYAKIT
1	IF		THEN	Campak
2	IF		THEN	Demam / <i>Septis</i>
3	IF		THEN	Diare
4	IF		THEN	Inspeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA)
5	IF		THEN	Masalah Perut / Kembung / <i>Enteritis</i>
6	IF		THEN	Biang keringat / <i>Miliaria</i>
7	IF		THEN	Infeksi telinga / OMP
8	IF		THEN	Cacar air / <i>Varicela</i>

Dari indikator yang di dapat maka penulis akan mengambil indikator yang sama dari semua penyakit yang ada untuk mengindikasikan bahwa bayi dalam keadaan sehat atau kurang sehat, karena bayi yang sehat harus terbebas dari penyakit yang disebabkan oleh indikator-indikator yang di dapat dari

Logika Fuzzy dengan Matlab

kuesioner. Ini dilakukan oleh penulis setelah mendapatkan masukan dari dokter dan bidan yang bertugas lebih dari lima tahun. Oleh karena itu penulis membuat aturan atau *rule* (R) logika *fuzzy* sebagai berikut :

- [R1] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Campak
- [R2] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Septis / Demam
- [R3] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Diare
- [R4] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN ISPA
- [R5] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Enteritis / Masalah Perut
- [R6] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Miliaria / Biang Keringat
- [R7] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN OMP / Infeksi Telinga
- [R8] IF Indikator 1 AND Indikator 2 AND Indikator n
THEN Varicela / Cacar Air

7. Pengujian Model Sistem Fuzzy

Sebuah penelitian diharuskan untuk melakukan pengujian, sehingga akan di dapat informasi mengenai hasil dari masukan pada penelitian. Pada model *fuzzy* Tsukamoto, akan di dapat hasil yang menggambarkan suatu kejadian yang sebenarnya atau mendekati kebenaran. Dalam pengujian dengan model Tsukamoto ini, penulis menggunakan *software* Matlab 2010, karena Matlab 2010 yang mendukung pembuatan *fuzzy* model Tsukamoto dengan cara penulisan *coding*.

Dalam penggunaan *software* Matlab ini penulis akan menghitung *fuzzy* Tsukamoto dengan ketentuan *rule* yang telah

Logika Fuzzy dengan Matlab

ditetapkan sebelumnya. Penghitungan akan mencari inferensi berdasarkan α -Predikat.

Setelah dicari Proses inferensi maka digunakan rata-rata terbobot untuk mengubah nilai variabel linguistik ke nilai numerik. Karena proses yang digunakan dengan metode Tsukamoto, maka setiap konsekuensi pada himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas atau *crisp*, berdasarkan α -Predikat atau *fire strength*. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot :

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_m z_m}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m} \quad (3.1)$$

9. Evaluasi Hasil

Setelah dihitung nilai variabel z , maka selanjutnya akan dilakukan evaluasi hasil. Evaluasi hasil dimaksudkan untuk memberikan gambaran kondisi dari bayi apakah kondisi bayi dalam keadaan sehat atau sakit. Sehingga seorang ibu akan dapat mengetahui kondisi dari bayi, apakah bayi dalam kondisi perlu perawatan khusus atau tidak.

10. Kesimpulan

Penggunaan *fuzzy* Tsukamoto merupakan *fuzzy* inference system (FIS) yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesehatan dari bayi. Penggunaan metode *fuzzy* Tsukamoto digunakan untuk mengakomodasi adanya ketidakpastian yang bisa diwujudkan secara linguistik pada setiap gejala, yang dalam penelitian ini hanya akan membahas 8 (delapan) dampak dari gejala yang telah disebutkan di atas.

BAB 6

PEMBUATAN FUZZY DENGAN MATLAB

Setelah analisa dan perancangan *fuzzy* telah selesai dilakukan dan benar menurut kaidah-kaidah *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah pembuatan program. Dalam buku ini akan dibuat program menggunakan perangkat lunak Matlab dengan cara membuat M-File. Untuk pembuatan program dengan Matlab, diharapkan pembaca sudah memahami logika dan algoritma pemrograman.

6.1 Pengenalan Perangkat Lunak Matlab

Matlab merupakan bahasa pemrograman yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++. Matlab merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi (*High Level Language*) yang mengkhususkan dirinya untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan. Matlab hadir dengan membawa warna yang berbeda. Hal ini karena matlab membawa keistimewaan dalam fungsi-fungsi matematika, fisika, statistik, dan visualisasi.

