

PROTOTYPE LOGIKA FUZZY INFERENCE SYSTEM PENENTUAN STATUS GIZI BERDASARKAN INDEKS MASSA TUBUH (IMH) MENGGUNAKAN METODE MAMDANI

Pareza Alam Jusia

*STIKOM Dinamika Bangsa, Program Studi Sistem Informasi, Jambi
Jl. Jendral Sudirman Thehok – Jambi Telp 0741-35095
email : parezaalam@gmail.com*

Abstrak

Secara teori sudah ada rumus untuk menghitung nilai gizi dan penentuan status gizi berdasarkan IMT. Namun standar penentuan status gizi menggunakan logika tegas sangat kaku, karena dengan adanya perubahan yang kecil saja terhadap nilai mengakibatkan perbedaan kategori. Dalam logika fuzzy tidaklah demikian. Logika fuzzy akan memberikan toleransi terhadap nilai gizi, sehingga perubahan yang kecil tidak akan mengakibatkan perbedaan kategori yang signifikan, hanya akan mempengaruhi tingkat keanggotaan pada variabel nilai gizinya. Dalam penentuan status gizi dengan IMT yang menggunakan logika fuzzy, digunakan tiga variabel fuzzy yaitu variabel berat dan tinggi badan sebagai variabel input, serta variabel nilai gizi sebagai variabel output. Dalam penelitian ini digunakan metode Mamdani untuk menentukan status gizi. Dengan metode Mamdani digunakan empat langkah untuk mendapatkan output. Langkah pertama yaitu menentukan himpunan fuzzy dari masing – masing variabel input dan output. Langkah yang kedua yaitu aplikasi fungsi implikasi dengan fungsi MIN. Langkah yang ketiga yaitu komposisi aturan dengan fungsi MAX. Langkah yang keempat yaitu mengubah output dari bilangan fuzzy ke bilangan tegas atau defuzzifikasi, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Nilai gizi yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan interval keanggotaan himpunan fuzzy pada variabel nilai gizi sehingga didapatkan status gizi. Ada perbedaan nilai gizi dan status gizi antara penggunaan logika fuzzy dengan logika tegas berdasarkan IMT. Penggunaan logika fuzzy memungkinkan nilai gizi termasuk ke dalam dua kategori. Sehingga untuk menentukan status gizinya, yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan tertinggi dari nilai gizi tersebut. Perbedaan nilai gizi dan status gizi antara penggunaan logika fuzzy dengan logika tegas berdasarkan IMT terjadi karena input yang digunakan dalam logika tegas adalah bilangan tegas. Sedangkan dalam logika fuzzy, variabel input adalah berupa interval. Penentuan status gizi menggunakan logika fuzzy akan memberikan proses yang lebih halus dari pada menggunakan logika tegas.

Kata Kunci : IMH, Fuzzy Logic, mamdani, status gizi, masa tubuh

1. Pendahuluan

Pembangunan Sumber Daya Manusia (SDM) merupakan salah satu prioritas pembangunan nasional untuk mempersiapkan dan meningkatkan kualitas penduduk usia kerja agar benar-benar memperoleh kesempatan, serta turut berperan dalam mewujudkannya. Untuk mewujudkan kualitas Sumber Daya Manusia yang tinggi, salah satu cara adalah dengan pembangunan di bidang kesehatan dan gizi. Kurang gizi maupun gizi lebih disebabkan karena tidak adanya keseimbangan antara asupan zat gizi dengan kebutuhan zat gizi dalam tubuh. Hal ini tidak terlepas dari makanan yang dikonsumsi setiap harinya. Masalah kekurangan dan kelebihan gizi pada orang dewasa (usia 18 tahun keatas) merupakan masalah penting, karena selain mempunyai risiko penyakit – penyakit tertentu, juga dapat mempengaruhi produktifitas kerja. Oleh karena itu, pemantauan keadaan tersebut perlu dilakukan secara berkesinambungan. Salah satu cara adalah dengan mempertahankan berat badan yang ideal atau normal. IMT merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan. Prediktor yang digunakan dalam penentuan status gizi menggunakan parameter IMT adalah berat badan dan tinggi badan. Dalam penentuan status gizi dengan parameter Indeks Massa Tubuh (IMT) menggunakan logika fuzzy, variabel input dibagi menjadi dua yaitu variabel berat dan tinggi badan. Serta satu variabel output, yaitu variabel nilai gizi. Variabel nilai gizi ini dibentuk berdasarkan klasifikasi indeks massa tubuh (IMT). Variabel berat badan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu ringan, normal, dan berat. Begitu juga dalam variabel tinggi badan dibagi menjadi tiga

kategori, yaitu rendah, normal, dan tinggi. Sedangkan variabel nilai gizi dibedakan menjadi lima kategori, yaitu: kurus tingkat berat, kurus tingkat ringan, normal, gemuk tingkat ringan, dan gemuk tingkat berat. Logika fuzzy merupakan logika yang mempunyai konsep kebenaran sebagian, dimana logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Sedangkan logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat di ekspresikan dalam nilai kebenaran 0 atau 1. Secara teori sudah ada cara untuk menghitung nilai gizi dan menentukan status gizi berdasarkan IMT, namun perhitungan dan penentuan status gizi tersebut menggunakan himpunan crisp (tegas). Pada himpunan tegas, suatu nilai mempunyai tingkat keanggotaan satu jika nilai tersebut merupakan anggota dalam himpunan dan nol jika nilai tersebut tidak menjadi anggota himpunan. Hal ini sangat kaku, karena dengan adanya perubahan yang kecil saja terhadap nilai mengakibatkan perbedaan kategori. Himpunan fuzzy digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut, karena dapat memberikan toleransi terhadap nilai sehingga dengan adanya perubahan sedikit pada nilai tidak akan memberikan perbedaan yang signifikan. Metode yang digunakan dalam pengaplikasian logika fuzzy dalam penentuan gizi adalah metode Mamdani. Sistem inferensi fuzzy Metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode Min-Max, yaitu dengan mencari nilai minimum dari setiap aturan dan nilai maksimum dari gabungan konsekuensi setiap aturan tersebut. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Metode Mamdani cocok digunakan apabila input diterima dari manusia bukan mesin.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem *control* 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 *control*. Logika *fuzzy* memiliki nilai keaburan atau kesamaran antara benar dan salah. Dalam teori logika *fuzzy*, sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimiliki. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, Baik atau Buruk, dan lain-lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi dalam logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. ^[Sutojo 2011]

Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekpresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar atau sejauh mana nilai itu salah, tidak seperti logika klasik *crisp* / tegas, suatu nilai hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika *fuzzy* menyatakan bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang ada pada dunia nyata. Tidak seperti logika *boolean*, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang kontinyu. Tingkat *fuzzy* dinyatakan dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran. Oleh sebab itu dinyatakan bahwa sebuah kondisi bisa bernilai sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. ^[Zadeh 1972]

2.2 Metode Mamdani

Metode mamdani sering juga dikenal dengan nama metode *max-min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan yaitu : Pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan penegasan (defuzzifikasi). Ada beberapa metode defuzzifikasi 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:

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

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

b. Metode *Bisektor*

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:

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{y_1}^p \mu(z) dz = \int_p^{y_n} \mu(z) dz$$

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 *Smallest of Maximum* (SOM)

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

2.3 Status Gizi

Status gizi adalah suatu ukuran mengenai kondisi tubuh seseorang yang dapat dilihat dari makanan yang dikonsumsi dan penggunaan zat-zat gizi di dalam tubuh. Status gizi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu status gizi kurang, gizi normal, dan gizi lebih (Almatsier, 2005). Menurut Supriasa (2001 : 18 - 21), macam-macam penilaian status gizi dibagi menjadi dua yaitu penilaian status gizi secara langsung dan tidak langsung.

1. Penilaian status gizi secara langsung

Penilaian status gizi secara langsung dapat dibagi menjadi empat penilaian yaitu antropometri, klinis, biokimia dan biofisik.

a. Antropometri

Metode antropometri yaitu menentukan status gizi dengan menggunakan ukuran tubuh. Pengukuran antropometri merupakan cara yang paling mudah dan tidak membutuhkan peralatan yang mahal.

b. Klinis

Penilaian status gizi secara klinis yaitu penilaian yang didasarkan pada gejala yang muncul dari tubuh sebagai akibat dari kelebihan atau kekurangan salah satu zat gizi tertentu. Setiap zat gizi memberikan tampilan klinis yang berbeda, sehingga cara ini dianggap spesifik namun sangat subjektif.

c. Biokimia

Pemeriksaan gizi dilakukan secara laboratoris pada berbagai macam jaringan tubuh. Jaringan tubuh yang digunakan antara lain: darah, urine, tinja, hati, dan otot.

d. Biofisik

Penilaian secara biofisik yaitu dengan mengukur elastisitas dan fungsi jaringan tubuh. Cara ini jarang digunakan karena membutuhkan peralatan yang canggih, mahal dan tenaga terampil.

2. Penilaian status gizi secara tidak langsung

Penilaian status gizi secara tidak langsung dapat dibagi tiga, yaitu: survey konsumsi makanan, statistik vital dan faktor ekologi.

 - a. Survei Konsumsi Makanan

Survei konsumsi makanan adalah metode penentuan status gizi secara tidak langsung dengan melihat jumlah dan jenis zat gizi yang dikonsumsi. Pengumpulan data konsumsi makanan dapat memberikan gambaran tentang konsumsi berbagai zat gizi pada masyarakat, keluarga, dan individu.
 - b. Statistik Vital

Pengukuran status gizi dengan statistik vital adalah dengan menganalisis beberapa data statistik kesehatan seperti angka kematian berdasarkan umur, angka kesakitan dan kematian akibat penyebab tertentu dan data lainnya yang berhubungan dengan gizi.
 - b. Faktor Ekologi

Mempelajari kondisi lingkungan berupa produksi pangan, pola makan, sosial budaya, ekonomi dan variabel lain yang secara teoritis mempengaruhi status gizi

2.4 Indeks Antropometri

Indeks antropometri adalah pengukuran dari beberapa parameter. Indeks antropometri bisa merupakan rasio dari satu pengukuran terhadap satu atau lebih pengukuran atau yang dihubungkan dengan umur dan tingkat gizi. Salah satu contoh dari indeks antropometri adalah Indeks Massa Tubuh (IMT) atau yang disebut dengan Body Mass Index (Supriasa, 2001). IMT merupakan alat sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa

khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan, maka mempertahankan berat badan normal memungkinkan seseorang dapat mencapai usia harapan hidup yang lebih panjang. IMT hanya dapat digunakan untuk orang dewasa yang berumur diatas 18 tahun. Dua parameter yang berkaitan dengan pengukuran Indeks Massa Tubuh, terdiri dari :

1. Berat Badan

Berat badan merupakan salah satu parameter massa tubuh yang paling sering digunakan yang dapat mencerminkan jumlah dari beberapa zat gizi seperti protein, lemak, air dan mineral. Untuk mengukur Indeks Massa Tubuh, berat badan dihubungkan dengan tinggi badan (Gibson, 2005).

2. Tinggi Badan

Tinggi badan merupakan parameter ukuran panjang dan dapat merefleksikan pertumbuhan skeletal (tulang) (Hartriyanti dan Triyanti, 2007).

