

**ANALISIS SISTEM INFERENSI *FUZZY* METODE MAMDANI
UNTUK DATA SKALA ORDINAL**

(Skripsi)

Oleh

PUTRI ERMULI DEWI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

ANALYSIS OF FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI METHOD FOR ORDINAL SCALE DATA

By

Putri Ermuli Dewi

Generally ordinal scale data was analyzed to determine the percentage frequency counts. The results are sometimes difficult to interpret into the true meaning giving rise to uncertainty, it is called fuzzy (vague). One way to determine the truth value of the use of fuzzy logic. In fuzzy logic, there is a fuzzy inference system which is the process of drawing conclusions based on fuzzy logic reasoning. There are several methods in fuzzy inference systems one of which Mamdani method. In this study, the data used is the ordinal scale with five levels of data categories by using the membership function linear representation up, down and curve triangle. This study aimed to analyze the fuzzy inference system Mamdani method for data based on the ordinal scale of its phases, namely: the determination of variables, sets and fuzzy domain, fuzzification, the formation of fuzzy rules, applying function implications, determining the composition of the rules and defuzzification. The expected end process is to obtain general rule fuzzy inference system Mamdani method for ordinal scale data with five levels of categories. Applied in the case study is to analyze a level of student satisfaction with the services of the school and get the result with the value of 53, which means the level of satisfaction expressed quite satisfied.

Keyword: *Fuzzy* Logic, *Fuzzy* Inference Systems, Ordinal Scale Data, Mamdani Method.

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM INFERENSI *FUZZY* METODE MAMDANI UNTUK DATA SKALA ORDINAL

Oleh

Putri Ermuli Dewi

Umumnya data skala ordinal dianalisis untuk mengetahui presentase menggunakan perhitungan frekuensi. Hasil yang diperoleh ini terkadang sulit untuk ditafsirkan ke dalam makna sebenarnya sehingga menimbulkan ketidakpastian, hal ini yang dinamakan *fuzzy* (samar). Salah satu cara untuk mengetahui nilai kebenaran tersebut digunakan logika *fuzzy*. Dalam logika *fuzzy*, terdapat sistem inferensi *fuzzy* yang merupakan proses penarikan kesimpulan berdasarkan penalaran logika *fuzzy*. Ada beberapa metode dalam sistem inferensi *fuzzy* salah satunya yaitu Metode Mamdani. Pada penelitian ini data skala ordinal yang digunakan adalah data dengan lima tingkatan kategori dengan menggunakan fungsi keanggotaan representasi linear naik, turun dan kurva segitiga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani untuk data skala ordinal berdasarkan tahapan-tahapannya yaitu : penentuan variabel, himpunan dan domain *fuzzy*, fuzzifikasi, pembentukan aturan *fuzzy*, mengaplikasikan fungsi implikasi, penentuan komposisi aturan dan defuzzifikasi. Proses akhir yang diharapkan adalah memperoleh aturan secara umum sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani untuk data skala ordinal dengan lima tingkatan kategori. Terapan dalam studi kasus yaitu menganalisis suatu tingkat kepuasan siswa terhadap pelayanan sekolah dan diperoleh hasil dengan nilai 53 yang berarti tingkat kepuasan menyatakan cukup puas.

Kata Kunci: Logika *fuzzy*, Sistem inferensi *fuzzy*, Data skala ordinal,
Metode Mamdani.

**ANALISIS SISTEM INFERENSI FUZZY METODE MAMDANI
UNTUK DATA SKALA ORDINAL**

Oleh

PUTRI ERMULI DEWI

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **ANALISIS SISTEM INFERENSI FUZZY
METODE MAMDANI UNTUK DATA
SKALA ORDINAL**

Nama Mahasiswa

: **Putri Ermuli Dewi**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1217031053**

Jurusan

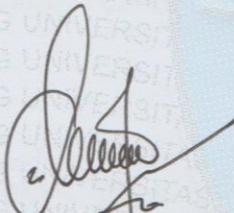
: **Matematika**

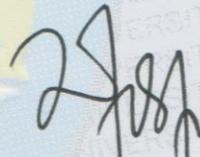
Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

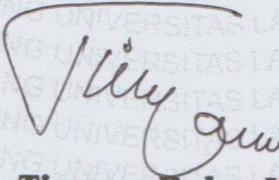
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc.
NIP 19690305 199603 2 001


Widiarti, S.Si., M.Si.
NIP 19800502 200501 2 003

2. Ketua Jurusan Matematika

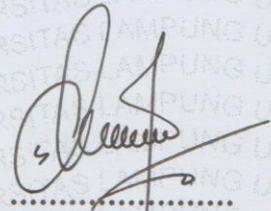

Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620704 198803 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

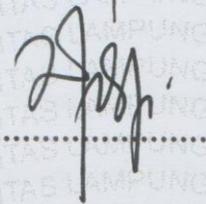
Ketua

: Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc.



