



**PENERAPAN *FUZZY LOGIC* DENGAN
MENGUNAKAN METODE MAMDANI UNTUK
MEMPREDIKSI KUALITAS KOPI**

Skripsi
disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

oleh

Dea Ayu Rahmawati
4211411001

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia

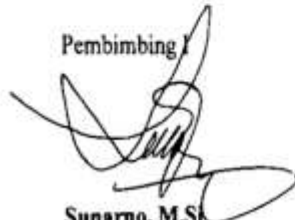
Ujian Skripsi pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 1 Desember 2015

Semarang.

Pembimbing I



Sunarno, M.Si
1972011231999031003

Pembimbing II



Dr. Sujarwata M.T
196101041989031001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul “Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Semarang, 3 Desember 2015



Dea Ayu Rahmawati
NIM. 4211411001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk
Memprediksi Kualitas Kopi

Disusun oleh

Dea Ayu Rahmawati
4211411001

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Unnes pada

Hari : Kamis

Tanggal : 3 Desember 2015

Panitia

Ketua



Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt
196412231988031001

Sekretaris

Dr. Khumaedi, M.Si.
196306101989011002

Ketua Penguji

Isa Akhlis, M.Si.
197001021999031002

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Sunarno, M.Si.
1972011231999031003

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Dr. Sujarwata, M.T.
196101041989031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Setiap ada awal pasti ada akhir, setiap masalah pasti ada solusi. Jangan pernah menyerah, percaya diri, dan bahagia menanti

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Allah hendaklah kamu berharap.

(Qs. Al Insyiroh 6-8)

Skripsi ini aku persembahkan untuk:

1. Papa dan mama, terimakasih atas semua bimbingan, doa, dukungan dan kepercayaannya.
2. Adik-adikku yang selalu menjadi penyemangat, yang saya sayangi dan banggakan
3. Teman-teman fisika 2011 yang selalu membantu dan memberikan motivasi
4. Orang – orang yang hadir dalam kehidupanku, atas nasehatnya sehingga aku dapat bersikap lebih dewasa dalam menghadapi setiap persoalan

PRAKATA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan bimbinganNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Sunarno, S.Si M.Si., selaku pembimbing utama yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberikan masukan, saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Dr. Sujarwata, M.T., selaku pembimbing pendamping yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberikan masukan, saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.

6. Prof. Dr. Sutikno, S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan masukan, saran, dan motivasi serta meluangkan waktu selama masa perkuliahan.
7. Isa Akhlis, M.Si., selaku penguji skripsi yang telah banyak memberikan koreksi terhadap tulisan ini.
8. Bapak dan Ibu dosen beserta staf Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
9. Papa, Mama dan Adik-Adikku yang telah memberi dukungan, kepercayaan dan kesempatan penulis untuk belajar.
10. Teman-teman Fisika 2011 yang senantiasa memberikan semangat untuk selalu maju.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk selalu memberikan bantuan moral dan spiritual.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 3 Desember 2015

Penulis

ABSTRAK

Rahmawati, Dea Ayu. 2015. Penerapan *Fuzzy Logic* Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pembimbing Utama Sunarno, S.Si, M.Si, dan Pembimbing Pendamping Dr. Sujarwata, M.T.

Kata Kunci : Logika Fuzzy, Metode Mamdani, Penilaian Kualitas Kopi

Penentuan kualitas biji kopi di Indonesia mengacu pada SNI 01 -2907-2008. Pelaksanaan teknisnya, pemutuan dilakukan oleh petugas atau tenaga ahli yang telah berpengalaman. Pemutuan dengan cara menggunakan tenaga manusia rentan terhadap faktor kelelahan dan keragu-raguan karena keterbatasan kemampuan manusia, untuk mengurangi kendala yang terjadi diperlukan suatu sistem berbasis *fuzzy* yang dapat membantu penentuan mutu kopi. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem *quality control* berbasis logika *fuzzy* dengan menggunakan metode mamdani serta menentukan metode defuzzifikasi yang tepat. Pembentukan Sistem Inferensi *Fuzzy Mamdani* dilakukan dengan bantuan *software* Matlab versi 7.8.0. Sistem *quality control* dengan keakuratan 93,75% selesai dibangun, didapat bahwa biji kopi dengan kualitas baik memiliki mutu 1 sampai mutu 3. Hasil tersebut didapat dengan melakukan pengujian data dari 16 sampel terdapat 1 jenis sampel yang berbeda dengan panelis. Metode defuzzifikasi yang terbaik yaitu metode yang memberikan nilai MSE terkecil. Semakin kecil nilai MSE semakin akurat hasil proses defuzzifikasi tersebut. Metode defuzzifikasi terbaik berdasarkan pengujian data adalah metode *centroid* dengan nilai MSE untuk jenis produk *banaran cafe* sebesar 0.08, sedangkan untuk *classic* sebesar 0.25.

1.3	Pembatasan Masalah			4
1.4	Tujuan Penelitian			5
1.5	Manfaat		Penelitian	5
1.6	Sistematika		Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA				
2.1	.....	Logika	<i>Fuzzy</i>	7
2.2	.....	Himpunan	<i>Fuzzy</i>	8
2.3	.....	Fungsi	Keanggotaan	11
	2.3.1 Fungsi Keanggotaan Linear			11
	2.3.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga			12
	2.3.3 Fungsi Keanggotaan Trapesium			12
	2.3.4 Fungsi Keanggotaan Gaussian			13
2.4	.....	Operator	Zadeh	13
	2.4.1 Gabungan (<i>Union</i>)			13
	2.4.2 Irisan (<i>Intersection</i>)			14

2.4.3	Komplemen				14
2.5		Fungsi		Implikasi	14
.....					
2.6	Sistem	Berbasis	Aturan	<i>Fuzzy</i>	15
.....					
2.6.1	Fuzzyfikasi				15
2.6.2	Inferensi				15
2.6.3	Defuzzifikasi				16
2.7		Sistem	Inferensi	<i>Fuzzy</i>	16
.....					
2.8				Kopi	19
.....					
2.9		Standar	Mutu	Kopi	20
.....					
2.9.1	Standar Mutu Umum				21
2.9.2	Standar Mutu Khusus				22
BAB 3 METODE PENELITIAN					
3.1	Waktu	dan	Tempat	Penelitian	25
.....					
3.2	Prosedur			Penelitian	25
.....					

3.3	Pelaksanaan	Penelitian	28
.....			
3.3.1	Studi Literatur		28
3.3.2	Identifikasi Masalah		28
3.3.3	Pengumpulan Data		28
3.3.4	Membentuk Himpunan <i>Fuzzy</i>		28
3.3.5	Membentuk Aturan <i>Fuzzy</i>		29
3.4	Pengambilan	Data	30
.....			
3.5	Menentukan	Metode	<i>Fuzzy</i> 31
.....			
3.6	Parameter		31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN			
4.1	Hasil		33
.....			
4.1.1	<i>Fuzzy Rule Viewer</i>		33
4.1.2	Pengujian Data		34
4.2	Penilaian Mutu Kopi		36
4.2.1	Defuzzifikasi		37
4.2.2	Perhitungan MSE (<i>Mean Squared Error</i>)		39

BAB 5 PENUTUP

5.1	Simpulan	41
5.2	Saran	41
	
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Syarat Mutu Umum.....	22
2.2 Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Kering.....	22
2.3 Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Basah.....	22
2.4 Syarat Penggolongan Mutu Kopi Robusta Dan Arabika.....	23
2.5 Penentuan Besarnya Nilai Cacat Biji Kopi	24
3.1 Pengambilan Data di PTP NUSANTARA IX Semarang	26
3.2 Aturan <i>Fuzzy</i> untuk Variabel Mutu Akhir Kopi	30
3.3 Uji Citarasa	30
4.1 Data Hasil Pengujian 1 Logika <i>Fuzzy</i> Terhadap Panelis Kopi	34
4.2 Data Hasil Pengujian 2 Logika <i>Fuzzy</i> Terhadap Panelis Kopi	35
4.3 Mutu Akhir Kopi yang didapatkan dari Interval Ouput Panelis dan Logika <i>Fuzzy</i>	36
4.4 Hasil Defuzzifikasi Panelis Setiap Metode.....	37
4.5 Hasil defuzzifikasi Logika <i>Fuzzy</i> dari Setiap Metode.....	38
4.6 Nilai MSE Untuk Jenis Kopi <i>Banaran Cofe</i>	39
4.7 Nilai MSE Untuk Jenis Kopi <i>Classic</i>	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Umur	9
2.2 Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (naik).....	11
2.3 Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (turun).....	12
2.4 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	12
2.5 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	12
2.6 Grafik Fungsi Keanggotaan Gaussian.....	13
2.7 Tahapan Sistem Berbasis Aturan <i>Fuzzy</i>	15
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2 Variabel dari setiap Kriteria.....	29
4.1 <i>Fuzzy Rule Viewer</i> Mutu Kopi.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Penentuan Kualitas Kopi	44
2. Variabel <i>Fuzzy</i> dan Himpunan <i>Fuzzy</i>	46
3. Aturan <i>Fuzzy</i>	47
4. Perhitungan Defuzzifikasi Secara Manual	55
5. Perhitungan <i>Mean Squared Error</i> (MSE)	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logika *fuzzy* merupakan teori himpunan yang dapat membantu menyelesaikan ketidakpastian batas antara satu kriteria dengan kriteria lainnya (Rivasti, 2009). Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Jan Lukasiewicz pada tahun 1930, serta pertama kali dipromosikan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1962 melalui jurnal "*Fuzzy set*". Logika *fuzzy* terdiri dari tiga tahap utama: fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi (Azahar *et al.*, 2013).

Logika *fuzzy* mempunyai konsep sebagian, dimana logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika biner konvensional yang memungkinkan untuk mencapai dan menggambarkan domain dengan cara yang lebih rinci dengan pengelompokan variabel linguistik. Logika *Fuzzy* memungkinkan untuk memodelkan dengan lebih efisien, misalnya logika biner hanya memungkinkan untuk menyatakan bahwa kopi panas atau dingin, sedangkan logika *fuzzy* memungkinkan untuk membedakan antara semua kemungkinan fluktuasi suhu: sangat panas, suam-suam kuku, dingin, sangat dingin, dan lain-lain (Catro *et al.*, 2009).

Logika *fuzzy* telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang antara lain perdagangan, pertanian, perkebunan, ekonomi, kedokteran, industri dan sebagainya. Salah satu penerapan logika *fuzzy* dalam bidang perkebunan adalah

untuk menentukan kualitas produk perkebunan misalnya kopi dan teh (Handayani, 2013).

Kualitas merupakan faktor penting dalam memilih teknologi pasca panen (Montenegro *et al.*, 2014). Pengawasan mutu dalam suatu industri pangan merupakan suatu faktor penting dalam rangka penyediaan produk pangan yang sehat, bergizi dan aman bagi konsumen (santoso *et al.*, 2010).

Setiap industri pengolahan pangan mempunyai standar mutu yang diterapkan terhadap produk yang dihasilkannya. Pengendalian mutu dilakukan oleh perusahaan untuk mencapai tingkat dan konsistensi sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan (Rivasti, 2009).

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang menghasilkan sejenis minuman. Minuman tersebut diperoleh dari seduhan kopi dalam bentuk bubuk. Kopi bubuk adalah biji kopi yang telah disangrai dan digiling hingga menyerupai bubuk halus. Aroma dan rasa dari seduhan kopi yang khas sehingga kualitas biji kopi yang digunakan akan mempengaruhi citarasa tersebut.

Standar mutu komoditas biji kopi di Indonesia menggunakan sistem nilai cacat yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) biji kopi, No: 01-2907-2008. Pada sistem nilai cacat dikenal kopi dengan mutu I sampai VI tergantung dari banyaknya cacat yang terdapat pada sampel kopi (Faridah, 2011).

Peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh mutu biji kopi yang dihasilkan, sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi. Menurut Soleh (2013) beberapa hal yang melemahkan daya saing produk

biji kopi dari Indonesia diantaranya adalah dalam pengolahan biji kopi masih dilakukan secara sederhana. Selain itu, pemilahan biji kopi masih mengandalkan pada ukuran biji dan kepadatan biji, sedangkan untuk pemutuan biji kopi masih mengandalkan pada keahlian dan pengalaman seorang operator yang bertindak sebagai *tester*. Jika masih mengandalkan tenaga seorang operator, maka hasil penilaian mutu kopi rentan terhadap faktor non teknis yang menyertainya.

Pemutuan dengan cara tersebut mempunyai beberapa kelemahan, antara lain membutuhkan waktu lama dan menghasilkan produk dengan mutu yang tidak konsisten karena keterbatasan visual manusia, kelelahan dan adanya perbedaan penentuan mutu pada masing-masing pengamat. Untuk mengurangi kelemahan tersebut diperlukan suatu sistem berbasis *fuzzy* yang dapat membantu penentuan mutu kopi.

Penelitian mengenai logika *fuzzy* di Indonesia sendiri juga telah dilakukan seperti *Setting* mesin pengupasan biji kopi untuk kebutuhan pengolahan biji kopi di daerah perkebunan agro wisata kebun kopi Jawa Timur berbasis metode *fuzzy logic* dilakukan (Siahaan & Amelia, 2008). Perbandingan produksi kopi optimum antara metode *fuzzy* mamdani dengan *fuzzy* sugeno pada PT XYZ oleh (Samosir *et al.*, 2013). Kemudian klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan pengolahan citra dan *fuzzy logic* yang dilakukan oleh (Maria, 2013).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka yang membedakan dengan penelitian penulis terletak pada sistem logika fuzzy model mamdani dengan menggunakan beberapa metode defuzzifikasi yaitu metode COA (*center of area*), bisektor, MOM (*mean of maximum*), LOM (*largest of maximum*),

dan SOM (*smallest of maximum*). Lima metode defuzzifikasi tersebut kemudian dicari nilai MSE (*mean squared error*) yang terkecil, selanjutnya dengan metode defuzzifikasi yang telah didapatkan dibandingkan dengan nilai dari panelis.