Indeks Massa Tubuh diukur dengan cara membagi berat badan dalam satuan kilogram dengan tinggi badan dalam satuan meter kuadrat (Gibson, 2005). Penentuan status gizi tidak dibedakan menurut umur dan jenis kelamin, karena nilai IMT tidak tergantung pada umur dan jenis kelamin.

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{(\text{Tinggi badan})^2 \text{ (m)}}$$

Tabel 2. Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia (Supriasa, 2001 : 60 - 61)

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	IMT < 17.0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17.0 ≤ IMT ≤ 18.5
Normal		18,5 < IMT ≤ 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,0 < IMT ≤ 27.0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	IMT > 27.0

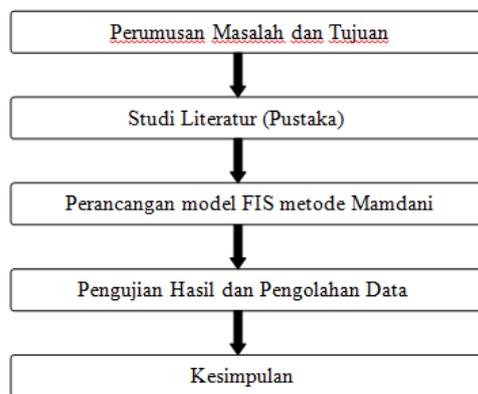
3. Metodologi

3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian adalah gambaran langkah – langkah yang ditempuh dalam menjalankan penelitian. Klasifikasi penelitian ini adalah jenis aplikasi penelitian terapan karena hasil dari penelitian ini dapat langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang akan dihadapi. Adapun tujuan penelitian ini dilaksanakan adalah untuk memberikan gambaran (deksriptif) tentang prediksi nilai status gizi berdasarkan Index Masa Tubuh (IMT) dengan menggunakan logika fuzzy inference system metode mamdani. Berdasarkan jenis informasi yang dikelola, penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yang mengolah seluruh data-data yang ada dengan perhitungan menggunakan *software matlab*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah dalam bentuk *prototype* sederhana yang diharapkan dapat memberikan gambaran analisis terhadap nilai status gizi berdasarkan Index Masa Tubuh (IMT).

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian dapat dideskripsikan sebagai berikut



Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

Penjelasan dari deskripsi langkah penelitian tersebut adalah :

1. Perumusan Masalah dan Tujuan
Langkah ini merupakan pengembangan dari survei awal yaitu merumuskan masalah-masalah yang timbul dilapangan. Pada tahap ini akan didefenisikan ruang lingkup permasalahan dan dirumuskan masalah yang akan diteliti, batasan masalah dan tujuan dari penelitian. Dengan menganalisis masalah yang telah ditentukan tersebut, maka diharapkan masalah dapat dipahami dengan baik dan penyelesaian bisa diperoleh dengan maksimal dan tidak melebar dari topik pembahasan.
2. Studi Literatur (Pustaka)
Pada langkah ini merupakan awal dari penelitian dengan mempelajari konsep awal dari logika *fuzzy inference system (FIS)* metode mamdani. Kemudian literatur-literatur yang dipelajari tersebut diseleksi untuk dapat ditentukan literatur mana yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sumber literatur didapatkan dari perpustakaan, jurnal, artikel, yang membahas tentang Logika *fuzzy*, *FIS*, metode mamdani sistem pelayanan, analisa kepuasan dan bahan bacaan lain yang mendukung penelitian.
3. Perancangan model FIS metode Mamdani
Setelah menganalisa data-data yang ada dan menentukan metode yang akan digunakan dalam merancang model logika *fuzzy inference system (FIS)* dengan metode mamdani. Pada perancangan *prototype* akan dilakukan beberapa kegiatan yaitu proses *fuzzyfikasi*, fungsi implikasi, komposisi aturan dan penegasan (*defuzzyfikasi*).
4. Kesimpulan
Langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari pengujian sistem yang bertujuan untuk menjelaskan kesesuaian hasil penelitian dengan latar belakang masalah dan pemenuhan terhadap tujuan dari penelitian. Serta saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian yang akan datang dan sebagai bahan referensi.

4. Hasil dan Pembahasan

Secara teori sudah ada standar klasifikasi untuk menentukan status gizi berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT). Namun standar penentuan status gizi tersebut menggunakan himpunan tegas. Penggunaan himpunan tegas dalam penentuan status gizi sangat kaku karena dengan adanya perubahan yang kecil saja terhadap nilai mengakibatkan perbedaan kategori. Sebagai contoh, seseorang dengan berat badan 57 kg dan tinggi badan 151 cm bila dihitung menggunakan logika tegas, nilai gizinya adalah 25 yang termasuk ke dalam kategori normal. Dan seseorang dengan berat badan 58 kg dan tinggi badan 152 cm bila dihitung menggunakan logika tegas, nilai gizinya adalah 25.1 yang termasuk ke dalam kategori gemuk tingkat ringan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan sedikit pada nilai gizi akan memberikan perbedaan kategori dalam penentuan status gizi. Penggunaan logika fuzzy dalam penentuan status gizi akan memberikan toleransi terhadap nilai gizi yang diperoleh. Sehingga dengan adanya perubahan yang kecil tidak akan memberikan perubahan yang signifikan. Sebagai contoh, seseorang dengan berat badan 57 kg dan tinggi badan 151 cm bila dihitung menggunakan logika fuzzy, nilai gizinya adalah 25,8 yang termasuk ke dalam kategori gemuk tingkat ringan. Dan seseorang dengan berat badan 58 kg dan tinggi badan 152 cm bila dihitung menggunakan logika fuzzy, nilai gizinya adalah 25.5 yang juga termasuk ke dalam kategori gemuk tingkat ringan. Dalam penelitian ini penulis mencoba untuk membuat sebuah rancangan model yang bertujuan untuk membuat rancangan prototype logika fuzzy inference system penentuan status gizi berdasarkan indeks massa tubuh (IMT) menggunakan metode mamdani menggunakan *interface matlab*. Penggunaan logika *fuzzy* dalam penentuan hasil akan memberikan toleransi terhadap nilai yang diperoleh. Sehingga dengan adanya perubahan yang kecil tidak akan memberikan perubahan yang signifikan, hanya akan mempengaruhi derajat keanggotaannya saja. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan sedikit pada nilai tidak mengakibatkan perbedaan kategori, variabel *input* yang digunakan adalah berupa interval, sehingga input yang berupa bilangan tegas harus diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