Sekretaris

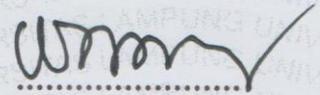
: Widiarti, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Warsono, Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.

NIP 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 April 2016

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Analisis Sistem Inferensi *Fuzzy* Metode Mamdani untuk Data Skala Ordinal**" adalah hasil pekerjaan saya sendiri, bukan hasil orang lain. Semua hasil tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2016

yang menyatakan



Putri Ermuli Dewi
NPM 1217031053

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Putri Ermuli Dewi , dilahirkan di Pringsewu tepatnya pada tanggal 03 Oktober 1994. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Bapak Buyung Erwan dan Ibu Muliyawati.

Menempuh pendidikan awal Taman Kanak-kanak di TK Aisyiyah III pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 06 Gedung Air pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 3 Bandar Lampung pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, melalui jalur beasiswa PMPAP dan dialihkan ke program beasiswa BIDIK MISI. Selama menjadi mahasiswa, penulis bergabung di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) yang diamanahkan pada tahun pertama dan kedua sebagai Anggota di Bidang Kaderisasi periode 2012-2014. Selanjutnya pada tahun ketiga sebagai Sekretaris Biro Kesekretariatan periode 2014-2015.

Pada bulan Januari 2015 melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung guna mengaplikasikan serta menerapkan ilmu yang telah diperoleh dalam perkuliahan.

Selanjutnya bulan Juli-September 2015 melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wonokerto, Kecamatan Tulang Bawang Tengah, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Penulis memiliki beberapa hobi salah satunya dalam bidang seni yaitu musik karena musik merupakan sumber inspirasi dalam berbagai hal.

KATA INSPIRASI

“Kesuksesan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal tetapi mampu bangkit kembali setiap kali terjatuh“

(Anonim)

“Do the best, be good, then you will the best”

(Justin)

“All the impossible is possible for those who believe”

(Stewart)

Jawaban sebuah keberhasilan adalah terus belajar dan tak kenal putus asa

(Dewi A)

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT

kupersembahkan sebuah karya sederhana ini untuk;

Ayahanda (Buyung Erwan) & Ibunda (Mulyawati)

Terimakasih Mah, Pak untuk semua limpahan kasih sayang yang diberikan selama ini dan selalu memberi dukungan serta doa. Karena atas Ridho kalianlah

Allah memudahkan setiap langkah-langkah yang aku tapaki.

Mungkin karya ini tak sebanding dengan pengorbanan yang telah kalian lakukan tapi percayalah ini sebuah titik awal perjuangan Bhakti ku untuk

kalian, Karena kalian adalah motivasi terbesar dalam hidupku

Love you Mah, Pak

SANWACANA

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT, karena atas rahmat, berkah dan ridho-Nya lah skripsi yang berjudul “Analisis Sistem Inferensi *Fuzzy* Metode Mamdani untuk Data Skala Ordinal” dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi memberikan bimbingan dan saran - saran. Untuk itu ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Ibu Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan banyak sekali saran dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Warsono, Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah mengevaluasi, memberikan saran dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Netti Herawati, selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
5. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc.,Ph.D, selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
8. Keluargaku tercinta, terutama Ayahanda dan Ibunda yang menjadi motivasi terbesar dalam hidup, selalu mendukung dan mendoakan apapun yang dicita-citakan serta Adikku Anisa Rizki selalu menjadi penghibur suka duka.
9. Sahabat-sahabat tercinta Agnes Maludfi Putri, Dwi Mayasari (21), Erni Yulia Sari, Elva Atika Sari, Mutia Adillah yang selalu memberikan tawa canda dan dukungan semangat dari awal perkuliahan hingga saat ini dan seterusnya.
10. Kance-kance kesayangan Lina, Ompu, Audi, Uthe, Emon, Suyuy, Anggy, Mintil, Selvi, Imah, Yama, Merda, Jorgi, Candra, Rendi, Danar, Anwar dan Gerry bangga bisa kenal orang-orang setangguh dan sehebat kalian.
11. Teman-teman angkatan 2012 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan Keluarga HIMATIKA (Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika).
12. Teman seperjuangan KKN 2015 Mbed, Manda, Tary, Ulul, Eky (Chagaeyo'team) terimakasih buat semua yang sudah dilewati bersama suka maupun duka serta dukungannya semoga kebersamaan ini hingga seterusnya.