Matlab dikembangkan oleh MathWorks, yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK dan EISPACK. Saat ini Matlab memiliki banyak fungsi yang dapat digunakan sebagai *problem solver* mulai dari masalah yang sederhana sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu. Beberapa bagian dari windows Matlab, yaitu :

1. Current Directory

Window ini menampilkan isi dari direktori kerja yang digunakan dalam Matlab. Kita dapat mengganti direktori ini sesuai dengan tempat direktori kerja yang diinginkan. *Default* dari alamat direktori berada dalam *folder works* tempat program file Matlab berada. Namun kita dapat merubah arah direktori yang kita inginkan.

2. Command History

Window ini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah apa saja yang sebelumnya dilakukan oleh pengguna terhadap Matlab. Window ini biasanya akan terbuka secara otomatis ketika kita pernah menggunakan file yang dibuka atau dibuat.

3. Command Window

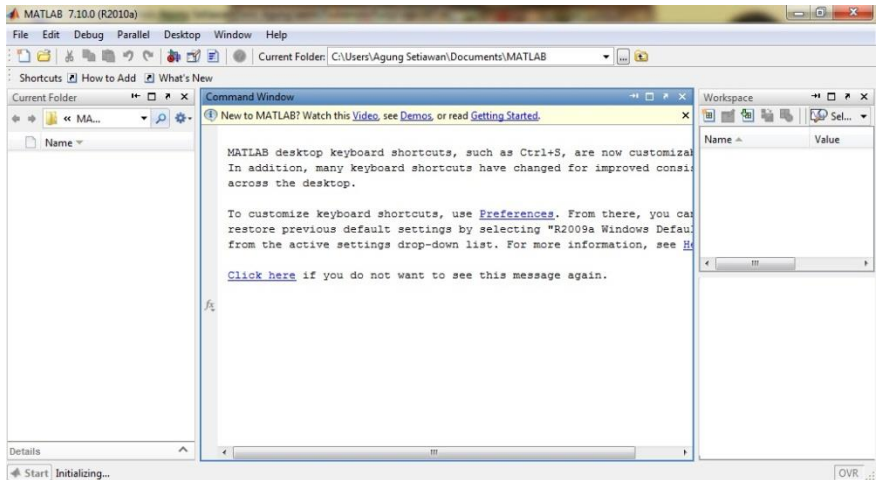
Window ini adalah window utama dari Matlab. Command Windows digunakan sebagai tempat untuk menjalankan fungsi, mendeklarasikan variabel, menjalankan proses-proses, serta melihat isi variabel. Biasanya file disimpan ddalam bentuk M-File.

4. Workspace

Workspace berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang sedang aktif pada saat pemakaian matlab. Apabila variabel berupa data matriks berukuran besar maka *user* dapat melihat isi dari seluruh data dengan melakukan double klik pada variabel tersebut. Matlab secara otomatis akan menampilkan window “*array editor*” yang berisikan data pada setiap variabel yang dipilih *user*.

Logika Fuzzy dengan Matlab

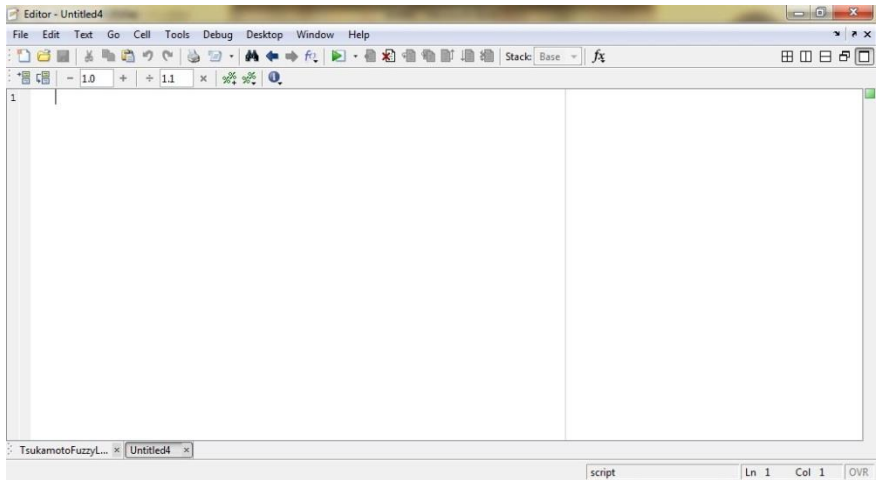
Gambar berikut menampilkan tampilan antar muka dari matlab versi 2010:



Gambar 6.1. Tampilan Perangkat Lunak Matlab 2010

Pembuatan program dengan Matlab dapat dilakukan dengan menggunakan form editor, dengan cara klik menu File-New-Script atau dapat pula menekan tombol *keyboard* CTRL-N. Sehingga tampak seperti gambar 6.2 dibawah ini :

Logika Fuzzy dengan Matlab



Gambar 6.2. Tampilan Editor Matlab 2010

Pembuatan dengan *script* ini sangat baik untuk membuat tampilan program yang kita buat sesuai dengan rancangan. Simpan file dengan M-File, sebagai contoh FuzzyTsukamoto.M.