1.2 Permasalahan

Sesuai latar belakang masalah yang telah diuraikan maka yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem *quality control* berbasis logika fuzzy yang digunakan untuk memprediksi mutu kopi secara baik dan tepat.

1.3 Pembatasan Masalah

Dengan adanya permasalahan yang sering ditemui, maka perlu dibuat pembatasan masalah yang akan dibahas:

1. Sistem logika fuzzy memiliki tiga metode defuzzifikasi yaitu metode Takagi Sugeno, metode Tsukamoto dan metode Mamdani. Dari ketiga metode defuzzifikasi tersebut yang mudah dipahami untuk memprediksi kualitas kopi yaitu metode mamdani. Metode mamdani merupakan metode yang sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada, serta lebih cocok input yang diterima dari manusia bukan mesin.
2. Jenis kopi di Indonesia ada dua yakni robusta dan arabika. Pada penelitian ini penulis hanya mengkaji kualitas dari biji kopi robusta. Kopi robusta sangat mudah ditanam di iklim tropis seperti wilayah Indonesia sehingga warna biji

kopi robusta yang lebih gelap akan lebih mudah diolah menjadi minuman kopi yang berkualitas.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Membangun sistem *quality control* berbasis logika *fuzzy* untuk memprediksi kualitas kopi menggunakan metode mamdani.
2. Menentukan metode defuzzifikasi yang tepat pada penerapan *fuzzy logic* mamdani untuk memprediksi kualitas kopi.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Secara Umum

Sebagai masukan yang bermanfaat dalam penerapan sistem *quality control* yang berbasis logika *fuzzy* serta memberikan informasi alternatif mengenai penggunaan sistem *quality control* yang berbasis logika fuzzy untuk memprediksi kualitas kopi sebagai upaya mengurangi kendala yang terjadi pada tenaga manusia.

b. Secara Khusus

Dapat menambah pengetahuan, wawasan, dan pemahaman tentang penerapan aplikasi logika *fuzzy* untuk memprediksi kualitas produk kopi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi dan bagian akhir isi skripsi.

1. Bagian pendahuluan skripsi, terdiri dari halaman judul, halaman pernyataan keaslian skripsi, halaman pengesahan, moto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.
2. Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan, bab ini berisi alasan pemilihan judul, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika skripsi.

BAB 2 : Landasan Teori, bab ini berisi teori-teori pendukung penelitian.

BAB 3 : Metode Penelitian, bab ini berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakserta langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian.

BAB 4 : Hasil dan Pembahasan, bab ini berisi tentang pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 5 : Penutup, bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.
3. Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dari penulisan skripsi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logika Fuzzy

Menurut Soleh (2013) *Fuzzy Logic* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem. Mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multi channel* atau *workstation* berbasis akuisisi data dan sistem kontrol.

Konsep *Fuzzy Logic* diperkenalkan oleh Prof. Lutfi Astor Zadeh pada 1962. Kelebihan *fuzzy logic* dapat digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Permasalahan di dunia nyata kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier sehingga *fuzzy logic* cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Beberapa alasan yang dapat diutarakan mengapa kita menggunakan *Fuzzy Logic* diantaranya adalah mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks, dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional dan didasarkan pada bahasa alami.

Kelebihan metode Mamdani dibandingkan metode sistem penalaran fuzzy lainnya yaitu bersifat intuitif, mencakup berbagai bidang dan sesuai dengan proses input informasi manusia.

2.2 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistik variable*) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (Saelan, 2009).

Dalam logika *fuzzy* ada dua jenis himpunan, yaitu himpunan *crisp* (tegas) dan himpunan *fuzzy* (samar).

- a. Himpunan *crisp* (tegas) adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek merupakan anggota dari satu himpunan dengan memiliki nilai keanggotaan (μ) = ya (1) atau tidak (0), oleh karena itu himpunan *crisp* disebut himpunan tegas.
- b. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan (μ) yang berbeda.

Menurut wulandari (2011) himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu:

- a) Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- b) Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

- a) Variabel *Fuzzy*

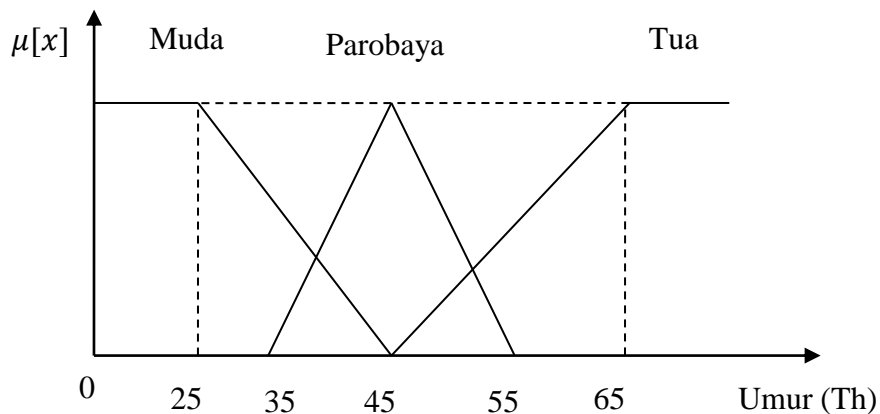
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, variabel *fuzzy* terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy*. Contoh: Variabel suhu, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy* yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

b) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Misalkan variabel umur dibagi 3 kategori, yaitu: MUDA < 35 tahun, PAROBAYA $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun, TUA > 55 tahun. Seseorang dapat masuk ke dua kategori secara bersamaan, misalnya seseorang yang berusia 35 tahun kurang 1 hari dapat masuk kategori MUDA dan PAROBAYA sekaligus, tetapi dengan nilai keanggotaan yang berbeda.

Lihat Gambar 2.1 dibawah:



Gambar 2.1 Himpunan Fuzzy Variabel Umur

c) Semesta Pembicaraan

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

kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya. Jika U adalah kumpulan objek-objek yang dilambangkan $\{u\}$, maka U dinyatakan sebagai semesta pembicaraan, dan u adalah elemen dari U .

Contoh :

1. Semesta pembicaraan untuk variabel umur : $[0 \ 65]$

0 tahun menyatakan umur muda

65 tahun menyatakan umur tua

d) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh domain dari himpunan *fuzzy* kecepatan adalah sebagai berikut:

1. LAMBAT : $[0, 80]$

Kecepatan dikatakan LAMBAT apabila dimulai dari 0 km/jam sampai 80 km/jam

2. SEDANG : $[20, 140]$

Kecepatan dikatakan SEDANG apabila dimulai dari 20 km/jam sampai 140 km/jam

3. CEPAT : $[80, 160]$

Kecepatan dikatakan CEPAT apabila dimulai dari 80 km/jam sampai 160 km/jam

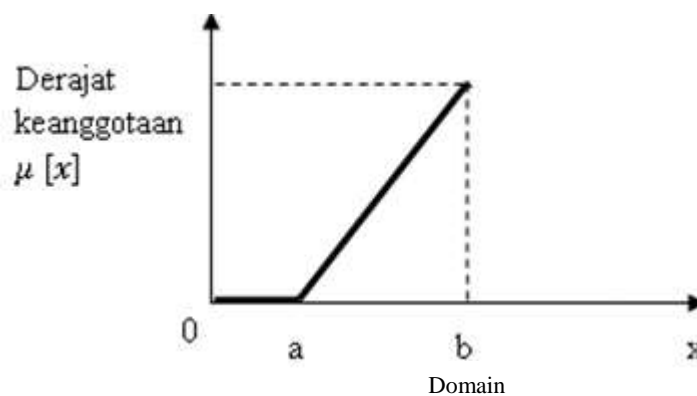
2.3 Fungsi Keanggotaan

Menurut wulandari (2011) Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi linier, fungsi segitiga (*triangel*), trapesium (*trapezoidal*) atau Fungsi Gauss (*Gaussian*).

2.3.1 Fungsi Keanggotaan Linear

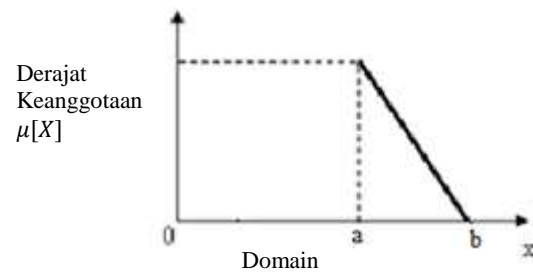
Pada fungsi linear, pemetaan input ke derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun.

Himpunan *fuzzy* linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2



Gambar 2.2 Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (naik) (Wulandari, 2011)

Himpunan *fuzzy* linear turun, 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. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3

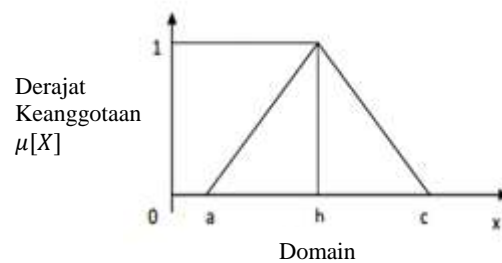


Gambar 2.3 Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (turun) (Wulandari, 2011)

2.3.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier).

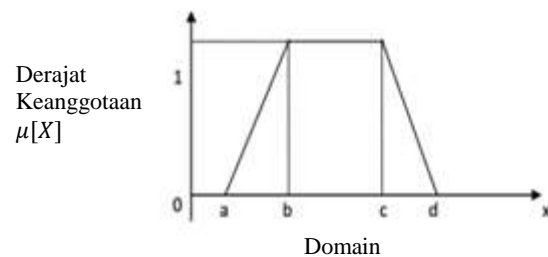
Bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 2.4 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga (Wulandari, 2011)

2.3.3 Fungsi Keanggotaan Trapesium

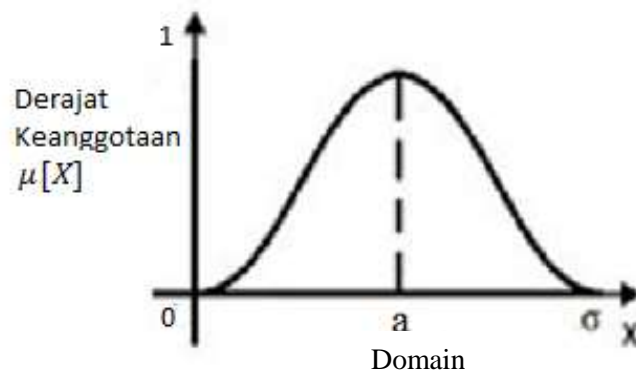
Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2.5 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium (Wulandari, 2011)

2.3.4 Fungsi Keanggotaan Gaussian

Pada kurva yang memiliki representasi gaussian memiliki bentuk yang hampir sama dengan segitiga dengan permukaan yang tumpul. Biasanya kurva gaussian digunakan untuk mengolah data-data yang acak. Bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2.6 Grafik Fungsi Keanggotaan Gaussian(Wulandari, 2011)

2.4 Operator Dasar Zadeh

Menurut wulandari (2011: 21-22) 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:

2.4.1 Gabungan (*Union*)

Operasi gabungan (*union*) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan yang bersangkutan.

$$A \cup B \rightarrow \mu_{A \cup B} = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (2.6)$$

2.4.2 Irisan (*Intersection*)

Operasi irisan (intersection) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan.

$$A \cap B \rightarrow \mu_{A \cap B} = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (2.7)$$

2.4.3 Komplemen

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan

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

2.5 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

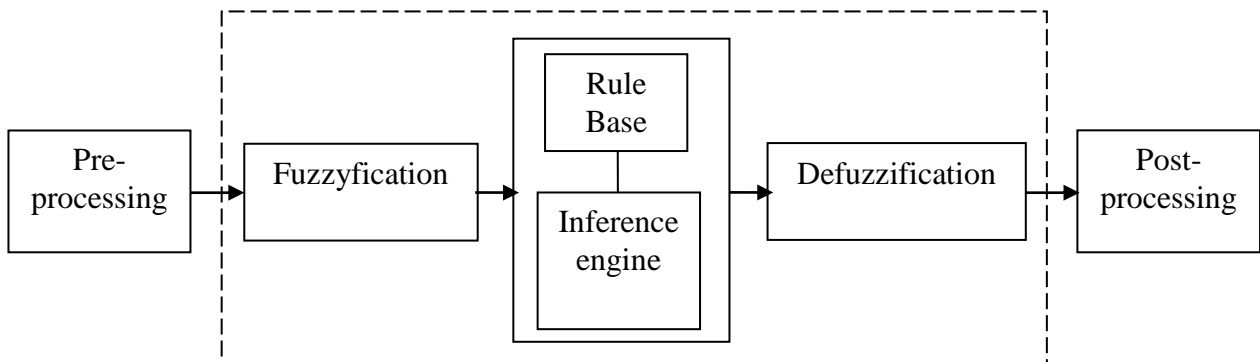
$$IF \ x \ is \ A \ THEN \ y \ is \ B$$

Dengan x dan y adalah skalar sedangkan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Secara umum ada dua fungsi implikasi yang digunakan dalam operasi *fuzzy* yaitu:

1. Min (minimum). Fungsi ini memotong output himpunan fuzzy.
2. Dot (*product*). Fungsi ini menskala output himpunan fuzzy.

2.6 Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

Pendekatan logika *fuzzy* diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni: fuzzifikasi, evaluasi rule (inferensi) dan defuzzifikasi.



Gambar 2.7 Tahapan Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy* (Fauziah,2008)

2.6.1 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy* yaitu mengubah masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk *fuzzy* input yang berupa tingkat keanggotaan/tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai *crisp* dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2.6.2 Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy* input dan *fuzzy* rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy* output. Secara sintaks, suatu *fuzzy* rule (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai berikut:

IF antecedent THEN consequent

2.6.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy* output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Sistem inferensi hanya dapat membaca nilai yang tegas, maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai *fuzzy output* itu menjadi nilai yang tegas. Itulah peranan defuzzifikasi yang memuat fungsi-fungsi penegasan dalam sistem, sehingga defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

2.7 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Menurut Solikin (2011) Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System / FIS*) yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF THEN* dan penalaran *fuzzy*. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika dan sebagainya.