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun serta semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi banyak orang. Terimakasih.

Bandar Lampung, April 2016
Penulis,

Putri Ermuli Dewi

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Representasi Linear Naik	11
Gambar 2.2 Representasi Linear Turun	12
Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga	12
Gambar 4.1 Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	24
Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan untuk Variabel <i>input</i>	25
Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan untuk Variabel <i>output</i>	26
Gambar 4.4 Bentuk Umum Bagan Relasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	29
Gambar 4.5 Proses Fungsi Implikasi dan Komposisi Aturan	33
Gambar 4.6 Komposisi Aturan <i>Max (output fuzzy)</i>	34
Gambar 4.7 Rule 1 <i>If (No. 15 is STP) then (KS is STP)</i>	41
Gambar 4.8 Rule 2 <i>If (No. 15 is STP) then (KS is TP)</i>	42
Gambar 4.9 Rule 3 <i>If (No. 15 is STP) then (KS is CP)</i>	42
Gambar 4.10 Rule 4 <i>If (No. 15 is STP) then (KS is P)</i>	42
Gambar 4.11 Rule 5 <i>If (No. 15 is STP) then (KS is SP)</i>	43
Gambar 4.12 Grafik Penggabungan dengan Metode <i>Max</i>	43
Gambar 4.13 Partisi-Partisi Setiap Wilayah.....	44

DAFTAR ISI

	halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Data Kategori	4
2.1.1 Data Skala Nominal	4
2.1.2 Data Skala Ordinal	5
2.2 Logika <i>Fuzzy</i>	6
2.3 Variabel <i>Fuzzy</i>	7
2.3.1 Variabel Random <i>Fuzzy</i>	7
2.4 Himpunan <i>Fuzzy</i>	7
2.5 Fungsi Keanggotaan	11
2.5.1 Representasi Linear	11
2.5.2 Representasi Kurva Segitiga	12
2.6 Operator Dasar	13
2.6.1 Operator AND	13
2.6.2 Operator OR	13
2.6.3 Operator NOT	13
2.7 Fungsi Implikasi	14
2.8 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	14
2.9 Metode Mamdani	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Metode Penelitian	20
3.3 Studi Kasus	21

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> Metode Mamdani untuk Data Skala Ordinal	23
4.2 Studi Kasus Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> Metode Mamdani untuk Data Skala Ordinal	35

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel.3.1 Tafsiran Persentase untuk Data Skala Ordinal.....	20
Tabel 4.1 Nilai dan Domain <i>Fuzzy</i>	25
Tabel 4.2 Hasil Persentase dan Nilai Keanggotaan	38
Tabel 4.3 Nilai α -predikat Setiap <i>Rule</i>	41
Tabel 4.4 Hasil Batas-batas Integral	46
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Momen dan Luas Daerah	47

I.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring berkembangnya teori statistika, banyak peneliti yang ingin mengetahui suatu pendapat banyak orang dalam berbagai aspek kehidupan dengan cara melakukan survey dengan menggunakan kuisioner atau melakukan wawancara. Hasil dari kuisioner ini biasanya berbentuk data ordinal. Menurut Agresti (2007), data ordinal merupakan data dengan penggolongan berdasarkan suatu kategori dan adanya penataan di dalamnya, misalnya dengan menetapkan skor pada setiap tingkatan kategori. Contohnya dalam mengukur respon dari data kuisioner terhadap suatu tingkat kepuasan : sangat tidak puas = 1 atau E, tidak puas = 2 atau D, cukup puas = 3 atau C, puas = 4 atau B, dan sangat puas = 5 atau A , nilai (1,2,3,4, dan 5) ataupun huruf (A,B,C,D dan E) tersebut hanyalah lambang untuk membedakan tingkatan kategori mulai dari tingkatan terendah sampai tertinggi ataupun sebaliknya.