6.2 Pembuatan Variabel Masukkan

Pembuatan program *fuzzy* Tsukamoto dengan menggunakan Matlab bisa diawali dengan pembersihan perintah, menutup *command* yang pernah ditampilkan, memori komputer dan menutup semua *figure Window*.

```
%Pembersihan Memori dan layar
clc; % Clear command window.
clear all; % Delete all variables.
close all; % Close all figure windows
except those created by imtool.
```

Logika Fuzzy dengan Matlab

```
imtool close all; % Close all figure  
windows created by imtool.
```

Setelah pembersihan memori dan dan menutup perintah yang pernah dibuka, langkah selanjutnya adalah membuat variabel masukan untuk memasukkan nilai yang akan dibuatkan *fuzzy*.

```
% ----- Pembuatan  
variabel Masukkan  
  
Panas = 37.7; % Isi dengan angka 36-39  
Rewel = 2.4; % Isi % Isi dengan angka 0-8  
Gelisah = 4.5; % Isi dengan angka 0-10  
MataMerah = 0; % Isi dengan angka 0-5  
BintikMerah = 0; % Isi dengan angka 0-10  
BibirKering = 0; % Isi dengan angka 0-5  
BibirMerah = 0; % Isi dengan angka 0-5  
BABSering = 4.7; % Isi dengan angka 0-8  
BABEncer = 5.6; % Isi dengan angka 0-8  
Batuk = 0; % Isi dengan angka 0-10  
Pilek = 0; % Isi dengan angka 0-8  
Muntah = 3.6; % Isi dengan angka 0-8  
PerutNyeri = 2.7; % Isi dengan angka 0-8  
Kembung = 3.5; % Isi dengan angka 0-8  
Mual = 3.7; % Isi dengan angka 0-8  
TidakMakan = 0; % Isi dengan angka 0-10  
TelingaSakit = 0; % Isi dengan angka 0-10  
TelingaCairan = 0; % Isi dengan angka 0-8  
BintikCairan = 0; % Isi dengan angka 0-10  
Gatal = 2.8; % Isi dengan angka 0-10
```

6.3 Pembuatan *Fuzzy Sets*

Variabel yang dimasukkan berfungsi untuk memasukkan nilai sebagai indikator yang di derita oleh seorang bayi. Namun angka-angka tersebut masih belum dikaburkan. Dalam kasus sebelumnya yaitu : seorang bayi mengalami Suhu tubuh = 37.7°C , Rewel = 2.4, Gelisah = 4.5, BABSering = 3.7, BABEncer = 5.6, Kembung = 3.5, Mual = 3.7, Muntah = 3.2, Nyeri perut = 2.7 dan Kulit gatal = 2.8.

Untuk mengaburkan nilai variabel masukkan, kita akan menggunakan rancangan sebelumnya, yaitu : (detilnya lihat lampiran program)

a. Kelompok Suhu

Kelompok Suhu dalam rancangan mempunyai 3 area, yaitu Dingin 36°c - 37°c , Normal 36.5°c - 38.5°c dan Panas 38°c - 39°c , maka *coding* programnya :

```
% ***** 1. PANAS

if (Panas ~= 0)
x=36:0.1:39; y1=trapmf(x,[0 0 36 37]);
y2=trimf(x,[36.5 37.5 38.5]);
y3=trimf(x,[38 39 39]);
figure(11); plot(x,y1,x,y2,x,y3);
%Fuzzifikasi:
crisp1=Panas;
[fuzzyPanas1]=(37-crisp1)/(37-36);
[fuzzyPanas21]=(crisp1-36.5)/(37.5-36.5);
[fuzzyPanas22]=(38.5-crisp1)/(38.5-37.5);
[fuzzyPanas3]=(crisp1-38)/(39-38);
%title n label
```