Ada tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Takagi Sugeno. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan kualitas kopi menggunakan metode Mamdani. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan Metode Max-Min. Metode ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

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

2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

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

a. Metode Max (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maximum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya output dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.

Ada beberapa metode defuzzikasi pada komposisi aturan mamdani, secara umum dapat dituliskan:

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

Apabila digunakan fungsi implikasi Min, maka metode komposisi sering disebut dengan nama Max-Min atau Min-Max atau Mamdani (Kusumadewi, 2003).

b. *Metode Additif (sum)*

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

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

c. *Metode Probalistik OR (probor)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan produk terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

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

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output.

Ada beberapa metode defuzzikasi pada komposisi aturan mamdani, antara lain:

a. *Metode Centroid (Composite Moment)*

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

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

$$z^* = \frac{\sum_{j=i}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=i}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskrit}$$

b. Metode Biseksi

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan separuh dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$z_p \text{ sedemikian sehingga } \int_{R_i}^p \mu(z) dz = \int_p^{R_n} \mu(z) dz$$

c. Metode *Mean Of Maximum* (MOM)

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

d. Metode *Largest Of Maximum* (LOM)

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

e. Metode *Smalles Of Maximum* (SOM)

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

2.8 Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta (Rahardjo, 2012). Keberhasilan agribisnis kopi membutuhkan dukungan semua pihak terkait dalam proses produksi kopi, pengolahan dan pemasaran komoditas kopi.

Upaya meningkatkan produktivitas dan mutu kopi terus dilakukan sehingga daya saing kopi di Indonesia dapat bersaing di pasar dunia.

Di dunia perdagangan dikenal beberapa golongan kopi, tetapi yang paling sering dibudidayakan hanya kopi arabika, robusta dan liberika. Pada umumnya, penggolongan kopi berdasarkan spesies, kecuali kopi robusta. Kopi robusta memiliki tekstur lebih kasar dari kopi arabika. Kopi robusta biasanya digunakan sebagai kopi instant atau cepat saji. Kopi robusta memiliki kandungan kafein yang lebih tinggi, rasanya lebih netral, serta aroma kopi yang lebih kuat.

Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan citarasa kopi. Saat ini, Peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh rendahnya mutu biji kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi.

2.9 Standar Mutu Kopi

Penerapan standar mutu terhadap komoditas kopi telah ada sejak jaman Belanda. Pada waktu itu dikenal dengan nama standar mutu OVEIP (*Organisatie Verenigde Eksporteurs Van Indonesische Producten*) atau OEHI (Organisasi Eksportir Hasil Bumi Indonesia). Oveip/Oehi menetapkan mutu terhadap 18 macam hasil bumi antara lain kopi, karet, kopra, kelapa sawit, lada dan lain-lainnya. Perkembangan teknologi dan permintaan, OVEIP diubah menjadi Sistem nilai kotor (TRIAGE)

Standar mutu atau kualitas kopi internasional dibuat oleh *International Coffee Organization* (ICO). ICO merupakan organisasi atau wadah yang diakui sebagai badan standardisasi ekspor impor kopi diseluruh negara. Sementara di Indonesia, standar mutu dibuat oleh AEKI (Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia) yang bekerja dengan Direktorat Standardisasi dan Pengendalian mutu, Departemen Perdagangan Republik Indonesia.

Standar mutu biji kopi sudah digalakkan sejak tahun 1978 melalui SK Menteri Perdagangan No. 108/Kp/VII/78 Tanggal 1 juli 1978. Namun demikian, sejak tanggal 1 Oktober 1983 sampai saat ini, untuk menetapkan mutu kopi di Indonesia menggunakan sistem nilai cacat (*Defects Value System*) sesuai keputusan ICO (*International Coffee Organization*). Dalam sistem cacat ini, semakin banyak nilai cacatnya maka mutu kopi akan semakin rendah dan sebaliknya semakin kecil nilai cacatnya maka mutu kopi semakin baik.

Pada awal tahun 2002, Dewan ICO (*International Coffee Organization*) mengadakan sidang yang menghasilkan Resolusi No. 407 yang berisi Program Perbaikan Mutu Kopi yang mulai efektif diberlakukan per 1 Oktober 2002.

2.9.1 Syarat Mutu Umum

Berdasarkan SNI 01-2907-2008, presentase kadar air dalam kopi biji baik untuk pengolahan basah dan kering maksimum 12,5 %. Persyaratan lain dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Syarat Mutu Umum (SNI 01-2907-2008)

No	Kriteria	Satuan	Persyaratan
1	Serangga Hidup		Tidak Ada
2	Biji berbau busuk dan atau berbau kapang		Tidak Ada
3	Kadar Air	% fraksi massa	
4	Kadar Kotoran	% fraksi massa	

2.9.2 Syarat Mutu Khusus

Kriteria ukuran biji sama dengan menggunakan ukuran lubang bulat untuk semua jenis kopi dan berdasarkan prosesnya, namun untuk lolos ayakan untuk kopi robusta dibedakan berdasarkan proses pengolahannya.

2.9.2.1 Berdasarkan Ukuran Biji

Syarat kriteria ukuran biji untuk jenis biji kopi robusta berdasarkan prosesnya dibedakan menjadi 2 yaitu pengolahan basah dan pengolahan kering. Untuk syarat mutu khusus kopi robusta pengolahan kering dapat dilihat pada Tabel 2.2, sedangkan untuk syarat mutu khusus kopi robusta pengolahan basah dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.2 Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Kering (SNI 01-2907-2008)

Ukuran	Kriteria	Satuan	Persyaratan
Besar	Tidak lolos ayakan berdiameter 6,5 mm	% fraksi massa	Maks lolos 5
Kecil	Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 3,5 mm	% fraksi massa	Maks lolos 5

Tabel 2.3 Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Basah (SNI 01-2907-2008)

Ukuran	Kriteria	Satuan	Persyaratan
Besar	Tidak lolos ayakan berdiameter 7,5 mm	% fraksi massa	Maks lolos 5
Sedang	Lolos ayakan diameter 7,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 6,5	% fraksi massa	Maks lolos 5
Kecil	Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 5,5 mm	% fraksi massa	Maks lolos 5

2.9.2.2 Berdasarkan Sistem Nilai Cacat

Kesalahan dalam pengolahan biji kopi akan terkait langsung dengan mutu kopi dan citarasanya. Hasil pengolahan dapat berupa biji kopi yang pecah, berwarna hitam/coklat, berbau apek, berjamur dan lain-lain. Dari hasil pengolahan yang salah, banyak terkandung unsur-unsur yang banyak mempengaruhi dalam penentuan sistem nilai cacat dan citarasa. Nilai Cacat adalah Nilai yang diberikan kepada masing – masing biji kopi berdasarkan jenis cacat. Tabel 2.4 menerangkan banyaknya nilai cacat disetiap mutu kopi.

Tabel 2.4 Syarat Penggolongan Mutu Kopi Robusta Dan Arabika (SNI 01-2907-2008)

Mutu	Persyaratan
Mutu 1	Jumlah nilai cacat maksimum 11*
Mutu 2	Jumlah nilai cacat 12 sampai dengan 25
Mutu 3	Jumlah nilai cacat 26 sampai dengan 44
Mutu 4a	Jumlah nilai cacat 45 sampai dengan 60
Mutu 4b	Jumlah nilai cacat 61 sampai dengan 80
Mutu 5	Jumlah nilai cacat 81 sampai dengan 150
Mutu 6	Jumlah nilai cacat 151 sampai dengan 225

CATATAN Untuk kopi arabika mutu 4 tidak dibagi menjadi sub mutu 4a dan 4b
Penentuan besarnya nilai cacat dari setiap biji cacat dicantumkan dalam tabel 2.5.

* untuk kopi peaberry dan polyembrio

Tabel 2.5 Penentuan Besarnya Nilai Cacat Biji Kopi (SNI 01-2907-2008)

No.	Jenis Cacat	Nilai Cacat
1	1 (satu) biji hitam	1 (satu)
2	1 (satu) biji hitam sebagian	1/2 (setengah)
3	1 (satu) biji hitam pecah	1/2 (setengah)
4	1 (satu) kopi gelondong	1 (satu)
5	1 (satu) biji coklat	1/4 (seperempat)
6	1 (satu) kulit kopi ukuran besar	1 (satu)
7	1 (satu) kulit kopi ukiran sedang	1/2 (setengah)
8	1 (satu) kulit kopi ukuran kecil	1/5 (seperlima)
9	1 (satu) biji berkulit tanduk	1/2 (setengah)
10	1 (satu) kulit tanduk ukuran besar	1/2 (setengah)
11	1 (satu) kulit tanduk ukuran sedang	1/5 (seperlima)
12	1 (satu) kulit tanduk ukuran kecil	1/10 (sepersepuluh)
13	1 (satu) biji pecah	1/5 (seperlima)
14	1 (satu) biji muda	1/5 (seperlima)
15	1 (satu) biji berlubang satu	1/10 (sepersepuluh)
16	1 (satu) biji berlubang lebih dari stau	1/5 (seperlima)
17	1 (satu) biji bertutul-tutul	1/10 (sepersepuluh)
18	1 (satu) ranting, tanah atau batu berukuran besar	5 (lima)
19	1 (satu) ranting, tanah atau batu berukuran sedang	2 (dua)
20	1 (satu) ranting, tanah atau batu berukuran kecil	1 (satu)

KETERANGAN Jumlah nilai cacat dihitung dari contoh uji seberat 300 g. Jika satu biji kopi mempunyai lebih dari satu nilai cacat, maka penentuan nilai cacat tersebut didasarkan pada bobot nilai cacat terbesar

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PTP Nusantara IX Getas-Assinan-Banaran Jl. Raya Semarang-Magelang Km. 50 Gemawang Kec. Jambu Kab. Semarang Prop. Jawa Tengah Telp. (0298) 592288. Pada tanggal 6 April – 25 April 2015. Pembuatan sistem inferensi *fuzzy* dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi dalam 2 (dua) tahapan, yaitu:

A. Tahap Persiapan

1. Pembuatan surat ijin penelitian di PTP Nusantara IX Semarang
2. Rancangan pembuatan *Fuzzy Inference System*

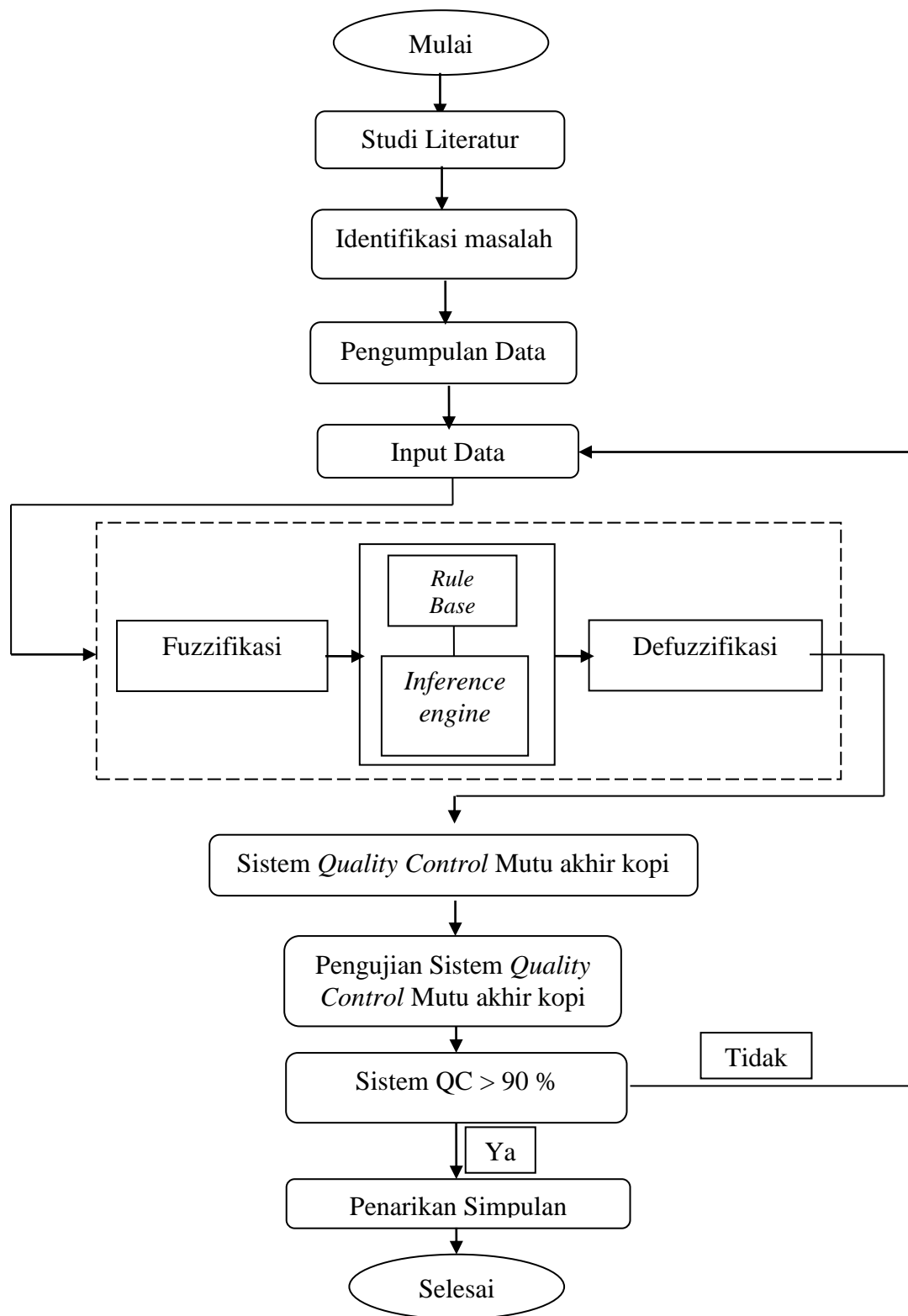
B. Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dilakukan mulai tanggal 6 April – 25 April 2015 di PTP Nusantara IX Getas-Assinan-Banaran Jl. Raya Semarang-Magelang Km. 50 Gemawang Kecamatan Jambu Kabupaten Semarang. Adapun pengambilan data yang dilakukan setiap harinya dapat dilihat pada pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Pengambilan Data di PTP NUSANTARA IX Semarang