Biasanya data skala ordinal dianalisis untuk mengetahui presentase menggunakan perhitungan frekuensi. Sebagai contoh mengukur tingkat kepuasan dengan lima tingkatan kategori dengan kesimpulan yang didasarkan pada presentase dan rata-ratanya. Hasil yang diperoleh ini terkadang sulit untuk ditafsirkan kedalam lima tingkatan kategori tersebut sehingga menimbulkan ketidakpastian, hal ini yang

dinamakan *fuzzy* (samar). Salah satu cara untuk mengetahui nilai kebenaran tersebut digunakan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah logika yang menggunakan konsep sifat kesamaran dengan tak hingga banyak nilai kebenaran yang dinyatakan dalam bilangan *real* dalam selang $[0,1]$. Dalam logika *fuzzy*, pengambilan keputusan dan kesimpulan dilakukan dengan sistem inferensi yang disebut dengan sistem inferensi *fuzzy*, yang merupakan proses penarikan kesimpulan berdasarkan penalaran logika *fuzzy*.

Sistem inferensi *Fuzzy* dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu Metode Mamdani, Metode Tsukamoto, dan Metode Sugeno. Perbedaan dari metode-metode tersebut dapat dilihat pada proses komposisi aturan dan proses defuzzifikasinya. Pada Metode Tsukamoto setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF....Then....* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Lalu pada Metode Sugeno terdapat dua orde yaitu orde nol dan orde satu, pada orde nol konsekuen atau output dalam sistem inferensi bukan merupakan himpunan *fuzzy* melainkan konstanta dan pada orde satu konsekuen atau output berupa persamaan linear. Proses akhir dari kedua metode ini sama yaitu menghitung rata-rata terbobot. Sedangkan pada Metode Mamdani yang juga dikenal dengan nama metode Min-Max pada aturan fungsi implikasi menggunakan min (minimum) dan komposisi aturannya menggunakan max (maksimum) serta konsekuen atau output dalam sistem inferensi merupakan himpunan *fuzzy*. Pada proses akhir metode ini (defuzzifikasi), hasil akhir diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Karena adanya perbedaan proses akhir dari ketiga metode tersebut, sehingga penulis tertarik untuk menggunakan metode Mamdani dalam penelitian ini.

Masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara mengkaji sistem inferensi *fuzzy* dengan metode mamdani untuk data berskala ordinal. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis tertarik untuk menganalisis sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani untuk data skala ordinal.

1.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu data skala ordinal yang digunakan adalah data skala ordinal dengan lima kategori/tingkatan dan pada fungsi keanggotaan tingkat terendah menggunakan representasi linear turun, tingkat tertinggi menggunakan representasi linear naik serta tingkatan diantaranya menggunakan representasi kurva segitiga.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani untuk data skala ordinal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi tentang, tahapan-tahapan analisis sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani untuk data skala ordinal
2. Sebagai dasar dan contoh pengembangan dan penerapan logika *fuzzy* khususnya Metode Mamdani

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang acuan-acuan atau referensi yang mendukung dalam penelitian yang digunakan dalam hasil dan pembahasan.

2.1 Data Kategori

Secara umum data adalah bentuk jamak dari datum, yang mempunyai arti pemberian atau penyajian. Secara definisi dapat diartikan sebagai kumpulan angka, fakta, fenomena atau keadaan dari hasil pengamatan, pengukuran, atau pencacahan terhadap karakteristik atau sifat dari objek yang dapat berfungsi untuk membedakan objek yang satu dengan lainnya pada sifat yang sama. Data dapat dibedakan menurut skala yang digunakan saat melakukan pengukuran. Data kategori adalah data kualitatif sehingga untuk dapat dianalisis perlu diberi kode berupa angka. Analisis yang digunakan adalah berdasarkan hasil menghitung pada setiap kategori. Data kategori diklasifikasikan menjadi dua yaitu data skala nominal dan data skala ordinal. Bahasan pada penelitian ini terkait dengan data kategori khususnya data skala ordinal.