Logika Fuzzy dengan Matlab

```

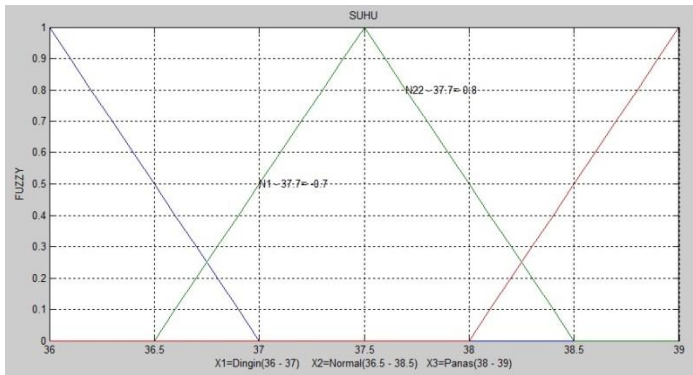
title('SUHU'); xlabel('X1=Dingin(36 - 37)
X2=Normal(36.5 - 38.5) X3=Panas(38 -
39)'); ylabel('FUZZY');
teksPanas1 = ['N1 - ', num2str(crisp1), '=
', num2str(fuzzyPanas1)]; teksPanas21 =
['N21 - ', num2str(crisp1), '=
', num2str(fuzzyPanas21)]; teksPanas22 =
['N22 - ', num2str(crisp1), '=
', num2str(fuzzyPanas22)]; teksPanas3 =
['N2 - ', num2str(crisp1), '=
', num2str(fuzzyPanas3)];
text(37,0.5,teksPanas1);
text(crisp1,fuzzyPanas21,teksPanas21);text
(crisp1,fuzzyPanas22,teksPanas22);text(cri
sp1,fuzzyPanas3,teksPanas3);
grid;
else
    [fuzzyPanas1]=(39-Panas)/(39-0);
    [fuzzyPanas21]=(39-Panas)/(39-0);
    [fuzzyPanas22]=(39-Panas)/(39-0);
    [fuzzyPanas3]=(39-Panas)/(39-0);

```

End

Apabila dijalankan programnya, akan tampil grafik sebagai berikut :

Logika Fuzzy dengan Matlab



Gambar 6.3. Tampilan Fuzzifikasi Panas 37.7°C = 0.8

b. Kelompok Tangis

Kelompok Tangis Rewel dalam rancangan mempunyai 3 area, yaitu Diam 0-2, Normal 1-4 dan Rewel 3-5, maka coding programnya :

```
% ***** 3. TANGIS
if (Rewel ~= 0)
x=0:0.1:8; y1=trapmf(x,[0 0 0 3]);
y2=trimf(x,[1 4 7]); y3=trimf(x,[5 8 8]);
figure(13); plot(x,y1,x,y2,x,y3);
%Fuzzifikasi:
crisp3=Rewel;
[fuzzyRewel1]=(3-crisp3)/(3-0);
[fuzzyRewel21]=(crisp3-1)/(4-1);
[fuzzyRewel22]=(7-crisp3)/(7-4);
[fuzzyRewel3]=(crisp3-5)/(8-5);
%title n label
title('TANGIS'); xlabel('X1=Diam 0-3
X2=Normal 1-7 X3=Rewel 5-8');
ylabel('FUZZY');%teks
```

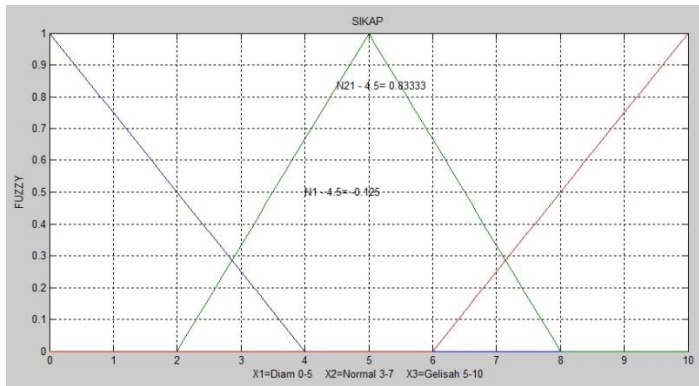
Logika Fuzzy dengan Matlab

```

teksRewel1 = ['N1 - ', num2str(crisp3), '=
', num2str(fuzzyRewel1)]; teksRewel21 =
['N21 - ', num2str(crisp3), '=
', num2str(fuzzyRewel21)]; teksRewel22 =
['N22 - ', num2str(crisp3), '=
', num2str(fuzzyRewel22)]; teksRewel3 =
['N3 - ', num2str(crisp3), '=
', num2str(fuzzyRewel3)];
text(4, 0.5, teksRewel1);
text(crisp3, fuzzyRewel21, teksRewel21); text
(crisp3, fuzzyRewel22, teksRewel22); text(cri
sp3, fuzzyRewel3, teksRewel3);
grid;
else
    [fuzzyRewel1] = (8 - Rewel) / (8 - 0);
    [fuzzyRewel21] = (8 - Rewel) / (8 - 0);
    [fuzzyRewel22] = (8 - Rewel) / (8 - 0);
    [fuzzyRewel3] = (8 - Rewel) / (8 - 0);
end