No	Tanggal Penelitian	Jenis Kegiatan/Penelitian
1	6 April 2015	Mengurus Surat Ijin Penelitian di PTPN IX Semarang
2	7 April 2015	a. pengambilan data untuk produk kopi premium b. Pengenalan tentang <i>cuping tester</i>
3	8 April 2015	a. Pengenalan tentang ruang-ruang yang ada di PTPN IX b. Wawancara terhadap Tester (Bpk. Mustofa)
4	9 April 2015	a. Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i> b. Melihat proses sortasi (pemilahan ukuran biji kopi)
5	10 April 2015	a. Pengambilan data untuk produk kopi <i>Classic</i> b. Praktek menentukan nilai cacat pada biji kopi
6.	13 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i>
7	14 April 2015	Melihat proses penyangraian biji kopi dan penggilingan biji kopi
8	15 April 2015	a. Praktek cara <i>cuping tester</i> produk kopi <i>Banaran Café</i> , <i>Classic</i> dan Lanang b. Pengambilan dara untuk produk kopi <i>Classic</i>
9	16 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i>
10	17 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i>
11	18 April 2015	a. Pengambilan data untuk produk kopi <i>Classic</i> b. Praktek Cara Pengemasan Produk Kopi Bubuk
12	20 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i>
13	22 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Classic</i>
14	24 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Banaran Café</i>
15	25 April 2015	Pengambilan data untuk produk kopi <i>Classic</i>

Tabel 3.1 menerangkan pelaksanaan pengambilan data, data yang dapat diambil sebanyak 16 sampel yaitu 4 jenis produk kopi *Banaran Café*, 6 jenis produk kopi *Classic*, 1 jenis produk kopi Premium dan Kopi Lanang. Untuk mengetahui alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian terdapat 8 tahapan yang mengikuti diagram alir yaitu studi literatur, identifikasi masalah, pengumpulan data, penentuan isitem inferen *fuzzy*, defuzzifikasi, analisis data dan penarikan simpulan.

3.3.1 Studi literatur

Studi literatur merupakan langkah untuk mencari landasan teori yang mendukung pemecahan permasalahan. Literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini meliputi jurnal dan buku yang berisi tentang kualitas kopi, jenis-jenis kopi serta pengertian logika *fuzzy*.

3.3.2 Identifikasi masalah

Sistem yang akan dimodelkan merupakan bagian dari sistem penilaian mutu kopi. Dari data yang diperoleh dilakukan klasifikasi mutu. Elemen-elemen dalam sistem penilaian mutu kopi meliputi :

1. Tekstur meliputi Bentuk Biji, Ukuran Biji dan Ukuran Partikel
2. Rasa meliputi Warna Partikel, *Fragrance* dan Aroma Seduhan
3. Mutu Akhir kopi meliputi Tekstur dan Rasa

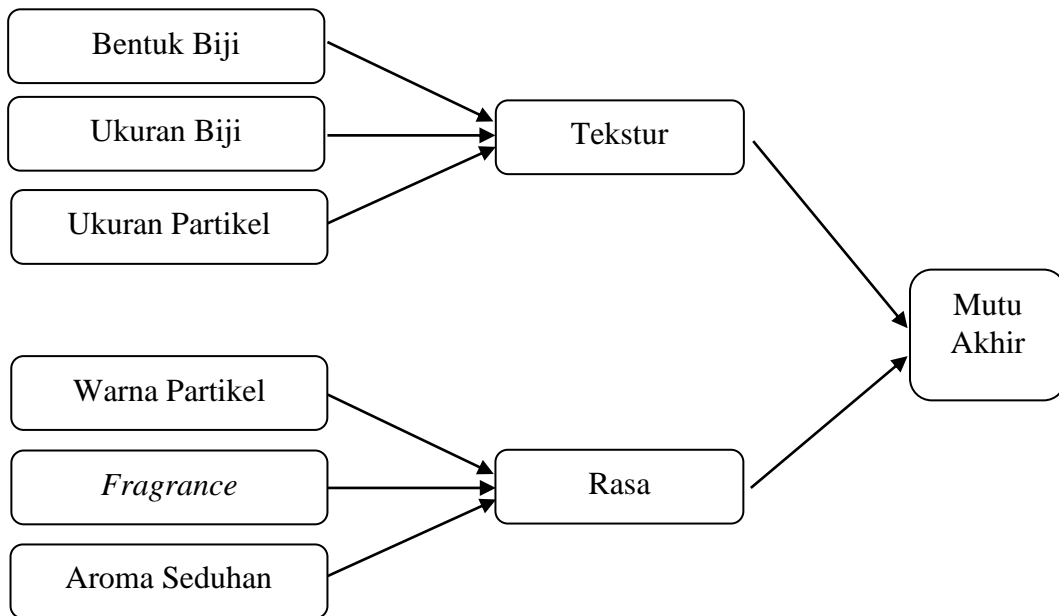
3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari pengamatan langsung dan wawancara terhadap panelis mutu kopi. Wawancara dilakukan langsung dengan panelis (Bpk. Mustofa), pertanyaan yang diajukan seputar pengolahan kopi.

3.3.4 Membentuk Himpunan *Fuzzy*

Variabel-variabel yang telah diperoleh berupa data yang dibentuk menjadi himpunan *fuzzy* yang berkaitan. Alur input dan outputnya dapat dilihat pada

Gambar 3.2, sedangkan untuk himpunan *fuzzy* yang dibentuk dapat dilihat pada Lampiran 2 (halaman 46).



Gambar 3.2 Variabel Setiap Kriteria

3.3.5 Membentuk Aturan *Fuzzy*

Ada 2 aturan yang dibentuk dari setiap variabel *fuzzy* untuk menyatakan relasi antara input dan outputnya. Aturan pada suatu model *fuzzy* yang akan menentukan bagaimana sistem tersebut dapat beroperasi.

Secara umum fungsi tersebut dituliskan sebagai berikut:

IF (x_1 is A_1) • (x_2 is A_2) • (x_n is A_n) • THEN y is B

Dengan • adalah operator OR atau AND

X_n adalah Skala yang berupa variabel *fuzzy*

A_n Adalah Variabel *linguistic* yang berupa himpunan *fuzzy*

Aturan fuzzy yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.2, sedangkan untuk aturan fuzzy yang lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3 (halaman 47).

Tabel 3.2 Aturan Fuzzy untuk Variabel Mutu Akhir Kopi

Tekstur \ Rasa	Sangat Pahit	Pahit	Agak Pahit	Kurang Pahit	Tidak Pahit
Sangat Kental	Mutu 1	Mutu 1	Mutu 2	Mutu 3	Mutu 4
Kental	Mutu 1	Mutu 2	Mutu 3	Mutu 3	Mutu 4
Agak Kental	Mutu 2	Mutu 3	Mutu 3	Mutu 4	Mutu 4
Kurang Kental	Mutu 3	Mutu 4	Mutu 4	Mutu 4	Mutu 5
Tidak Kental	Mutu 4	Mutu 4	Mutu 5	Mutu 5	Mutu 5

3.4 Pengambilan Data

Data yang diperoleh selama penelitian pada tanggal 6 - 25 April 2015 di PTP NUSANTARA IX Semarang mendapatkan data sebanyak 16 sampel yang terdiri dari 4 jenis produk kopi *Banaran Café*, 6 jenis produk kopi *Classic*, 1 jenis produk kopi Premium dan Kopi Lanang. Jenis produk kopi Premium di Kampong Kopi Banaran akan dihilangkan karena mutu dari kopi tersebut terbilang rendah yaitu mutu lokal. Uji cita rasa produk kopi dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.3 Uji Citarasa

Tanggal	Sampel	Fragran	Aroma	Flavour	Acidity	Body	Bitter
7-4-2015	Premium	8	7,5	-	7	7,5	7
9-4-2015	Banaran Café	7,5	8	-	-	7,5	7,5
10-4-2015	Classic	8	7,5	-	7	7,5	7
13-4-2015	Banaran Café	7,5	8	-	-	7,5	7,5
15-4-2015	Classic	8	8	-	7	7,5	7
15-4-2015	Banaran Café	7,5	7	7	-	7,5	7
15-4-2015	Classic	8	8		7	7,5	7
15-4-	Lanang	7,5	7	7	-	7	7

2015							
16-4-2015	Banaran	8	8	-	-	7,5	7,5
	Café						
17-4-2015	Banaran	7,5	7,5	-	-	8	7,5
	Café						
18-4-2015	Classic	8	7,5	-	7	7,5	7,5
20-4-2015	Banaran	7,5	8	-	-	8	7,5
	Café						
22-4-2015	Classic	8	8	-	7	7,5	7,5
24-4-2015	Banaran	7,5	7,5	-	-	7,5	7,5
	Café						
24-4-2015	Banaran	7,5	8	-	-	8	7,5
	Café						
25-4-2015	Classic	8	8	-	7	7,5	7,5

Cuping tester dilakukan oleh panelis (Bpk. Mustofa) langkah awal sebelum pelaksanann yaitu menyiapkan mangkuk beserta kopi bubuk sebanyak 200 gram diseduh dengan air mendidih 200 ml tanpa diaduk selanjutnya diamkan selama 2 menit. Setelah itu pengambilan data atau *cuping tester* dapat dilakukan.

3.5 Menentukan Metode Defuzzifikasi

Dalam penelitian mutu kopi akan menggunakan seluruh metode defuzzifikasi mamdani. Pada metode ini solusi *crisp* yang akan digunakan yaitu dari jenis metode defuzzifikasi yang menghasilkan nilai terkecil atau nilai terbaik dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

3.6 Parameter

Parameter yang di gunakan dalam penelitian ini berupa data keluaran (output) dan metode defuzzifikasi bagi model logika *fuzzy* yang berasal dari hasil penelitian mutu kopi.

BAB 4

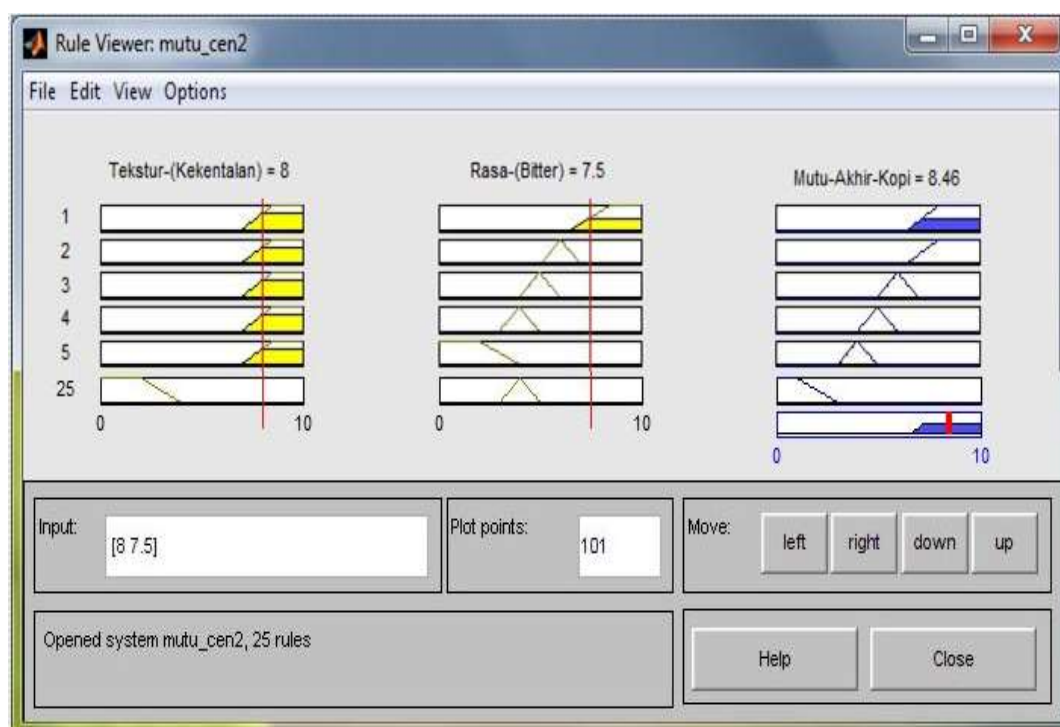
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pendukung keputusan *fuzzy* digunakan dibanyak bidang, salah satunya yaitu dibidang perkebunan. Dalam tulisan ini akan dibahas penentuan kualitas kopi di Kampoeng Kopi Banaran. Hari kerja dalam seminggu terdapat 6 hari kerja dan 8 jam setiap harinya. Produksi kopi bubuk dilakukan setiap hari, proses produksi dimulai dengan pengambilan bahan baku biji kopi dari gudang. Biji kopi disangrai selama ± 30 menit dan dibiarkan dingin beberapa hari, selanjutnya biji kopi yang telah dingin tersebut digiling. Pengemasannya kopi bubuk dilakukan jika hasil gilingan sudah dalam keadaan dingin agar tidak ada uap air yang menempel didalam kemasan, selanjutnya cara untuk menentukan kualitas kopi bubuk tersebut menggunakan uji *organoleptik* atau penginderaan manusia. Uji citarasa kopi bubuk masih mengandalkan pada keahlian dan pengalaman seorang panelis kopi. Di Kampoeng Kopi Banaran terdapat 3 orang panelis, untuk uji citarasa dilakukan setiap pagi oleh seorang panelis (Bpk. Mustofa) dengan cara menyiapkan mangkuk beserta kopi bubuk sebanyak 200 gram diseduh dengan air mendidih 200 ml tanpa diaduk selanjutnya diamkan selama 2 menit. Penilaian mutu kopi rentan terhadap faktor non teknis yang menyertainya. Pemutuan dengan cara tersebut mempunyai beberapa kelemahan, untuk mengurangi kendala yang terjadi maka diperlukan suatu sistem berbasis *fuzzy* yang dapat membantu penentuan mutu kopi.