2.1.1 Data Skala Nominal

Skala pengukuran nominal merupakan skala pengukuran yang tingkatannya paling terendah diantara keempat skala pengukuran lainnya. Skala ini membedakan satu

objek dengan objek lainnya berdasarkan lambang yang diberikan. Oleh karena itu, data dalam skala nominal dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori dan kategori tersebut dapat diberikan lambang yang sesuai atau sembarang bilangan. Bilangan yang diberikan tidak mempunyai arti angka numerik, artinya angka-angka tersebut tidak dapat dilakukan operasi aritmetika. Bilangan yang diberikan hanyalah berfungsi sebagai lambang yang bertujuan hanya untuk membedakan antara data yang satu dengan data yang lainnya. Contohnya adalah data mengenai jenis kelamin pada kuisisioner atau form lainnya. Jenis kelamin dapat digolongkan dalam kategori laki-laki dan perempuan. Laki-laki diberi angka 0 dan perempuan diberi angka 1. Data dengan angka 1 tidaklah mempunyai arti lebih besar dari 0. Data dengan angka 1 hanyalah menyatakan lambang untuk jenis kelamin perempuan (Agresti, 2007).

2.1.2 Data Skala Ordinal

Skala pengukuran ordinal mempunyai tingkat yang lebih tinggi dari skala pengukuran nominal. Dalam skala ini terdapat sifat skala nominal, yaitu membedakan data dalam berbagai kelompok menurut lambang, ditambah dengan sifat lain yaitu adanya penataan didalamnya atau dirangking dari rendah ke tinggi maupun sebaliknya. Data ordinal merupakan data dengan penggolongan berdasarkan suatu kategori dan adanya penataan di dalamnya, misalnya dengan menetapkan skor pada setiap tingkatan kategori. Contohnya dalam mengukur respon dari data kuisisioner terhadap suatu tingkat kepuasan : sangat tidak puas = 1 atau E, tidak puas = 2 atau D, cukup puas = 3 atau C, puas = 4 atau B, dan sangat puas = 5 atau A , nilai (1,2,3,4, dan 5) ataupun huruf (A,B,C,D dan E) tersebut

hanyalah lambang untuk membedakan tingkatan kategori mulai dari tingkatan terendah sampai tertinggi ataupun sebaliknya (Agresti, 2007)

2.2 Logika *Fuzzy*

Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. Logika *fuzzy* merupakan alat matematika untuk menangani ketidakpastian. Secara umum, logika *fuzzy* memberikan struktur kesimpulan yang memungkinkan kemampuan sesuai penalaran manusia. Teori logika *fuzzy* didasarkan pada konsep derajat keanggotaan yang relatif (Sivanandam, Deepa dan Sumathi, 2007). Pengertian lainnya, logika *fuzzy* merupakan suatu metode pengambilan keputusan berbasis aturan yang digunakan untuk memecahkan keabu-abuan masalah pada sistem yang sulit dimodelkan atau memiliki ambiguitas. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output* (Kusumadewi dan Purnomo, 2010). Logika *fuzzy* merupakan generalisasi dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1. Dalam logika *fuzzy*, nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. Dengan teori himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan (Klir dan Yuan, 1995).

2.3 Variabel *Fuzzy*

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

Contoh : umur, temperatur, permintaan, dan sebagainya (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

2.3.1 Variabel Random *Fuzzy*

Diberikan ruang kemungkinan (*probability space*) klasik (Ω, A, P) . Generalisasi variabel random X pada (Ω, A, P) , X adalah fungsi yang terukur pada pemetaan $X: \Omega \rightarrow R$, untuk suatu nilai *fuzzy* dinamakan variabel random *fuzzy*, yang didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 2.3.1

Variabel random *fuzzy* X pada ruang kemungkinan (*probability space*) (Ω, A, P) merupakan fungsi pemetaan dari Ω ke bilangan *fuzzy* $X_\alpha: \Omega \rightarrow F(R)$ untuk setiap $\alpha \in [0, 1]$. Bilangan *fuzzy* merupakan himpunan *fuzzy* yang domainnya berupa bilangan real. α merupakan nilai keanggotaan atau nilai kebenaran dengan selang $[0, 1]$, Ω merupakan ruang sampel (Viertl, 2011).