4.1 Model Fuzzy Mamdani

Dalam penentuan nilai gizi, logika *fuzzy* digunakan untuk mengubah input yang berupa variable 2 variabel yaitu berat badan dan tinggi badan. Dalam penentuan status gizi, aplikasi logika fuzzy digunakan untuk mengubah input yang berupa berat dan tinggi badan sehingga mendapatkan output berupa nilai gizi. Kemudian disesuaikan dengan range keanggotaan pada variabel nilai gizi sehingga diperoleh status gizi. Dalam penentuan status gizi digunakan metode Mamdani atau sering juga dikenal dengan nama Metode Min - Max. Dalam metode ini, pada setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab-akibat”) anteseden yang berbentuk konjungsi (AND) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (min), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (max). Untuk mendapatkan output, diperlukan empat tahapan yaitu:

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy. Dalam penentuan status gizi dengan parameter Indeks Massa Tubuh (IMT), variabel input dibagi menjadi dua yaitu variabel berat dan tinggi badan. Serta satu variabel output, yaitu variabel nilai gizi. Variabel nilai gizi ini dibentuk berdasarkan klasifikasi IMT. Hasil dari pengukuran indeks massa tubuh tidak tergantung pada umur dan jenis kelamin. Penentuan variabel yang digunakan dalam penelitian ini, terlihat pada Tabel 4.1

Tabel 3. Tabel perancangan semesta pembicaraan logika fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	Berat Badan	[35,80]
	Tinggi Badan	[145,190]
Output	Nilai Gizi	[13,33]

Dari variabel yang telah dimunculkan, kemudian disusun domain himpunan fuzzy. Berdasarkan domain tersebut, selanjutnya ditentukan fungsi keanggotaan dari masing – masing variabel seperti terlihat pada Tabel 4.2. Berikut adalah perancangan himpunan fuzzy pada penentuan status gizi menggunakan indeks massa tubuh :

Tabel 4. Tabel perancangan himpunan fuzzy penentuan status gizi

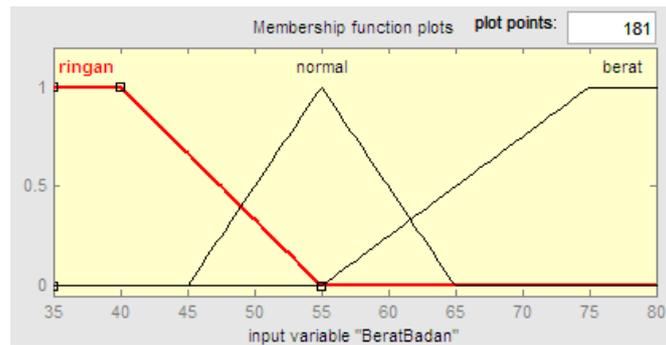
Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi	Parameter
----------	----------	--------	--------	-----------

			Keanggotaan	
Berat Badan (kg)	Ringan	[35,55]	Bahu kiri	(35;40;55)
	Normal	[45,65]	Segitiga	(45;55;65)
	Berat	[55,80]	Bahu kanan	(55;75;85)
Tinggi Badan (cm)	Rendah	[145,165]	Bahu kiri	(145;150;165)
	Normal	[150,175]	Segitiga	(150;165;175)
	Tinggi	[160,190]	Bahu kanan	(160;175;190)
Nilai Gizi	Kurus Tingkat Berat	[13,17]	Bahu kiri	(13;16;17)
	Kurus Tingkat Ringan	[16,18.5]	Trapesium	(16;17;17.5;18.5)
	Normal	[17.5,25]	Trapesium	(17.5;18.5;24;25)
	Gemuk Tingkat Ringan	[24,27]	Trapesium	(24;25;26;27)
	Gemuk Tingkat Berat	[26,33]	Bahu kanan	(26;27;33)

Himpunan fuzzy beserta fungsi keanggotaan dari variabel berat badan, tinggi badan, dan nilai gizi direpresentasikan sebagai berikut:

a. Himpunan Fuzzy Variabel Berat Badan

Pada variabel berat badan didefinisikan tiga himpunan fuzzy, yaitu RINGAN, NORMAL, dan BERAT. Untuk merepresentasikan variabel berat badan digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RINGAN, bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy NORMAL, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy BERAT. Gambar himpunan fuzzy untuk variabel berat badan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 2. Himpunan Fuzzy variable berat badan

Sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel berat badan, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{Ringan} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 40 \\ \frac{55 - x}{15} & ; 40 \leq x \leq 55 \\ 0 & ; x \geq 55 \end{cases}$$

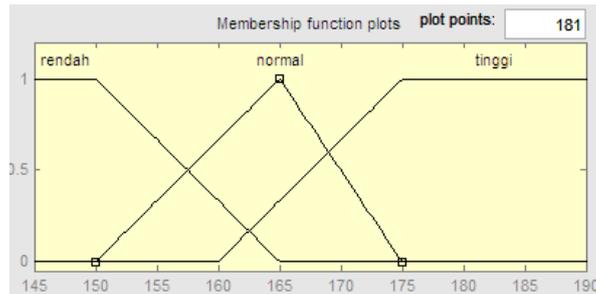
$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 45 \\ \frac{x - 45}{10} & ; 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{65 - x}{10} & ; 55 \leq x \leq 65 \\ 0 & ; x \geq 65 \end{cases}$$