4.1 Hasil

Sistem *quality control* berbasis logika *fuzzy* telah berhasil dibuat menggunakan *software fuzzy logic toolbox* matlab 7.8.0, tampilan hasilnya dapat dinyatakan melalui *fuzzy rule viewer* atau *surface viewer*. Adapun *fuzzy rule viewer* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.1.1 Fuzzy Rule Viewer



Gambar 4.1 *Fuzzy Rule Viewer* Mutu Kopi

Gambar 4.1 memperlihatkan sistem *quality control* atau sistem pengambilan keputusan berbasis *fuzzy*, output yang berupa mutu akhir kopi dihasilkan dari dua input yang diberikan yaitu tekstur (kekentalan) dan rasa (*bitter*).

Jumlah aturan *fuzzy* pada output mutu akhir kopi sebanyak 25 aturan. Jika memasukan input dari tekstur (kekentalan) dan input rasa (*bitter*) pada kolom edit teks dibagian pojok kiri bawah maka output mutu akhir kopi akan terlihat sebelah

kanan atas, atau garis merah vertikal disetiap kolom input dapat digeser untuk mengetahui interval nilainya. Untuk melihat sistem ini bisa digunakan atau tidak maka dilakukan pengujian data.

4.1.2 Pengujian Data

Pengujian data dengan logika *fuzzy* terhadap penilaian panelis kopi dilakukan sebanyak 2 kali untuk menghasilkan sistem *quality control* yang baik. Pengujian data ini sangatlah penting, sehingga akan diketahui kelayakan dari sistem *quality control* tersebut, di PTPN IX terdapat 4 jenis produk kopi yaitu *Banaran Café*, *Classic*, premium dan lanang (kopi berbiji tunggal). Dari 4 jenis kopi tersebut diambil 16 sampel. Adapun pengujian 16 sampel data yang diperoleh dari *cuping tester* di PTPN IX tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian 1 Logika *Fuzzy* Terhadap Panelis Kopi

Sampel	Jenis Kopi	Input		Output		Keterangan
		Tekstur (Kekentalan)	Rasa (<i>Bitter</i>)	Panelis Kopi	Logika <i>Fuzzy</i>	
1	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda
2	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda
3	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda
4	<i>Banaran Café</i>	8	7.5	8.19	8.4	Tidak Berbeda
5	<i>Classic</i>	7.5	7	7.65	5	Berbeda
6	<i>Classic</i>	7.5	7	7.65	5	Berbeda
7	<i>Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda
8	Premium	7.5	7	7.65	5	Berbeda
9	<i>Banaran Café</i>	7.5	7	7.65	5	Berbeda
10	<i>Classic</i>	7.5	6.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
11	Lanang	7	7	7.44	5	Berbeda
12	<i>Banaran</i>	8	7.5	8.19	8.4	Tidak

13	<i>Café Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Berbeda Tidak Berbeda
14	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda
15	<i>Banaran Café</i>	8	7.5	8.19	8.4	Tidak Berbeda
16	<i>Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.62	Tidak Berbeda

Pengujian data dikatakan berbeda jika selisih antara logika *fuzzy* dan panelis kopi $0,51 \geq 1$, dan data dikatakan tidak berbeda jika selisih antara logika *fuzzy* dan panelis kopi $\leq 0,5$. Berdasarkan pengujian data 1 yang telah dilakukan dari 16 sampel data terdapat 5 sampel data yang berbeda dengan panelis, atau menghasilkan 68,75%. Presentase sistem *quality control* yang dihasilkan kurang dari target, sehingga dilakukan pengujian data ulang. Pengujian data ke 2 dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian 2 Logika *Fuzzy* Terhadap Panelis Kopi

Sampel	Jenis Kopi	Input		Output		Keterangan
		Tekstur (Kekentalan)	Rasa (<i>Bitter</i>)	Panelis Kopi	Logika <i>Fuzzy</i>	
1	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
2	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
3	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
4	<i>Banaran Café</i>	8	7.5	8.19	8.46	Tidak Berbeda
5	<i>Classic</i>	7.5	7	7.65	7.59	Tidak Berbeda

6	<i>Classic</i>	7.5	7	7.65	7.59	Tidak Berbeda
7	<i>Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
8	<i>Premium</i>	7.5	7	7.65	7.59	Tidak Berbeda
9	<i>Banaran Café</i>	7.5	7	7.65	7.59	Tidak Berbeda
10	<i>Classic</i>	7.5	6.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
11	<i>Lanang</i>	7	7	7.44	6	Berbeda
12	<i>Banaran Café</i>	8	7.5	8.19	8.46	Tidak Berbeda
13	<i>Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
14	<i>Banaran Café</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda
15	<i>Banaran Café</i>	8	7.5	8.19	8.46	Tidak Berbeda
16	<i>Classic</i>	7.5	7.5	7.78	7.44	Tidak Berbeda

Berdasarkan tabel 4.2 pengujian data antara logika *fuzzy* terhadap panelis kopi diketahui dari 16 sampel hanya ada 1 sampel yang berbeda atau 93,75%. Sistem *quality control* yang menghasilkan presentase sebesar 93,75% layak digunakan. Jika sistem *quality control* menghasilkan $> 90\%$ maka sistem tersebut layak digunakan, sedangkan jika sistem *quality control* menghasilkan $< 90\%$ maka sistem tersebut harus dilakukan pengujian data lagi.

4.2 Penilaian Mutu Kopi

Dalam uji citarasa ini, penilaian yang diberikan menggunakan kisaran angka 1-10. Dimana nilai 1 merupakan penilaian untuk intensitas paling sedikit dan nilai 10 adalah penilaian untuk intensitas paling banyak. Berdasarkan pengujian data yang telah dilakukan maka mutu akhir kopi dapat ditentukan dari interval output yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Mutu Akhir Kopi yang didapatkan dari Interval Output Panelis dan Logika Fuzzy

Sampel	Jenis Kopi	Output		Mutu Akhir Kopi	
		Panelis Kopi	Logika Fuzzy	Panelis Kopi	Logika Fuzzy
1	Banaran Café	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
2	Banaran Café	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
3	Banaran Café	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
4	Banaran Café	8.19	8.46	Mutu 1	Mutu 1
5	Classic	7.65	7.59	Mutu 2	Mutu 2
6	Classic	7.65	7.59	Mutu 2	Mutu 2
7	Classic	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
8	Premium	7.65	7.59	Mutu 2	Mutu 2
9	Banaran Café	7.65	7.59	Mutu 2	Mutu 2
10	Classic	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
11	Lanang	7.44	6	Mutu 2	Mutu 3
12	Banaran Café	8.19	8.46	Mutu 1	Mutu 1
13	Classic	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
14	Banaran Café	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2
15	Banaran Café	8.19	8.46	Mutu 1	Mutu 1
16	Classic	7.78	7.44	Mutu 2	Mutu 2

Terdapat perbedaan penentuan mutu akhir kopi panelis dengan logika fuzzy. Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan 1 jenis sampel mutu akhir kopi yang berbeda yaitu jenis kopi lanang (kopi biji tunggal). Berdasarkan aturan kriteria

yang telah dibuat, jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah mutu 2. Mutu akhir kopi yang ditetapkan oleh panelis yaitu mutu 2 sedangkan mutu akhir kopi berdasarkan logika *fuzzy* yaitu mutu 3. Perbedaan penilaian antara panelis dan logika *fuzzy* terletak pada penilaian *fragrance* dan aroma, karena keduanya merupakan faktor utama dalam penilaian uji citarasa dan juga lama waktu pemrosesan berpengaruh terhadap penurunan jenis produk kopi lanang tersebut. Penilaian mutu kopi bubuk di PTPN IX yang paling rendah yaitu mutu 4. Semakin besar penurunan kualitas biji kopi maka semakin besar pula faktor pencemarannya.

4.2.1 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy* output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

Nilai dari masing-masing sampel tersebut digunakan sebagai data masukan pada tahap defuzzifikasi untuk memperoleh nilai atau keluaran pada logika *fuzzy*. Defuzzifikasi metode mamdani ada 5 metode yaitu *Centroid*, *Bisector*, LOM (*Large of Maximum*), MOM (*Mean of Maximum*), SOM (*Small of Maximum*). Hasil dari masing-masing metode defuzzifikasi untuk penilaian panelis dan logika *fuzzy* dapat dilihat Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Hasil Defuzzifikasi Panelis Setiap Metode

Sampel	Jenis kopi	<i>Centroid</i>	<i>Bisector</i>	LOM	MOM	SOM
1	<i>Banaran Café</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
2	<i>Banaran Café</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
3	<i>Banaran Café</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7

4	<i>Banaran Café</i>	8.19	8.2	10	8.35	6.7
5	<i>Classic</i>	7.65	7.6	10	7.75	5.5
6	<i>Classic</i>	7.65	7.6	10	7.75	5.5
7	<i>Classic</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
8	Premium	7.65	7.6	10	7.75	5.5
9	<i>Banaran Café</i>	7.65	7.6	10	7.75	5.5
10	<i>Classic</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
11	Lanang	7.44	7.3	6.5	6	5.5
12	<i>Banaran Café</i>	8.19	8.2	10	8.35	6.7
13	<i>Classic</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
14	<i>Banaran Café</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7
15	<i>Banaran Café</i>	8.19	8.2	10	8.35	6.7
16	<i>Classic</i>	7.78	7.8	10	8.35	6.7

Tabel 4.5 Hasil Defuzzifikasi Logika *Fuzzy* Setiap Metode

Sampel	Jenis kopi	<i>Centroid</i>	<i>Bisector</i>	LOM	MOM	SOM
1	<i>Banaran Café</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
2	<i>Banaran Café</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
3	<i>Banaran Café</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
4	<i>Banaran Café</i>	8.46	8.5	10	8.65	7.3
5	<i>Classic</i>	7.59	7.6	10	7.67	5.3
6	<i>Classic</i>	7.59	7.6	10	7.67	5.3
7	<i>Classic</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
8	Premium	7.59	7.6	10	7.67	5.3
9	<i>Banaran Café</i>	7.59	7.6	10	7.67	5.3
10	<i>Classic</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
11	Lanang	6	6	6.7	6	5.3
12	<i>Banaran Café</i>	8.46	8.5	10	8.65	7.3
13	<i>Classic</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
14	<i>Banaran Café</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5
15	<i>Banaran Café</i>	8.46	8.5	10	8.65	7.3
16	<i>Classic</i>	7.44	7.3	6.5	6	5.5

Hasil selisih nilai dari setiap metode defuzzifikasi panelis dan logika *fuzzy* akan menunjukkan metode yang sesuai dengan penilaian panelis di PTPN IX. Penilaian mutu kopi pada logika *fuzzy* memiliki banyak toleransi atau kemungkinan, karena adanya pembentukan fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy*.

Cara yang digunakan untuk mengetahui metode yang terbaik dari setiap defuzzifikasi yaitu dengan metode MSE (*Mean Squared Error*). Perhitungan MSE dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

4.2.2 Perhitungan MSE (*Mean Squared Error*)

Keakuratan pengujian data dapat dilihat berdasarkan MSE yang diperoleh dari masing-masing metode. MSE merupakan metode untuk menganalisis atau mengukur kesalahan data. Metode MSE ini digunakan untuk mengetahui metode defuzzifikasi yang terbaik. Persamaan untuk mencari nilai MSE:

$$MSE = \frac{\sum ei^2}{n} = \frac{\sum(x_i - f_i)^2}{n}$$

Nilai yang diambil dari metode MSE yaitu nilai dengan selisih yang paling kecil. Hasil perhitungan MSE untuk jenis kopi *banaran coffe* dan *classic* dari masing-masing metode defuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Nilai MSE Untuk Jenis Kopi *Banaran Café*

Metode Defuzzifikasi	Nilai Panelis	Nilai Logika Fuzzy	Nilai MSE
<i>Centroid</i>	7.92	7.84	0.08
<i>Bisector</i>	7.93	7.79	0.14
LOM	10	8.25	1.75
MOM	8.28	7.2	1.08
SOM	6.55	6.15	0.4

Tabel 4.6 memperlihatkan bahwa nilai MSE dari jenis produk kopi *banaran cafe* yang diperoleh dari proses defuzzifikasi metode mamdani yaitu *centroid* dengan nilai MSE sebesar 0,08.

Selanjutnya dari jenis produk kopi *classic* dicari nilai MSE yang terkecil, sehingga akan diketahui sama atau tidak metode defuzzifikasinya. Nilai MSE untuk jenis kopi *classic* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai MSE Untuk Jenis Kopi *Classic*

Metode Defuzzifikasi	Nilai Panelis	Nilai Logika Fuzzy	Nilai MSE
<i>Centroid</i>	7.74	7.49	0.25
<i>Bisector</i>	7.73	7.4	0.33
LOM	10	7.67	2.33
MOM	8.15	6.56	1.59
SOM	6.3	5.43	0.87

Tabel 4.7 memperlihatkan bahwa nilai MSE dari jenis produk kopi *classic* yang diperoleh dari proses defuzzifikasi metode mamdani yaitu *centroid* dengan nilai MSE sebesar 0,25. Hasil perhitungan MSE dari tabel 4.6 dan tabel 4.7, selisih antara nilai logika *fuzzy* dan nilai panelis diperoleh bahwa metode terbaik dalam penelitian ini adalah metode *centroid*. Kedua jenis produk yaitu kopi *banaran cofe* dengan nilai MSE sebesar 0.08, sedangkan untuk produk kopi *classic* nilai MSE sebesar 0.25. Metode defuzzifikasi yang terbaik yaitu metode yang memberikan nilai MSE terkecil, jadi semakin kecil nilai MSE yang diperoleh semakin akurat hasil proses defuzzifikasi tersebut.