2.4 Himpunan *Fuzzy*

Menurut Klir dan Yuan (1995), himpunan *fuzzy* dapat dipandang sebagai perluasan dari himpunan biasa (*crisp*). Himpunan *fuzzy* adalah suatu himpunan yang berisi elemen yang memiliki berbagai tingkat keanggotaan di himpunan tersebut. Hal ini berbeda dengan himpunan klasik atau himpunan tegas karena anggota dari himpunan tegas tidak akan menjadi anggota kecuali nilai

keanggotaan mereka penuh atau lengkap dalam himpunan itu (nilai keanggotaan mereka diberi nilai 1). Nilai keanggotaan elemen dalam himpunan *fuzzy* tidak perlu lengkap, juga dapat menjadi anggota himpunan *fuzzy* lain pada semesta yang sama.

Misalkan, A merupakan himpunan *fuzzy* A . Fungsi ini memetakan elemen dari himpunan *fuzzy* A untuk nilai real pada interval 0 sampai 1. Jika elemen dalam semesta, katakan x adalah anggota himpunan *fuzzy* A maka pemetaan ini diberikan oleh persamaan berikut :

$$\mu_A(x) \in [0, 1]$$

(Ross, 2010).

Menurut Rutkowska (2002), misalkan X merupakan suatu ruang dari titik-titik (objek-objek), dengan elemen dari X dilambangkan dengan x . Suatu himpunan *fuzzy* A dalam X ditandai dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang berhubungan dengan setiap bilangan *real* x dalam interval $[0,1]$ menunjukkan derajat keanggotaan dari x dalam A

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$$

dimana

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

Semakin lebih dekat nilai dari $\mu_A(x)$ ke *unity* (satu), derajat keanggotaan dari x di A semakin tinggi derajat keanggotaannya. Jika $\mu_A(x) = 1$, maka x sepenuhnya berada pada A . Jika $\mu_A(x) = 0$, maka x tidak berada pada A . Ruang X disebut dengan *universe of discourse*.

Suatu himpunan *fuzzy* A dinyatakan dengan himpunan pasangan terurut. Ketika *universe of discourse* adalah himpunan terhingga, yaitu $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, suatu himpunan *fuzzy* dapat dinyatakan sebagai

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n$$

Ketika *universe of discourse* X merupakan himpunan tak terbatas, suatu himpunan *fuzzy* A dapat dinyatakan sebagai

$$A = \int_X \mu_A(x_i)/x_i \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n$$

Simbol \sum , \int , $+$ dalam formula diatas mengacu pada gabungan himpunan daripada penjumlahan aritmatika. Demikian juga, tidak ada pembagian aritmatika pada formula-formula tersebut. Notasi simbol ini (/) digunakan untuk menghubungkan suatu elemen dengan nilai keanggotaanya.

Dengan kata lain, himpunan *fuzzy* berisi urutan pasangan berurutan yang berisi nilai domain dan kebenaran nilai keanggotaannya dalam bentuk:

$$\text{Skalar}(i) / \text{Derajat}(i)$$

“Skalar” adalah suatu nilai yang digambar dari domain himpunan *fuzzy*, sedangkan “Derajat” merupakan derajat keanggotaan himpunan *fuzzynya* (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

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

Muda = $[0 \ 45]$

Parobaya = $[35 \ 55]$

Tua = $[45 \ +\infty)$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

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

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 \ +\infty)$

Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[0 \ 40]$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu:

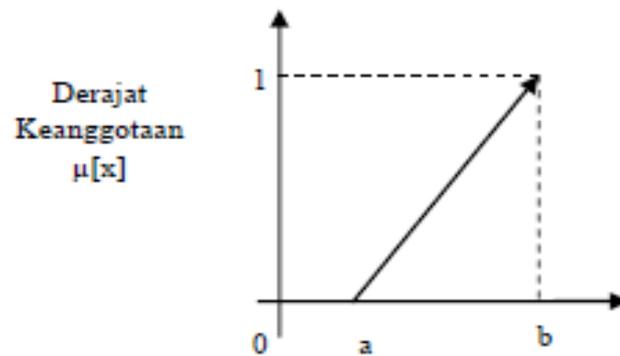
1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Parobaya, Tua.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dan sebagainya (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

2.5 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya :

2.5.1 Representasi Linear

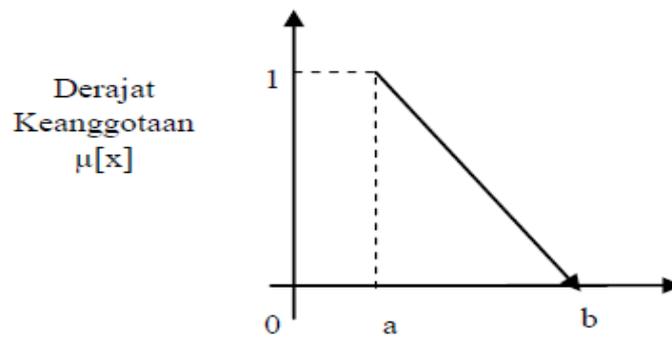
Fungsi linier memetakan input ke derajat keanggotaannya yang digambarkan dalam bentuk garis linier naik dan turun .



Gambar 2.1. Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan representasi linear naik adalah :

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



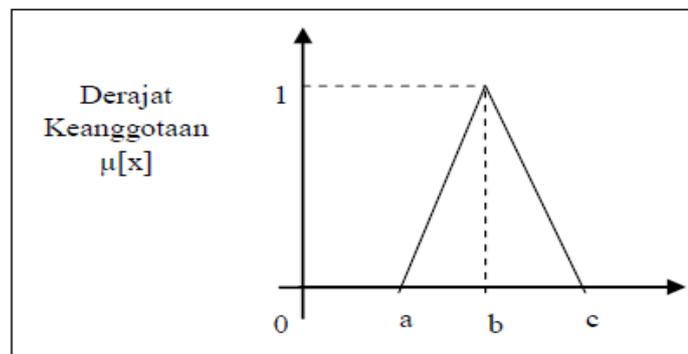
Gambar 2.2. Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan representasi linear turun adalah :

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

2.5.2 Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya terbentuk dari gabungan antara 2 garis (*linear*).



Gambar 2.3. Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan yang merepresentasikan kurva segitiga adalah :

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

(Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

2.6 Operator Dasar

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

2.6.1 Operator AND

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.

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

2.6.2 Operator OR

Operator ini 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

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

2.6.3 Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada n himpunan yang bersangkutan dari 1

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

(Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

2.7 Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B$$

dengan x dan y adalah skalar. A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen. Jika suatu fungsi implikasi mempunyai beberapa anteseden maka untuk merepresentasikan hasil dari beberapa anteseden tersebut digunakan operator dasar Zadeh seperti, *AND*, *OR* atau *NOT* (Ross, 2010). Sehingga proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti berikut:

$$IF\ (x_1\ is\ A_1) \cdot (x_2\ is\ A_2) \cdot (x_3\ is\ A_3) \cdot \dots \cdot (x_n\ is\ A_n)\ THEN\ y\ is\ B$$

dengan \cdot adalah operator (misal: *OR* atau *AND*) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

2.8 Sistem Inferensi Fuzzy

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*), yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*, seperti halnya manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika, dan sebagainya.

Dalam subbab ini akan dibahas salah satu dari proses semacam itu, yaitu penentuan tingkat kepuasan. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Pada dasarnya sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari empat unit, yaitu :

1. Unit fuzzifikasi (*fuzzification unit*)
2. Unit penalaran logika *fuzzy* (*fuzzy logic reasoning unit*)
3. Unit basis pengetahuan (*knowledge base unit*), yang terdiri dari dua bagian :
 - a. Basis data (*data base*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
 - b. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa *implikasi fuzzy*.
4. Unit defuzzifikasi (*defuzzification unit* / unit penegasan)

Pada sistem inferensi *fuzzy*, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit fuzzifikasi ke nilai *fuzzy* yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah difuzzikan itu kemudian diproses oleh unit penalaran, yang dengan menggunakan unit basis pengetahuan, menghasilkan himpunan (himpunan-himpunan) *fuzzy* sebagai keluarannya. Langkah terakhir dikerjakan oleh unit defuzzifikasi yaitu menerjemahkan himpunan keluaran itu kedalam nilai yang tegas. Nilai tegas inilah yang kemudian direalisasikan dalam bentuk suatu tindakan yang dilaksanakan dalam proses itu.