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

Seseorang dianggap ringan bila berat badannya antara 35 kg sampai 55 kg, dianggap normal bila berat badannya antara 45 kg sampai 65 kg, dianggap berat bila berat badannya antara 55 kg sampai 80 kg, dianggap ringan sekaligus normal bila berat badannya antara 45 kg sampai 55 kg, dan dianggap normal sekaligus tinggi bila berat badannya antara 55 kg sampai 65 kg.

b. Himpunan Fuzzy Variabel Tinggi Badan

Pada variabel tinggi badan didefinisikan tiga himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, NORMAL, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan variabel tinggi badan digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RENDAH, bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy NORMAL, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Representasi himpunan fuzzy untuk variabel tinggi badan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 3. Himpunan Fuzzy variable tinggi badan

Sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel tinggi badan sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 150 \\ \frac{165 - x}{15} & ; 150 \leq x \leq 165 \\ 0 & ; x \geq 165 \end{cases}$$

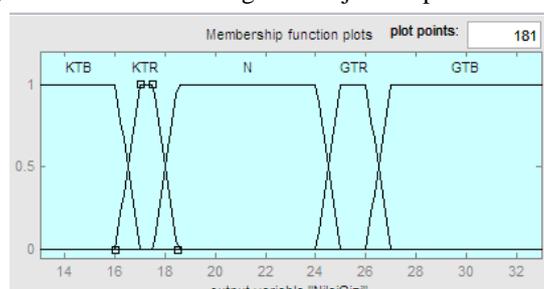
$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 150 \\ & \text{atau } x \geq 175 \\ \frac{x - 150}{15} & ; 150 \leq x \leq 165 \\ \frac{175 - x}{10} & ; 165 \leq x \leq 175 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 160 \\ \frac{x - 160}{15} & ; 160 \leq x \leq 175 \\ 1 & ; x \geq 175 \end{cases}$$

Seseorang dianggap rendah bila tinggi badannya antara 145 cm sampai 165 cm, dianggap normal bila tinggi badannya antara 150 cm sampai 175 cm, dianggap tinggi bila tinggi badannya antara 160 cm sampai 190 cm, dianggap rendah sekaligus normal bila tingginya antara 150 cm sampai 165 cm, dianggap normal sekaligus tinggi bila tingginya antara 160 cm sampai 175 cm, dan dianggap rendah sekaligus normal dan sekaligus tinggi bila tingginya antara 160 cm sampai 165 cm.

c. Himpunan Fuzzy Variabel Nilai Gizi

Himpunan fuzzy nilai gizi diperoleh berdasarkan klasifikasi pada Indeks Massa Tubuh (IMT), yang direpresentasikan menggunakan himpunan fuzzy. Pada variabel nilai gizi didefinisikan lima himpunan fuzzy, yaitu KURUS TINGKAT BERAT, KURUS TINGKAT RINGAN, NORMAL, GEMUK TINGKAT RINGAN, GEMUK TINGKAT BERAT. Untuk merepresentasikan variabel nilai gizi digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy KURUS TINGKAT BERAT, bentuk kurva trapesium untuk himpunan fuzzy KURUS TINGKAT RINGAN, NORMAL, serta GEMUK TINGKAT RINGAN, bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy GEMUK TINGKAT BERAT. Gambar himpunan fuzzy untuk variabel nilai gizi ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. Himpunan Fuzzy variable nilai gizi

Berdasarkan Gambar sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel nilai gizi, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{kurus tingkat berat}} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 16 \\ 17 - x & ; 16 \leq x \leq 17 \\ 0 & ; x \geq 17 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kurus tingkat ringan}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16 \text{ atau } x \geq 18.5 \\ x - 16 & ; 16 \leq x \leq 17 \\ 1 & ; 17 \leq x \leq 17.5 \\ 18.5 - x & ; 17.5 \leq x \leq 18.5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 17.5 \text{ atau } x \geq 25 \\ x - 17.5 & ; 17.5 \leq x \leq 18.5 \\ 1 & ; 18.5 \leq x \leq 24 \\ 25 - x & ; 24 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{gemuk tingkat ringan}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 24 \text{ atau } x \geq 27 \\ x - 24 & ; 24 \leq x \leq 25 \\ 1 & ; 25 \leq x \leq 26 \\ 27 - x & ; 26 \leq x \leq 27 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{gemuk tingkat berat}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 26 \\ x - 26 & ; 26 \leq x \leq 27 \\ 1 & ; x \geq 27 \end{cases}$$

Seseorang dianggap kurus tingkat berat bila nilai gizinya antara 13 sampai 17, dianggap kurus tingkat ringan bila nilai gizinya antara 16 sampai 18.5, dianggap normal bila nilai gizinya antara 17.5 sampai 25, dianggap gemuk tingkat ringan bila nilai gizinya antara 24 sampai 27, dianggap gemuk tingkat berat bila nilai gizinya antara 26 sampai 33, dianggap kurus tingkat berat sekaligus kurus tingkat ringan bila nilai gizinya antara 16 sampai 17, dianggap kurus tingkat ringan sekaligus normal bila nilai gizinya antara 17.5 sampai 18.5, dianggap normal sekaligus gemuk tingkat ringan bila nilai gizinya antara 24 sampai 25, dan dianggap gemuk tingkat ringan sekaligus gemuk tingkat berat bila nilai gizinya antara 26 sampai 27. Setelah pembentukan fungsi keanggotaan pada masing – masing variabel, input yang berupa nilai crisp akan diubah ke dalam fuzzy input yaitu dengan menentukan derajat keanggotaan nilai input pada sebuah himpunan fuzzy, proses ini disebut fuzzyfikasi.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah pembentukan himpunan fuzzy, maka dilakukan pembentukan aturan fuzzy. Aturan - aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antara input dan output. Tiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk menghubungkan antara dua input adalah operator AND, dan yang memetakan antara input-output adalah IF-THEN. Proposisi yang mengikuti IF disebut anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen. Berdasarkan kategori dalam IMT, maka dapat dibentuk aturan – aturan sebagai berikut :