BAB 5

PENUTUP

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan pengujian data terhadap panelis dengan menggunakan metode Mamdani dalam logika *fuzzy*, dapat diambil simpulan bahwa :

1. Sistem *quality control* menggunakan *software fuzzy logic toolbox* matlab 7.8.0 dengan ketentuan kriteria sebesar lebih dari 90% telah selesai dibangun. Sistem tersebut berhasil dibuat untuk menentukan kualitas kopi dengan keakuratan sebesar 93,75%.
2. Nilai terkecil yang didapat menggunakan metode defuzzifikasi yaitu metode *centroid*. Selisih antara nilai logika *fuzzy* dan nilai panelis diperoleh nilai MSE sebesar 0,08 untuk produk kopi *banaran café* dan 0,25 untuk produk kopi *classic*. Semakin kecil nilai MSE maka semakin akurat hasil proses defuzzifikasi tersebut.

5.2 SARAN

Mengacu pada hasil akhir pengujian dan pembahasan, maka sistem *quality control* berbasis logika *fuzzy* untuk memprediksi kualitas kopi ini masih dapat dikembangkan lagi dengan menambah variabel dan himpunan *fuzzy* yang digunakan. Untuk menjaga konsistensi para panelis ahli dalam penilaian mutu sebaiknya diadakan penyamaan pandangan mengenai nilai mutu kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azahar, T. M., I., Ratnawati., Rasyidah, Shariffah Nur., Nadiah, Nur Atiqah. 2013. Fuzzy Logic Application for Odor Detection. *International Journal of Engineering & Technology*, 13(5): 1-4.
- Castro, Alfonso & Bernardino Arcay. 2009. *Fuzzy Logic Applied to Biomedical Image Analysis*. Spain : University of A Coruña.
- Faridah ., Gea O. F. Parikesit. dan Ferdiansjah. 2011. *Coffee Bean Grade Determination Based on Image Parameter*. *Telkomnika*, 9 (3): 547 – 554.
- Fauziah, Puspita. 2008. *Pengembangan Algoritma Logika Fuzzy Untuk Optimasi Daya Listrik Pada Suatu Ruangan*. Skripsi. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Handayani, Alfina. 2013. Penerapan Sistem Nilai Cacat Pada Komoditas Kopi Robusta. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 11 (2): 201-209.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Edisi Pertama, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Ma, Junfeng, & Gül E. Kremer. 2014. A Fuzzy Logic-Based Approach for Handling Uncertain EOL Options in Product Design Stage. *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*. USA : University Park.
- Maria, Putut Son & Muhammad Rivai. 2013, Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Dan *Fuzzy Logic*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Montenegro, Lenin Vera., Amparo Baviera Puig and José María García Álvarez-Coque. 2014. *Multi-Criteria Methodology: AHP And Fuzzy Logic In The Selection Of Post-Harvest Technology For Smallholder Cocoa Production*. International Food and Agribusiness Management Association (IFAMA). Spain.17(2): 107-124
- Najiyanti, Sri dan Danarti. 2004 . *Budidaya Tanaman Kopi dan Penanganan Pasca Panen*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Purwaningrum, Netika. 2007. *Aplikasi Fuzzy Logic Untuk Pengendali Penerangan Ruangan Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

- Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta. Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Rivasti, Rachma. 2009. *Penerapan Logika Fuzzy pada Penilaian Mutu Teh Hitam (Studi Kasus di PTPN XII Kebun Teh Kertowono, Lumajang)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Saelan, Athia. 2009. *Logika Fuzzy*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. .
- Samosir, Rianto. ,Iryan to., dan Rosman Sirega r. 2013. *Perbandingan Produksi Kopi Optimum Antara Metode Fuzzy – Mamdani Dengan Fuzzy – Sugeno Pada PT XYZ*. Mathematics Subject Classification, 1(6): 517-527.
- Santoso, Imam., Susinggih Wijana., dan Widya Hari Pratiwi. 2010. *Penerapan Logika Fuzzy pada Penilaian Mutu Susu Segar*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Siahaan, Ian Hardianto & Amelia S. 2008. *Setting Mesin Pengupasan Biji Kopi Untuk Kebutuhan Pengolahan Biji Kopi Di Daerah Perkebunan Agro Wisata Kebun Kopi Jawa Timur Berbasis Metode Fuzzy Logic*. Yogyakarta: Universitas Kristen Petra
- Solikin, Fajar. 2011. *Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimisasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani Dan Metode Sugeno*. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Soleh, Mukhamad. 2013. *Sistem Pakar Penentuan Selera Konsumen Terhadap Menu Kopi Dengan Metode Fuzzy Logic*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- SNI 01-2907-2008. *Biji Kopi (Coffee Bean)*. Badan Standarisasi Nasional. 2008.
- Wulandari, Yogawati. 2011. *Aplikasi Metode Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dengan Indeks Massa Tubuh (Imt) Menggunakan Logika Fuzzy*. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

Lampiran 1: Penentuan Kualitas Kopi

Ayakan Biji Kopi
Diameter 6.5 mm



Ayakan Biji Kopi
Diameter 5.5 mm



Pengecek Kadar Air



Pengayakan Biji Kopi Ukuran
Sedang



Jenis Cacat Biji Kopi
Berlubang Satu



Biji Kopi Bertutul-Tutul



Cuping Tes

Lampiran 2 : Variabel Fuzzy dan Himpunan Fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Bentuk Biji	Biji Tidak Ada Lubang	1-11
		Biji Berlubang 1	11-44
		Biji Berlubang > 1	44-80
	Ukuran Biji	Besar	7-7,5
		Sedang	6,5-7
		Kecil	3,5-6,5
	Ukuran Partikel	Besar	1,5-2
		Sedang	1-1,5
		Kecil	0,8-1
Output	Tekstur (Kekentalan)	Sangat Kental	7-10
		Kental	6-8
		Agak Kental	4-6
		Kurang Kental	3-5
		Tidak Kental	0-4
Input	Warna Partikel	Gelap	15-20
		Agak Gelap	10-15
		Kecoklatan	8-10
	<i>Fragrance</i>	Menyengat	7-10
		Manis	5-7
		Lemah	3-5
	Aroma Seduhan	Menyengat	7-10
		Manis	5-7
		Lemah	3-5
Output	Rasa(<i>Bitter</i>)	Sangat Pahit	7-10
		Pahit	5-7
		Agak Pahit	4-6
		Kurang Pahit	3-5
		Tidak Pahit	0-4
Input	Tekstur (Kekentalan)	Sangat Kental	7-10
		Kental	6-8
		Agak Kental	4-6
		Kurang Kental	3-5
		Tidak Kental	0-4
	Rasa(<i>Bitter</i>)	Sangat Pahit	7-10
		Pahit	5-7
		Agak Pahit	4-6
		Kurang Pahit	3-5
Output	Mutu	Tidak Pahit	0-4
		Mutu 1	7-10
		Mutu 2	5-8
		Mutu 3	4-6
		Mutu 4	3-5

Lampiran 3 : Aturan *Fuzzy***Aturan kriteria untuk Tekstur (Kekentalan)**

Penentuan batas atas dan batas bawah pada variabel mutu ini berdasarkan pada penilaian mutu akhir kopi. Jumlah aturan tekstur yaitu sebanyak $3 \times 3 \times 3 = 27$ aturan sebagai berikut :

[R1]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah kental.

[R2]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah sangat kental.

[R3]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah sangat kental.

[R4]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah kental.

[R5]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah kental.

[R6]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah sangat kental.

[R7]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R8]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R9]: jika bentuk biji adalah biji tidak ada lubang dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R10]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R11]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah kental.

[R12]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah kental.

[R13]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R14]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R15]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah agak kental.

[R16]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah tidak kental.

[R17]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R18]: jika bentuk biji adalah biji berlubang 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R19]: jika bentuk biji adalah biji berlubang >1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah tidak kental.

[R20]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R21]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah besar dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R22]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah tidak kental.

[R23]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R24]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah sedang dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

[R25]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah kasar maka tekstur (kekentalan) adalah tidak kental.

[R26]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah sedang maka tekstur (kekentalan) adalah tidak kental.

[R27]: jika bentuk biji adalah biji berlubang > 1 dan ukuran biji adalah kecil dan ukuran partikel adalah halus maka tekstur (kekentalan) adalah kurang kental.

Aturan Kriteria untuk Rasa (*Bitter*)

Penentuan batas atas dan batas bawah pada variabel mutu ini berdasarkan pada penilaian mutu akhir kopi. Jumlah aturan Rasa yaitu sebanyak $3 \times 3 \times 3 = 27$ aturan sebagai berikut :

[R1]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aromaseduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah sangat pahit.

[R2]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah sangat pahit.

[R3]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah pahit.

[R4]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah sangat pahit.

[R5]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah pahit.

[R6]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah agak pahit.

[R7]: jika warna partikel adalah gelap dan *fragrance* adalah lemah dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah pahit.

[R8]: Jika Warna Partikel adalah Gelap dan *Fragrance* adalah Lemah dan Aroma Seduhan adalah Manis maka Rasa (*Bitter*) adalah Agak Pahit.

- [R9]: Jika Warna Partikel adalah Gelap dan *Fragrance* adalah Lemah dan Aroma Seduhan adalah Lemah maka Rasa (*Bitter*) adalah Agak Pahit.
- [R10]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah pahit.
- [R11]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah pahit.
- [R12]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah kurang pahit.
- [R13]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah pahit.
- [R14]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah pahit.
- [R15]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah agak pahit.
- [R16]: jika warna partikel adalah agak gelap dan *fragrance* adalah lemah dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah kurang pahit.
- [R17]: Jika Warna Partikel adalah Agak gelap dan *Fragrance* adalah Lemah dan Aroma Seduhan adalah Manis maka Rasa (*Bitter*) adalah Agak Pahit.
- [R18]: Jika Warna Partikel adalah Agak gelap dan *Fragrance* adalah Lemah dan Aroma Seduhan adalah Lemah maka Rasa (*Bitter*) adalah Kurang Pahit.
- [R19]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah agak pahit.

[R20]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah agak pahit.

[R21]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah menyengat dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah kurang pahit.

[R22]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah agak pahit.

[R23]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah kurang pahit.

[R24]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah manis dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah tidak pahit.

[R25]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah lemah dan aroma seduhan adalah menyengat maka rasa (*bitter*) adalah kurang pahit.

[R26]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah lemah dan aroma seduhan adalah manis maka rasa (*bitter*) adalah tidak pahit.

[R27]: jika warna partikel adalah kecoklatan dan *fragrance* adalah lemah dan aroma seduhan adalah lemah maka rasa (*bitter*) adalah tidak pahit.

Aturan Kriteria untuk Mutu Akhir Kopi

Penentuan batas atas dan batas bawah pada variabel mutu ini berdasarkan pada penilaian mutu akhir kopi. Jumlah aturan Mutu akhir yaitu sebanyak $5 \times 5 = 25$ aturan sebagai berikut :

[R1]: jika tekstur (kekentalan) adalah sangat kental dan rasa (*bitter*) adalah sangat pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 1**.

[R2]: jika tekstur (kekentalan) adalah sangat kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 1**.

[R3]: jika tekstur (kekentalan) adalah sangat kental dan rasa (*bitter*) adalah agak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 2**.

[R4]: jika tekstur (kekentalan) adalah sangat kental dan rasa (*bitter*) adalah kurang pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R5]: jika tekstur (kekentalan) adalah sangat kental dan rasa (*bitter*) adalah tidak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R6]: jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 2**.

[R7]: jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah agak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R8]: jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah kurang pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R9]: jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah tidak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R10]: jika tekstur (kekentalan) adalah kental dan rasa (*bitter*) adalah sangat pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 1**.

[R11]: jika tekstur (kekentalan) adalah agak kental dan rasa (*bitter*) adalah agak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R12]: jika tekstur (kekentalan) adalah agak kental dan rasa (*bitter*) adalah kurang pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R13]: jika tekstur (kekentalan) adalah agak kental dan rasa (*bitter*) adalah tidak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R14]: jika tekstur (kekentalan) adalah agak kental dan rasa (*bitter*) adalah sangat pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 2**.

[R15]: jika tekstur (kekentalan) adalah agak kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R16]: jika tekstur (kekentalan) adalah kurang kental dan rasa (*bitter*) adalah kurang pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R17]: jika tekstur (kekentalan) adalah kurang kental dan rasa (*bitter*) adalah tidak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 5**.

[R18]: jika tekstur (kekentalan) adalah kurang kental dan rasa (*bitter*) adalah sangat pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 3**.

[R19]: jika tekstur (kekentalan) adalah kurang kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R20]: jika tekstur (kekentalan) adalah kurang kental dan rasa (*bitter*) adalah agak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R21]: jika tekstur (kekentalan) adalah tidak kental dan rasa (*bitter*) adalah tidak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 5**.

[R22]: jika tekstur (kekentalan) adalah tidak kental dan rasa (*bitter*) adalah sangat pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R23]: jika tekstur (kekentalan) adalah tidak kental dan rasa (*bitter*) adalah pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 4**.

[R24]: jika tekstur (kekentalan) adalah tidak kental dan rasa (*bitter*) adalah agak pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 5**.

[R25]: jika tekstur (kekentalan) adalah tidak kental dan rasa (*bitter*) adalah kurang pahit maka mutu akhir kopi adalah **mutu 5**.

Lampiran 4 : Perhitungan Defuzzifikasi Secara Manual

Perhitungan defuzzifikasi diambil dari salah satu Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian 1 Logika *Fuzzy* Terhadap Panelis Kopi. Dengan produk kopi *banaran café* tekstur 7,5 dan rasa 7,5 (pada sampel 1).