```

Apabila dijalankan programnya, akan tampil grafik sebagai berikut :



Gambar 6.4. Tampilan Fuzzifikasi Rewel 2.4 = 0.125

c. Kelompok Sikap

Kelompok Sikap Gelisah dalam rancangan mempunyai 3 area, yaitu Tenang 0-4, Normal 2-8 dan Gelisah 6-10, maka *coding* programnya :

```
% ***** 5. SIKAP
if (Gelisah ~= 0)
x=0:0.1:10; y1=trapmf(x,[0 0 0 4]);
y2=trimf(x,[2 5 8]); y3=trimf(x,[6 10
10]);
figure(15); plot(x,y1,x,y2,x,y3);
%Fuzzifikasi:
crisp5=Gelisah;
[fuzzyGelisah1]=(4-crisp5)/(4-0);
[fuzzyGelisah21]=(crisp5-2)/(5-2);
[fuzzyGelisah22]=(8-crisp5)/(8-5);
[fuzzyGelisah3]=(crisp5-6)/(10-6);
%title n label
```

Agung Setiawan, S.Kom, MM, M.Kom



Lulusan S1 Sistem Informasi Universitas Budi Luhur Jakarta tahun 1997, S2 Magister Management Universitas Budi Luhur dengan konsentrasi Management Information System lulus tahun 2004 dan S2 Magister Komputer UPI-YPTK Padang dengan konsentrasi Sistem Informasi lulus tahun 2013. Telah mengajar di beberapa kampus dari tahun 1998-2010 di Jakarta dan dari tahun 2010-sekarang bertugas di beberapa kampus komputer di Pekanbaru-Riau. Selain mengajar, pernah menjadi *programmer* di beberapa perusahaan pembuat *software* (*software house*) dan di perusahaan kontraktor. Saat ini selain bertugas sebagai dosen, sekarang sebagai peneliti dan membuat buku.



Budi Yanto, S.T., M.Kom

Lahir di Kampung Pauh 29 Mei 1983. Lulusan S1 Teknik Informatika pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sultan Syarif Kasim Riau tahun 2011, setelah tamat S1 pada tahun 2011 langsung mengajar di Universitas Indragiri Tembilahan pada Jurusan Sistem Informasi, dan sambil menjadi Dosen tidak tetap pada tahun 2013 melanjutkan S2 Magister Komputer di UPI YPTK Padang dengan Konsentrasi Teknik Informatika. Pada Tahun 2015 Menjadi Dosen Tetap di STMIK Atma Luhur Bangka Belitung. Pada Tahun 2016 awal Menjadi Dosen Tetap di Universitas Pasir Pangaraian sampai sekarang di Fakultas Ilmu Komputer, Prodi Teknik Informatika.



Kiki Yasdomi, S.Kom, M.Kom

Lahir di Surau Gading pada tanggal 21 Januari 1987. Pendidikan SD sampai SMK dilakukan di kota kelahirannya sampai tahun 2006. Pada tahun 2006 melanjutkan studi D3 dengan kuliah di Jurusan Manajemen Informatika Fakultas Komputer di Universitas Putra Indonesia Padang . Setelah lulus D3 pada tahun 2009, melanjutkan Pendidikan Strata Satu (S.1) Ilmu Komputer Jurusan Sistem Informasi di Universitas Putra Indonesia Padang, Setelah Lulus S.1 dan bekerja sebagai Dosen di Universitas Pasir Pengaraian (UPP). Pada Tahun 2012, melanjutkan pendidikan pascasarjana/S-2 pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang . Pada bulan Oktober 2013 setelah berhasil menamatkan Pendidikan S-2 tersebut dengan gelar Magister Komputer (M.Kom) dan kembalinya melanjutkan tugas sebagai dosen di Universitas Pasir Pengaraian (UPP) sampai sekarang



JAYAPANGUS PRESS

www.jayapanguspress.org

ISBN 978-602-51483-7-8