Tabel 5. Aturan- aturan logika fuzzy nilai gizi

	Berat Badan		
	Ringan	Normal	Berat

Tinggi Badan	Ringan	Normal	Gemuk tingkat ringan	Gemuk tingkat berat
	Normal	Kurus tingkat ringan	Normal	Gemuk tingkat ringan
	Tinggi	Kurus tingkat berat	Kurus tingkat ringan	Normal

[R1] : Jika berat badan adalah ringan dan tinggi badan adalah rendah maka status gizinya adalah normal.

[R2] : Jika berat badan adalah ringan dan tinggi badan adalah normal maka status gizinya adalah kurus tingkat ringan.

[R3] : Jika berat badan adalah ringan dan tinggi badan adalah tinggi maka status gizinya adalah kurus tingkat berat.

[R4] : Jika berat badan adalah normal dan tinggi badan adalah rendah maka status gizinya adalah gemuk tingkat ringan.

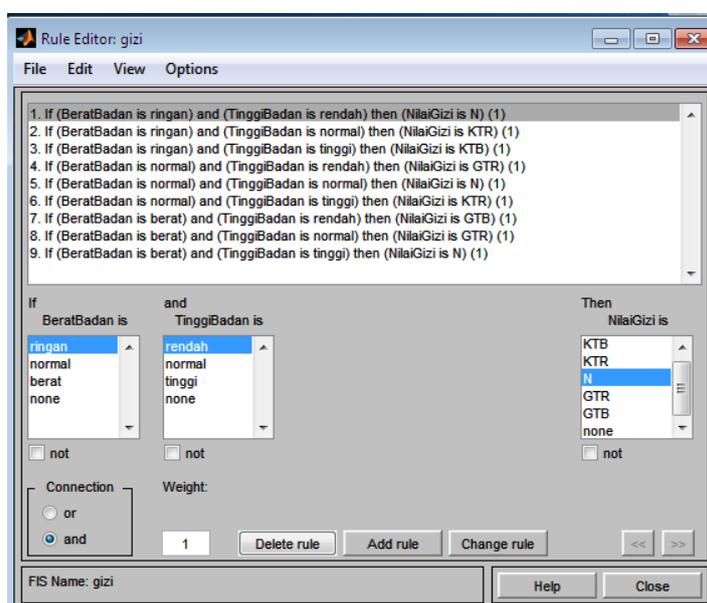
[R5] : Jika berat badan adalah normal dan tinggi badan adalah normal maka status gizinya adalah normal.

[R6] : Jika berat badan adalah normal dan tinggi badan adalah tinggi maka status gizinya adalah kurus tingkat ringan.

[R7] : Jika berat badan adalah berat dan tinggi badan adalah rendah maka status gizinya adalah gemuk tingkat berat.

[R8] : Jika berat badan adalah berat dan tinggi badan adalah normal maka status gizinya adalah gemuk tingkat ringan.

[R9] : Jika berat badan adalah berat dan tinggi badan adalah tinggi maka status gizinya adalah normal.



Gambar 5. Rule Editor fuzzy logic gizi

Setelah aturan dibentuk, maka dilakukan aplikasi fungsi implikasi. Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN, yang berarti tingkat keanggotaan yang didapat sebagai konsekuensi dari proses ini adalah nilai minimum dari variabel berat badan dan tinggi badan. Sehingga didapatkan daerah fuzzy pada variabel nilai gizi untuk masing – masing aturan.

3. Komposisi Aturan

Pada metode Mamdani, komposisi antar fungsi implikasi menggunakan fungsi MAX yaitu dengan cara mengambil nilai maksimum dari output aturan kemudian menggabungkan daerah fuzzy dari masing – masing aturan dengan operator OR.

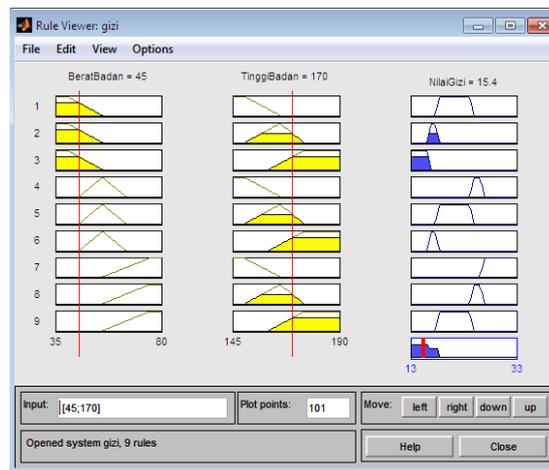
4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan tegas pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Defuzzifikasi yang digunakan dalam menentukan nilai gizi adalah dengan metode centroid. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

4.2 Penentuan Status Gizi

Dalam penelitian ini, himpunan fuzzy digunakan untuk menentukan status gizi seseorang. Himpunan fuzzy tersebut meliputi variabel berat badan dan tinggi badan sebagai input, dan nilai gizi sebagai output. Berikut adalah contoh penerapan logika fuzzy dalam menghitung nilai gizi dan menentukan status gizi seseorang.