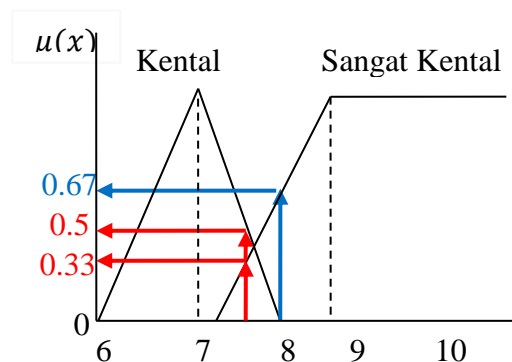
a. Aplikasi fungsi implikasi

• Tekstur (kekentalan)

Tekstur terkecil adalah 6

Tekstur tertinggi adalah 10

Tekstur permasalahan 7.5



Gambar 5.8 Fungsi Implikasi Tekstur (Kekentalan)

$$\mu_{\text{tekstur kental}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 6 \\ \frac{x-6}{7-6} & 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{8-x}{8-7} & 7 \leq x \leq 8 \\ 0 & x \geq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tekstur sangat kental}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{8.5-7} & 7 \leq x \leq 8.5 \\ 1 & x \geq 8.5 \end{cases}$$

Mencari nilai keanggotaan:

$$\mu_{\text{tekstur sangat kental}}[7.5] = \frac{7.5 - 7}{8.5 - 7} = \frac{0.5}{1.5} = 0.33$$

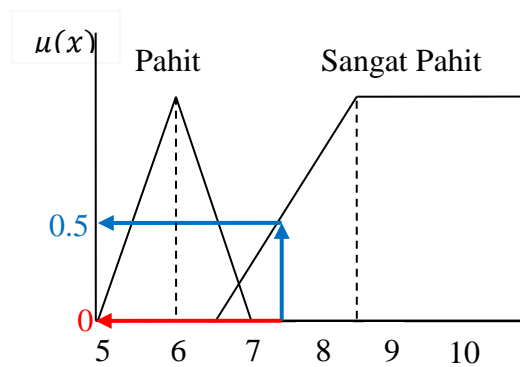
$$\mu_{\text{tekstur kental}}[7.5] = \frac{8 - 7.5}{8 - 7} = \frac{0.5}{1} = 0.5$$

- Rasa (*bitter*)

Tekstur terkecil adalah 5

Tekstur tertinggi adalah 10

Tekstur permasalahan 7.5



Gambar 5.8 Fungsi Implikasi Rasa (*bitter*)

$$\mu_{\text{rasa pahit}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 5 \\ \frac{x - 5}{6 - 5} & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{7 - x}{7 - 6} & 6 \leq x \leq 7 \\ 0 & x \geq 7 \end{cases}$$

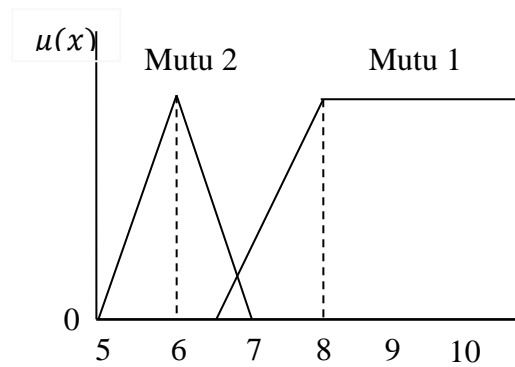
$$\mu_{\text{rasa sangat pahit}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 6.5 \\ \frac{x - 6.5}{8.5 - 6.5} & 6.5 \leq x \leq 8.5 \\ 1 & x \geq 8.5 \end{cases}$$

Mencari nilai keanggotaan:

$$\mu_{\text{rasa sangat pahit}}[7.5] = \frac{7.5 - 6.5}{8.5 - 6.5} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\mu_{\text{rasa pahit}}[7] = \frac{7 - 7}{7 - 6} = \frac{0}{1} = 0$$

- Mutu Akhir Kopi



Gambar 6. Fungsi Implikasi Mutu Akhir Kopi

$$\mu_{mutu\ 2}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 5 \\ \frac{x - 6.5}{8 - 6.5} & 6.5 \leq x \leq 8.5 \\ 1 & x \geq 8 \end{cases}$$

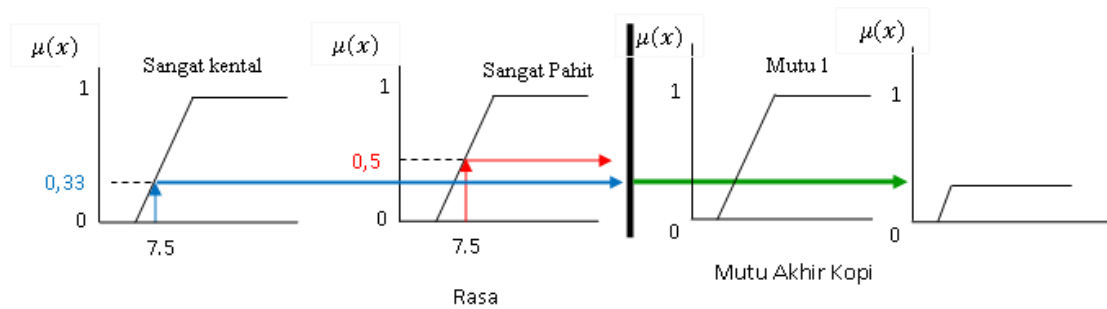
$$\mu_{mutu\ 1}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 5 \\ \frac{x - 5}{6 - 5} & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{7 - x}{7 - 6} & 6 \leq x \leq 7 \end{cases}$$

b. Aplikasi fungsi implikasi

[R1] Jika tekstur (kekentalan) sangat kental dan Rasa (*bitter*) Maka mutu akhir

kopi adalah Mutu 1

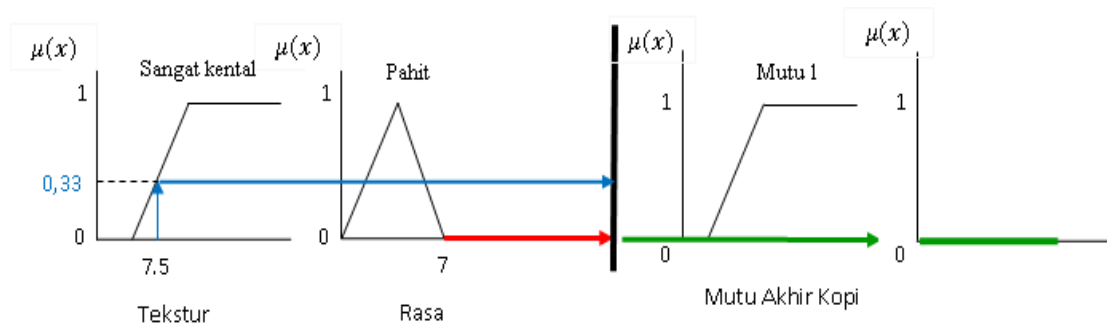
$$\begin{aligned} \alpha - predikat_1 &= \mu_{tekstur\ SANGAT\ KENTAL} \cap \mu_{rasa\ SANGAT\ PAHIT} \\ &= \min(\mu_{tekstur\ SANGAT\ KENTAL}[7.5], \mu_{rasa\ SANGAT\ PAHIT}[7.5]) \\ &= \min(0.33 ; 0.5) \\ &= 0.33 \end{aligned}$$



Gambar 6.1 Aplikasi Fungsi Implikasi Untuk R1.

[R2] Jika tekstur (kekentalan) sangat kental dan Rasa (*bitter*) pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 1

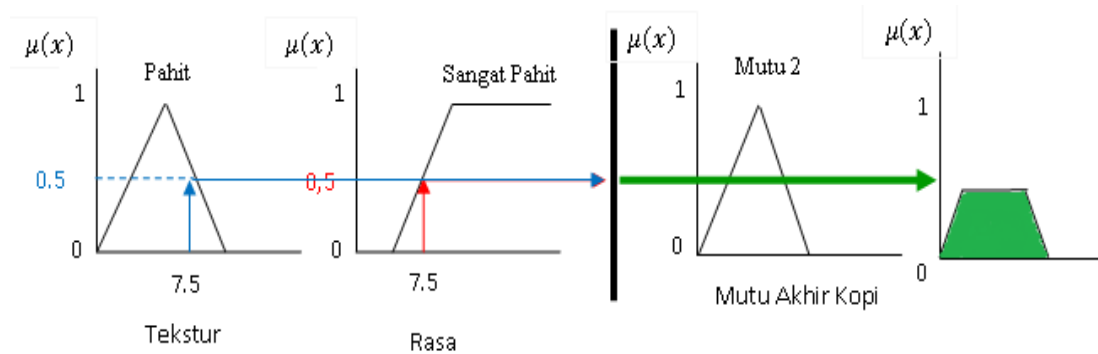
$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{tekstur SANGAT KENTAL}} \cap \mu_{\text{rasa PAHIT}} \\
 &= \min(\mu_{\text{tekstur SANGAT KENTAL}}[7.5], \mu_{\text{rasa PAHIT}}[7]) \\
 &= \min(0.33; 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 6.2 Aplikasi Fungsi Implikasi Untuk R2.

[R3] Jika tekstur (kekentalan) kental dan Rasa (*bitter*) sangat pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 2

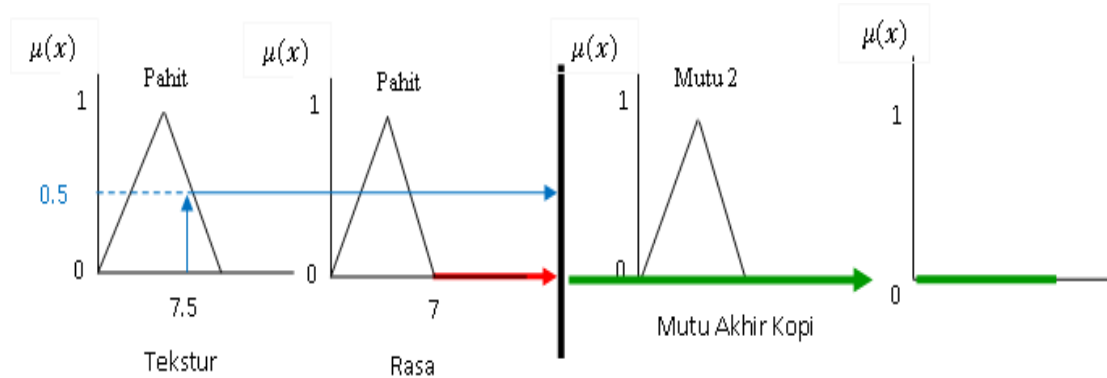
$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_3 &= \mu_{\text{tekstur KENTAL}} \cap \mu_{\text{rasa SANGAT PAHIT}} \\
 &= \min(\mu_{\text{tekstur KENTAL}}[7.5], \mu_{\text{rasa SANGAT PAHIT}}[7.5]) \\
 &= \min(0.5 ; 0.5) \\
 &= 0.5
 \end{aligned}$$



Gambar 6.3 Aplikasi Fungsi Implikasi Untuk R3.

[R4] Jika tekstur (kekentalan) kental dan Rasa (*bitter*) pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 2

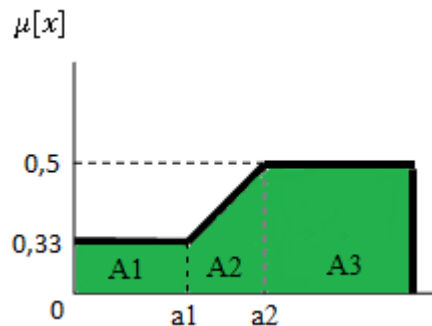
$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_4 &= \mu_{\text{tekstur KENTAL}} \cap \mu_{\text{rasa PAHIT}} \\
 &= \min(\mu_{\text{tekstur KENTAL}}[7.5], \mu_{\text{rasa PAHIT}}[7]) \\
 &= \min(0.5; 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 6.4 Aplikasi Fungsi Implikasi Untuk R4.

c. Komposisi Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan.



Gambar 6.5 Daerah Hasil Komposisi.

Pada Gambar 6.5 tersebut, daerah hasil kita bagi menjadi 3 bagian, yaitu A1, A2, dan A3. Sekarang kita cari nilai a_1 dan a_2 .

$$\frac{(a_1 - 6.5)}{1.5} = 0 \quad \text{--->} \quad a_1 = 6.5$$

$$\frac{(a_2 - 6.5)}{1.5} = 0.6 \quad \text{--->} \quad a_2 = 7.25$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah:

$$\mu[z] = \begin{cases} 0 & z \leq 6.5 \\ \frac{z - 6.5}{8 - 6.5} & 6.5 \leq x \leq 7.25 \\ 0.5 & z \geq 7.25 \end{cases}$$

d. Penegasan (defuzzy)

Metode penegasan yang akan kita gunakan adalah metode centroid. Untuk itu, kita hitung dulu momen untuk setiap daerah.

a. Centroid

$$M1 = \int_0^{6.5} 0 \cdot z \, dz = 0$$

$$\begin{aligned}
 M2 &= \int_{6.5}^{7.25} \frac{(z - 6.5)}{8 - 6.5} z dz = 0.33(0.67z^3 - 6.5 z^2) \Big|_{6.5}^{7.25} \\
 &= 0.33 (255.32 - 341.66) - 0.33(184 - 274.63) \\
 &= -28,5 - (-29.9) \\
 &= 1,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= \int_{7.25}^8 0,5 z dz = 0.25 z^2 \Big|_{7.25}^8 = 0,25 \cdot 8^2 - 0,25 \cdot 7,25^2 \\
 &= 16 - 13,14 \\
 &= 2,9
 \end{aligned}$$

$$A1 = 6.5 \times 0 = 0$$

$$A2 = (0 + 0,5) \times \frac{(7,25 - 6,25)}{2} = 0,18$$

$$A3 = (8 - 7,25) \times 0,5 = 0,4$$

$$Z = \frac{0 + 1,4 + 2,9}{0 + 0,18 + 0,4} = \frac{4,3}{0,58} = 7,41$$

Rule	$\mu[Z]$	[Z]
[R1]	0,33	7
[R2]	0	6,5
[R3]	0,5	5,5
[R4]	0	5

[R1] Jika tekstur (kekentalan) sangat kental dan Rasa (*bitter*) Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 1

$$\frac{(z - 6.5)}{8 - 6.5} = 0,33 \text{ ---> } z_1 = 7$$

[R2] Jika tekstur (kekentalan) sangat kental dan Rasa (*bitter*) pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 1

$$\frac{(z - 6.5)}{8 - 6.5} = 0 \text{ ---} \rightarrow z_2 = 6.5$$

[R3] Jika tekstur (kekentalan) kental dan Rasa (*bitter*) sangat pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 2

$$\frac{(z - 5)}{6 - 5} = 0,5 \text{ ---} \rightarrow z_3 = 5.5$$

[R4] Jika tekstur (kekentalan) kental dan Rasa (*bitter*) pahit Maka mutu akhir kopi adalah Mutu 2

$$\frac{(z - 5)}{6 - 5} = 0 \text{ ---} \rightarrow z_4 = 5$$

b. *Bisector*

Membagi 2 area dari derajat keanggotaan yang diperoleh yaitu dengan cara mengambil nilai z lebih besar .