2.9 Metode Mamdani

Metode Mamdani Sering dikenal dengan nama Metode Min-Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*)

Pembentukan himpunan *fuzzy* merupakan suatu proses untuk mengubah suatu variabel input bentuk crisp menjadi variabel linguistik dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya masing-masing.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan adalah Min

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

3. Komposisi aturan

Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* :

- a. Metode *Max*

Metode *Max* (*Maximum*) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengapilasiakannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi.

Secara umum dapat dituliskan:

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

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

b. Metode *Additive*

Metode *Additive (Sum)* mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

Secara umum dituliskan:

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

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

c. Metode *Probabilistik OR (probor)*

Metode *Probabilistik OR (probor)* mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow -(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

4. Penegasan (*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. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu sebagai *output*.

Ada beberapa metode dalam defuzzifikasi pada Metode Mamdani (Kusumadewi dan Purnomo, 2010), antara lain:

1. Metode *Centroid*. Pada metode centroid solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dituliskan:

$$Z^* = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z)} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Momen} \\ \longrightarrow \text{Luas daerah} \end{array}$$

2. Metode *Bisektor*. Pada metode bisektor solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.
3. Metode *Mean of Maximum* (MOM). Pada metode *mean of maximum* solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
4. Metode *Largest of Maximum* (LOM). Pada metode *largest of maximum* solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5. Metode *Smallest of Maximum* (SOM). Pada metode *smallest of maximum* solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2015/2016, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan variabel *fuzzy*
2. Menentukan himpunan dan domain *fuzzy*

Tabel 3.1 Tafsiran Persentase Untuk Data Skala Ordinal

Interval	Tafsiran
0% - 20%	Sangat Tidak Puas
21% - 40%	Tidak Puas
41% - 60%	Cukup Puas
61% - 80%	Puas
81% - 100%	Sangat Puas

(Arikunto, 2002).

3. Melakukan *Fuzzyfikasi*

- a. Menentukan fungsi keanggotaan setiap himpunan *fuzzy* pada masing masing variabel *fuzzy*
- b. Menghitung nilai keanggotaan berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah diperoleh.

4. Membentuk aturan *fuzzy* (*fuzzy rule*)

5. Melakukan Sistem Inferensi dengan menggunakan Metode Mamdani

- a. Menghitung nilai α -predikat tiap-tiap *rule* ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) dengan fungsi implikasi *MIN*.
- b. Melakukan Komposisi aturan dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, menggunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan.

6. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan dengan metode *centroid*

$$Z^* = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z)} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Momen} \\ \longrightarrow \text{Luas daerah} \end{array}$$

3.3 Studi Kasus

Studi kasus pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data skala ordinal yaitu data hasil kuisisioner survei tingkat kepuasan siswa terhadap pelayanan sekolah SMA YP Unila Bandar Lampung

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani untuk data skala ordinal dapat dilakukan dengan 6 tahapan, yaitu sebagai berikut, menentukan variabel *fuzzy*, menentukan himpunan dan domain *fuzzy*, fuzzifikasi, pembentukan aturan *fuzzy* (*fuzzy rule*) dalam bentuk *IF...THEN....*, inferensi dengan menggunakan metode Mamdani yaitu fungsi implikasi min (minimum) dan komposisi aturan max (maksimum), dan defuzzifikasi.
2. Hasil studi kasus yang berkaitan dengan sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani untuk data skala ordinal pada aspek kejelasan petugas pelayanan dari data hasil kuesioner survei tingkat kepuasan siswa terhadap pelayanan sekolah SMA YP Unila Bandar Lampung adalah sebesar 53 yang artinya Cukup Puas.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisa sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani untuk data skala ordinal ,maka saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya yaitu penelitian dengan judul yang sama hanya pada bagian defuzzifikasi gunakan metode selain metode centroid.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto. 2002. *Metodologi Penelitian Suatu Pendekatan Proposal*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Agresti, A. 2007. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. Wiley, Department Of Statistics University Of Florida.
- Klir, J.G. dan Yuan, B. 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ross, T.J. 2010. *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. Wiley, University of New Mexico USA.
- Rutkowska, D. 2002. *Neuro-Fuzzy Architectures and Hybrid Learning*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Sivanandam, S.N., Deepa, S.N., dan Sumathi, S. 2007. "Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB". Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Viertl, R. 2011. *Statistical Methods for Fuzzy Data*. Wiley, Vienna University of Technology Austria