Contoh Kasus 1: Seseorang dengan berat badan 45 kg dan tinggi badan 170 cm ingin mengetahui nilai gizi dan status gizinya. Penalaran fuzzy diolah dengan menggunakan program simulasi Toolbox Fuzzy Matlab ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 6. Rule Viewer fuzzy logic status gizi kasus 1

Keterangan:

Interval [35,80] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel berat badan

Interval [145,190] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel tinggi badan

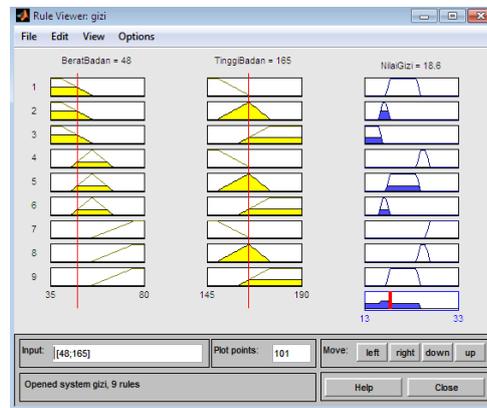
Interval [13,33] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel nilai gizi

Kolom pertama pada Gambar 4.5 menunjukkan tingkat keanggotaan berat 45 kg pada variabel berat badan, kolom kedua menunjukkan tingkat keanggotaan tinggi 170 cm pada variabel tinggi badan, dan kolom ketiga menunjukkan konsekuensi dari fungsi implikasi aturan yang sesuai dengan kondisi tersebut. Baris terakhir dan kolom terakhir, menunjukkan gabungan daerah fuzzy dari masing – masing aturan. Dari gambar tersebut, garis vertikal merah tebal pada variabel nilai gizi menunjukkan nilai gizi seseorang yaitu sebesar 15.4. Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam keanggotaan himpunan fuzzy kurus tingkat berat, sehingga status gizi orang tersebut dikatakan kurus tingkat berat. Jika nilai gizi dan penentuan status gizi seseorang tersebut dihitung menggunakan logika tegas, seperti yang telah disebutkan pada rumus IMT maka akan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{IMT} &= \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)} \times \text{Tinggi badan (m)}} \\
 &= \frac{45}{(1.7)^2} = 15.6
 \end{aligned}$$

Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam kategori kurus tingkat berat. Dalam kasus ini, hasil dari perhitungan nilai gizi menggunakan logika fuzzy tidak sama dengan menggunakan logika tegas walaupun status gizinya sama.

Contoh Kasus 2: Seseorang dengan berat badan 48 kg dan tinggi badan 165 cm ingin mengetahui nilai gizi dan status gizinya. Penalaran fuzzy diolah dengan menggunakan program simulasi Toolbox Fuzzy Matlab ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 7. Rule Viewer fuzzy logic status gizi kasus 2

Keterangan:

Interval [35, 80] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel berat badan
Interval [145,190] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel tinggi badan
Interval [13,33] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel nilai gizi

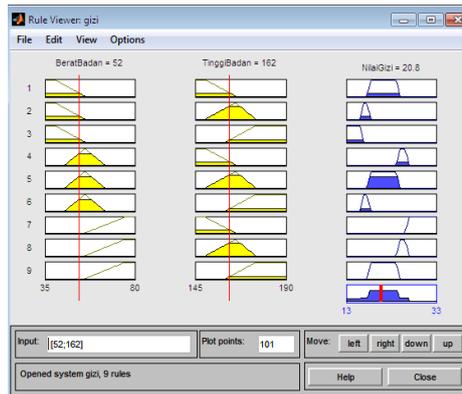
Kolom pertama pada Gambar 4.6 menunjukkan tingkat keanggotaan berat 48 kg pada variabel berat badan, kolom kedua menunjukkan tingkat keanggotaan tinggi 165 cm pada variabel tinggi badan, dan kolom ketiga menunjukkan konsekuensi dari fungsi implikasi aturan yang sesuai dengan kondisi tersebut. Baris terakhir dan kolom terakhir, menunjukkan gabungan daerah fuzzy dari masing – masing aturan, yang merupakan konsekuensi dari komposisi aturan fuzzy. Dari gambar tersebut, garis vertikal merah tebal pada variabel nilai gizi menunjukkan nilai gizi seseorang yaitu sebesar 18.6. Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam keanggotaan himpunan fuzzy normal, maka disimpulkan bahwa status gizi orang tersebut adalah normal. Jika nilai gizi dan penentuan status gizi seseorang tersebut dihitung menggunakan logika tegas, seperti yang telah disebutkan pada rumus IMT maka akan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{IMT} &= \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)} \times \text{Tinggi badan (m)}} \\
 &= \frac{48}{(1.65)^2} = 17.6
 \end{aligned}$$

Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam kategori kurus tingkat ringan. Dalam kasus ini, hasil dari perhitungan nilai gizi dan penentuan status gizi menggunakan logika fuzzy tidak sama dengan menggunakan logika tegas.