Rule	$\mu[z]$	[Z]
[R1]	0,33	7
[R2]	0	6,5
[R3]	0,5	5,5
[R4]	0	5

Jumlah $\mu[z] = 1$

Jumlah $\frac{\mu[z]}{2} = 0,85$

$\mu[z] \Rightarrow 0,4 \Rightarrow 7$



Pengujian dengan metode Biseksi, hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode Biseksi adalah = **7,3**

c. LOM (*Largest Of Maximum Method*)

Mengambil nilai z terbesar dari nilai derajat keanggotaan $\mu[z]$ yang maksimal

Rule	$\mu[z]$	[Z]
[R1]	0,33	7
[R2]	0	6,5
[R3]	0,5	5,5
[R4]	0	5

nilai LOM $\mu[z] \Rightarrow 0,5 \Rightarrow 7$



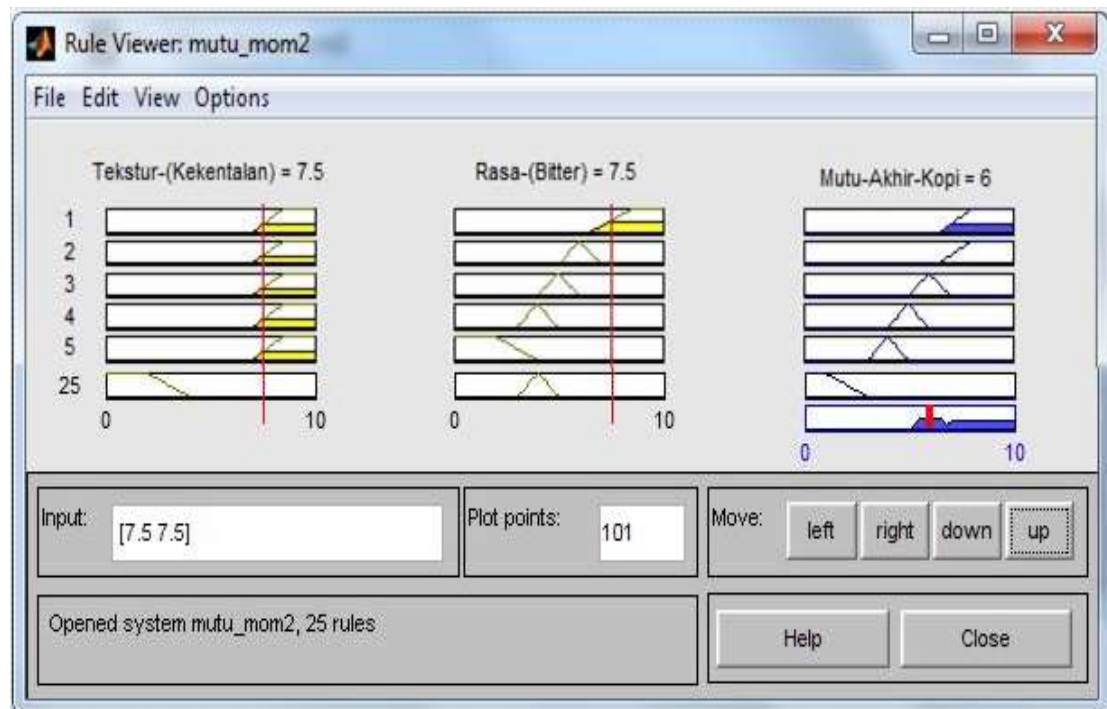
Pengujian dengan metode LOM, hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode LOM adalah = **6.5**

d. MOM (*Mean Of Maximum Method*)

Mengambil nilai z rata-rata dari nilai derajat keanggotaan $\mu[z]$ yang maksimal

Rule	$\mu[z]$	[Z]
[R1]	0,5	7,25
[R2]	0	6,5
[R3]	0,5	5,5
[R4]	0	5

$$\text{nilai MOM } \mu[z] \Rightarrow \frac{(7 + 5,5)}{2} = 6,3$$



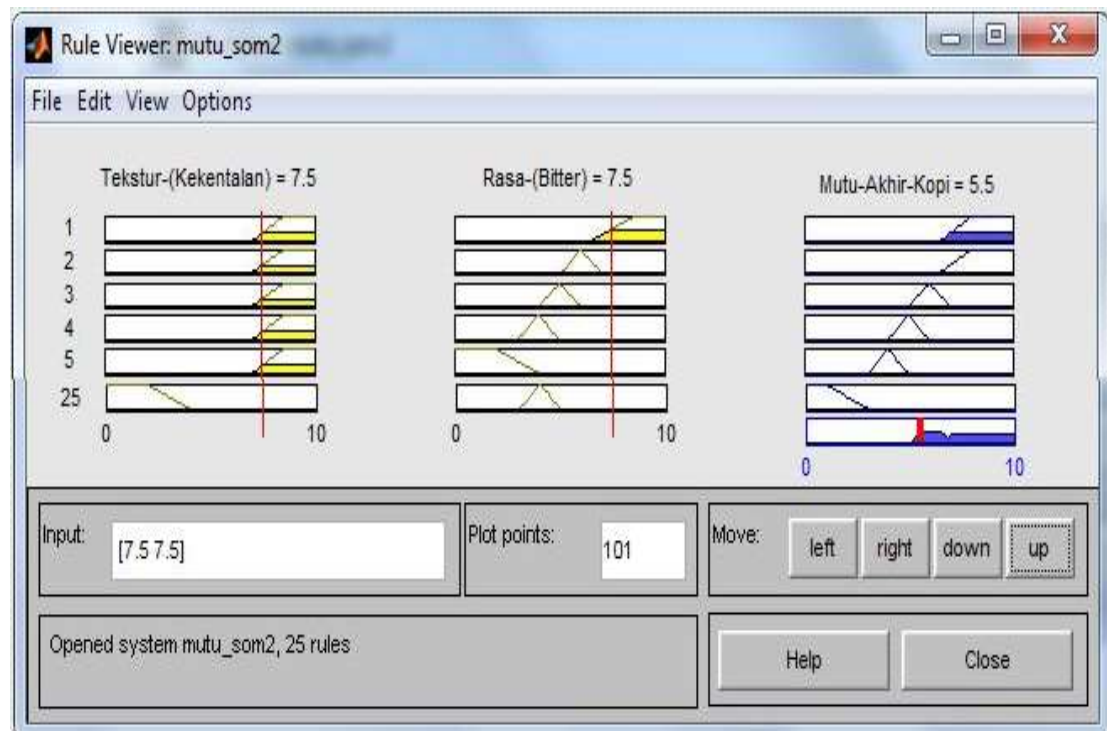
Pengujian dengan metode MOM, hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode MOM adalah = 6

e. SOM (*Smallest Of Maximum Method*)

Mengambil nilai z terkecil dari nilai derajat keanggotaan $\mu[z]$ yang maksimal

Rule	$\mu[z]$	[Z]
[R1]	0,33	7
[R2]	0	6,5
[R3]	0,5	5,5
[R4]	0	5

nilai SOM $\mu[z] \Rightarrow 0,5 \Rightarrow 5,5$



Pengujian dengan metode SOM, hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode SOM adalah = **5.5**

Lampiran 5 : Perhitungan Nilai Mean Squared Error (MSE)

Data Perhitungan Mutu Kopi Panelis MSE *Banaran Cofe*

Sampel	Centroid	Bisektor	LOM	MOM	SOM
1	7.78	7.8	10	8.35	6.7
2	7.78	7.8	10	8.35	6.7
3	7.78	7.8	10	8.35	6.7
4	8.19	8.2	10	8.35	6.7
5	7.65	7.6	10	7.75	5.5
6	8.19	8.2	10	8.35	6.7
7	7.78	7.8	10	8.35	6.7
8	8.19	8.2	10	8.35	6.7

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata (centroid)} &= \frac{7,78 + 7,78 + 7,78 + 8,19 + 7,65 + 8,19 + 7,78 + 8,19}{8} \\
 &= 7,92
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata (Bisector)} &= \frac{7,8 + 7,8 + 7,8 + 8,2 + 7,6 + 8,2 + 7,8 + 8,2}{8} \\
 &= 7,93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata (LOM)} &= \frac{10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10}{8} = 10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata (MOM)} &= \frac{8,35 + 8,35 + 8,35 + 8,35 + 7,75 + 8,35 + 8,35 + 8,35}{8} \\
 &= 8,28
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata (SOM)} &= \frac{6,7 + 6,7 + 6,7 + 6,7 + 5,5 + 6,7 + 6,7 + 6,7}{8} = 5,55
 \end{aligned}$$

Data Perhitungan Mutu Logika Fuzzy MSE *Banaran Cofe*

Sampel	Centroid	Bisektor	LOM	MOM	SOM
1	7.44	7.3	6.5	6	5.5
2	7.44	7.3	6.5	6	5.5
3	7.44	7.3	6.5	6	5.5
4	8.46	8.5	10	8.65	7.3
5	7.59	7.6	10	7.67	5.3
6	8.46	8.5	10	8.65	7.3
7	7.44	7.3	6.5	6	5.5
8	8.46	8.5	10	8.65	7.3

$$\begin{aligned} \text{rata - rata (centroid)} &= \frac{7,44 + 7,44 + 7,44 + 8,46 + 7,59 + 8,46 + 7,44 + 8,46}{8} \\ &= 7,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{rata - rata (Bisector)} &= \frac{7,3 + 7,3 + 7,3 + 8,5 + 7,6 + 8,5 + 7,3 + 8,5}{8} \\ &= 7,79 \end{aligned}$$

$$\text{rata - rata (LOM)} = \frac{6,5 + 6,5 + 6,5 + 10 + 10 + 10 + 6,5 + 10}{8} = 8,25$$

$$\text{rata - rata (MOM)} = \frac{6 + 6 + 6 + 8,65 + 7,67 + 8,65 + 6 + 8,65}{8} = 7,2$$

$$\text{rata - rata (SOM)} = \frac{5,5 + 5,5 + 5,5 + 7,3 + 5,3 + 7,3 + 5,5 + 7,3}{8} = 6,15$$

Data Perhitungan Mutu Kopi Panelis MSE *Classic*

Sampel	Centroid	Bisektor	LOM	MOM	SOM
1	7.65	7.6	10	7.75	5.5
2	7.65	7.6	10	7.75	5.5
3	7.78	7.8	10	8.35	6.7
4	7.78	7.8	10	8.35	6.7
5	7.78	7.8	10	8.35	6.7
6	7.78	7.8	10	8.35	6.7

$$\text{rata - rata (centroid)} = \frac{7,65 + 7,65 + 7,78 + 7,78 + 7,78 + 7,78}{8} = 7,74$$

$$\text{rata - rata (Bisector)} = \frac{7,6 + 7,6 + 7,8 + 7,8 + 7,8 + 7,8}{8} = 7,73$$

$$\text{rata - rata (LOM)} = \frac{10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10}{8} = 10$$

$$\text{rata - rata (MOM)} = \frac{7,75 + 7,75 + 8,35 + 8,35 + 8,35 + 8,35}{8} = 8,15$$

$$\text{rata - rata (SOM)} = \frac{5,5 + 5,5 + 6,7 + 6,7 + 6,7 + 6,7}{8} = 6,3$$

Data Perhitungan Mutu Logika Fuzzy MSE *Classic*

Sampel	Centroid	Bisektor	LOM	MOM	SOM
1	7.59	7.6	10	7.67	5.3
2	7.59	7.6	10	7.67	5.3
3	7.44	7.3	6.5	6	5.5
4	7.44	7.3	6.5	6	5.5
5	7.44	7.3	6.5	6	5.5
6	7.44	7.3	6.5	6	5.5

$$\text{rata - rata (centroid)} = \frac{7,59 + 7,59 + 7,44 + 7,44 + 7,44 + 7,44}{8} = 7,49$$

$$\text{rata - rata (Bisector)} = \frac{7,6 + 7,6 + 7,3 + 7,3 + 7,3 + 7,3}{8} = 7,4$$

$$\text{rata - rata (LOM)} = \frac{10 + 10 + 6,5 + 6,5 + 6,5 + 6,5}{8} = 7,67$$

$$\text{rata - rata (MOM)} = \frac{7,67 + 7,67 + 6 + 6 + 6 + 6}{8} = 6,56$$

$$\text{rata - rata (SOM)} = \frac{5,3 + 5,3 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5}{8} = 6,3$$