Contoh Kasus 3:

Seseorang dengan berat badan 52 kg dan tinggi badan 162 cm ingin mengetahui nilai gizi dan status gizinya. Penalaran fuzzy diolah dengan menggunakan program simulasi Toolbox Fuzzy Matlab ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 8. Rule Viewer fuzzy logic status gizi kasus 3

Keterangan:

Interval [35, 80] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel berat badan

Interval [145,190] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel tinggi badan

Interval [13,33] menunjukkan semesta pembicaraan untuk variabel nilai gizi

Kolom pertama pada Gambar menunjukkan tingkat keanggotaan berat 52 kg pada variabel berat badan, kolom kedua menunjukkan tingkat keanggotaan tinggi 162 cm pada variabel tinggi badan, dan kolom ketiga menunjukkan konsekuensi dari fungsi implikasi aturan yang sesuai dengan kondisi tersebut. Fungsi implikasi yang digunakan dalam proses ini adalah fungsi MIN, yaitu dengan mengambil daerah minimum dari variabel input sebagai outputnya. Baris terakhir dan kolom terakhir menunjukkan gabungan daerah fuzzy dari masing – masing aturan, yang merupakan konsekuensi dari komposisi aturan fuzzy. Dari gambar tersebut, garis vertikal merah tebal pada variabel nilai gizi menunjukkan nilai gizi seseorang yaitu sebesar 20.8. Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam keanggotaan himpunan fuzzy normal, maka dapat disimpulkan status gizi orang tersebut adalah normal. Jika nilai gizi dan penentuan status gizi seseorang tersebut dihitung menggunakan logika tegas, seperti yang telah disebutkan pada rumus IMT maka akan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{IMT} &= \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)} \times \text{Tinggi badan (m)}} \\
 &= \frac{52}{(1.62)^2} = 19.8
 \end{aligned}$$

Nilai gizi tersebut termasuk ke dalam kategori normal. Dalam kasus ini, hasil dari perhitungan nilai gizi menggunakan logika fuzzy tidak sama dengan menggunakan logika tegas walaupun status gizinya sama. Hasil perhitungan secara manual memberikan perbedaan dengan perhitungan menggunakan program MATLAB. Hal ini dikarenakan adanya pembulatan angka di dalam perhitungan, sehingga akan mempengaruhi nilai yang diperoleh. Walaupun nilai gizi yang diperoleh berbeda, namun termasuk ke dalam kategori yang sama dengan perhitungan menggunakan MATLAB.

Berdasarkan contoh kasus 1, kasus 2, dan kasus 3 didapatkan nilai gizi dan status gizi yang berbeda antara perhitungan menggunakan logika fuzzy dengan logika tegas. Hal ini dikarenakan variabel input dalam logika fuzzy berupa interval, sehingga input yang berupa bilangan tegas harus diubah ke dalam tingkat keanggotaan dari interval tersebut. Sedangkan untuk perhitungan dengan logika tegas, input yang digunakan adalah suatu bilangan tegas. Berdasarkan uraian tersebut maka status gizi yang ditentukan dengan logika fuzzy akan lebih baik dari pada penentuan status gizi dengan perhitungan menggunakan rumus. Karena himpunan fuzzy yang berupa interval akan memberikan proses yang lebih halus dari pada perhitungan menggunakan rumus yang inputnya berupa bilangan pasti. Pada Lampiran 1 menunjukkan tabel nilai gizi dengan logika tegas berdasarkan perhitungan menggunakan rumus IMT. Penentuan status gizi menggunakan logika tegas mempunyai nilai - nilai kritis, dimana ada perubahan kecil pada nilai mengakibatkan perbedaan kategori. Sedangkan penentuan status gizi menggunakan logika fuzzy memungkinkan nilai termasuk ke dalam dua kategori seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 2. Kemudian diambil derajat keanggotaan tertinggi untuk menentukan status gizinya sehingga didapatkan nilai gizi dan status gizi seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 4. Berdasarkan lampiran 1 dan 4, ada perbedaan penentuan status gizi antara menggunakan logika tegas dengan logika fuzzy.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan penentuan status gizi dengan menggunakan metode Mamdani dalam logika fuzzy, dapat diambil kesimpulan bahwa

1. Prosedur untuk mendapatkan status gizi yaitu dengan menyesuaikan nilai gizi yang telah diperoleh ke dalam interval keanggotaan himpunan fuzzy pada variabel nilai gizi.
2. Terdapat perbedaan nilai antara perhitungan menggunakan logika fuzzy dengan logika tegas. Hal ini dikarenakan variabel input dalam logika fuzzy berupa interval, sehingga input yang berupa bilangan tegas harus diubah ke dalam tingkat keanggotaan dari interval tersebut.
3. Status gizi yang ditentukan dengan logika fuzzy akan lebih baik dari pada penentuan status gizi dengan perhitungan menggunakan rumus IMT. Karena himpunan fuzzy yang berupa interval akan memberikan proses yang lebih halus dari pada perhitungan menggunakan rumus IMT yang inputnya berupa bilangan pasti.

5.2 Saran

Berdasarkan uraian pada bab pembahasan, maka sebaiknya penentuan status gizi dengan IMT menggunakan logika fuzzy karena hasilnya akan lebih halus. Pada penelitian ini penentuan status gizi untuk orang dewasa dengan logika fuzzy terbatas pada parameter Indeks Massa Tubuh (IMT) sebagai acuan, sehingga masih dapat digunakan metode lain untuk menentukan status gizi orang dewasa dengan logika fuzzy, misalnya penentuan status gizi berdasarkan konsumsi makanan, dan lain – lain. Selain itu, dalam penelitian ini penentuan status gizi hanya dapat digunakan untuk dewasa, sehingga dalam penelitian selanjutnya dapat dibahas mengenai penentuan status gizi untuk balita atau untuk ibu hamil.

6. Daftar Pustaka

Hadi, Hamam. 2005. *”Beban Ganda Masalah Gizi Dan Implikasinya Terhadap Kebijakan Pembangunan Kesehatan Nasional.”* Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada. UGM.

Kusumadewi, Sri. 2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan TOOLBOX nMATLAB.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusumadewi, Sri. 2008. *Sistem Inferensi Fuzzy (Metode TSK) untuk Penentuan Kebutuhan Kalori Harian.* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Setiadji. 2009. *Himpunan & Logika Samar serta Aplikasinya.* Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Supariasa, I Dewa Nyoman. et.al. 2001. *Penilaian Status Gizi.* Jakarta : EGC. Wang, Li Xin. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control.* New Jersey: Prentice Hall International, Inc.