UJI KOMPARASI PERHITUNGAN INDEKS MASA TUBUH (IMT) MENGGUNAKAN TYPE-1 FUZZY LOGIC (T1FL) DAN INTERVAL TYPE-2 FUZZY LOGIC (IT2FL) METODE MAMDANI

Agung Wibowo
STMIK Nusa Mandiri Sukabumi
Teknik Informatika
Jl. Veteran II No. 20A, Kota Sukabumi
agung.awo@nusamandiri.ac.id

ABSTRAK

Kekurangan gizi dapat berpengaruh terhadap tubuh karena dapat mempengaruhi produktifitas kerja atau resiko penyakit, pengukuran gizi untuk orang dewasa dapat ditentukan menggunakan Indeks Masa Tubuh (IMT) dan cara ini mudah dilakukan. Pada penelitian sebelumnya Fuzzy Logic dapat digunakan untuk perhitungan IMT, sejalan dengan waktu Fuzzy Logic atau Fuzzy Logic Tipe 1 (T1FL) mengalami perkembangan menjadi Fuzzy Logic Tipe-2 atau yang lebih dikenal sebagai Type-2 Fuzzy Logic atau Interval Type-2 Fuzzy Logic (IT2FL). Untuk mengetahui apakah IT2FL dapat digunakan untuk sistem perhitungan IMT maka dilakukan uji komparasi antara T1FL. Hasil pengujian menggunakan sampling data primer diketahui perhitungan menggunakan IT2FL lebih baik dari T1FL tetapi masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk memperoleh pembacaan hasil perhitungan agar lebih optimum dan sama dengan tabel hasil perhitungan IMT.

Pendahuluan

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 [10], dalam laporan FAO/WHO/UNU tahun 1985 bahwa batasan berat badan normal orang dewasa ditentukan berdasarkan nilai Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan [9]. Kurang gizi maupun gizi lebih disebabkan karena tidak adanya keseimbangan antara asupan zat gizi dengan kebutuhan zat gizi dalam tubuh [3].

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan. Penggunaan IMT hanya berlaku untuk orang dewasa berumur lebih dari 18 tahun dan tidak dapat diterapkan pada bayi, anak, remaja, ibu hamil, dan olahragawan. Pada atlet, postur tubuh yang ideal berbeda antara setiap jenis cabang olah raga. Misalnya postur tubuh yang ideal bagi atlet petinju atau binaraga, sangat berbeda pada atlet senam atau renang. Atlet tinju dan binaraga membutuhkan massa tubuh yang besar, otot dan tulang yang kuat untuk berlatih atau bertanding. Berbeda pada atlet senam atau renang, yang membutuhkan massa tubuh yang tidak terlalu besar, tetapi tetap membutuhkan otot dan tulang yang kuat dan lentur. Untuk kondisi ini diperlukan pengukuran yang khusus,seperti pengukuran tebal lemak untuk menilai apakah massa tubuh yang besar pada atlet tersebut terdiri dari otot atau lemak [9].

Peneliti sebelumnya telah menggunakan fuzzy logic metoda mamdani untuk menghitung IMT [10]. Pada fuzzy logic sendiri metode yang digunakan untuk melakukan inferensi fuzzy, antara lain metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan Metode Sugeno[10]. Metode fuzzy Mamdani memiliki kelebihan yaitu lebih intuitif dan mudah dimengerti [1]. Metode ini harus melalui empat tahap untuk memperoleh keluaran: 1. Pembentukan himpunan fuzzy; 2. Aplikasi fungsi implikasi;

3. Komposisi aturan; 4.Penegasan (*Defuzzy*) [4].

Fuzzy logic sendiri diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Sistem Fuzzy logic ini memiliki fungsi keanggotaan yang memetakan setiap anggotanya ke dalam satu derajat keanggotaan yang disebut juga himpunan Fuzzy dan dikenal dengan Fuzzy Logic tipe-1 (T1FL). Sistem T1FL sudah banyak diterapkan dalam ilmu kontrol, perkiraan, peramalan, data mining dan sistem pendukung keputusan. Seiring dengan waktu, Prof. Zadeh menyadari bahwa fungsi keanggotaan T1FL sebenarnya merupakan bilangan tegas juga. Kemudian pada tahun 1975 Prof. Zadeh menemukan fuzzy logic tipe-2 (T2 FL). Namun, T2FL populer mulai tahun 2000. T2FL digunakan untuk memodelkan dan meminimalkan berbagai dampak ketidakpastian yang dapat terjadi pada fuzzy logic. Ada tiga jenis ketidakpastian yang muncul diantaranya :

1) Kata yang digunakan sebagai anteceden dan konsekuen dari kaidah dapat mempunyai makna yang berbeda pada orang yang berbeda

2) Konsekuen yang diperoleh dari poling sekelompok ahli akan seringkali berbeda pada kaidah yang sama dikarenakan para ahli belum tentu semuanya setuju pada kaidah tersebut

3) Gangguan /derau (*noise*) yang terdapat pada data. T2 FL dapat mengatasi ketidakpastian tersebut dengan menggunakan fungsi keanggotaan T2FL yang samar (fuzzy)[5][6][8].

Pembeda atau perbedaan antara T1FL dan T2FL dapat dianalogikan sebagai berikut, pada T1FL, seorang pakar dapat membedakan atau melakukan perkiraan tingkat kedalaman warna dari sebuah objek, contoh jika pakar tersebut diberikan 3 buah bola warna merah. Representasi merah dari dari setiap bola kemungkinan adalah beda (bola pertama tingkat merah nya 75%, bola kedua 85% dan bola ketiga 95%). Lain halnya dalam T2FL, seorang pakar tidak dapat dengan yakin menyatakan tingkat kedalaman warna nya. Kedalaman warna yang disampaikan dalam bentuk perkiraan seperti ini, bola pertama tingkat merahnya antara 75%-80%, bola kedua tingkat warna merahnya 85-90% dan bola ketiga 95%-100%, sehingga representasi warna jabarkan dalam bentuk interval. Sehingga T2FL lebih dikenal sebagai *Interval Type 2 Fuzzy logic* (IT2FL).

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan peneliti melalukan untuk uji komparasi akurasi perhitungan IMT menggunakan fuzzy logic tipe 1 (T1FL) dan Interval fuzzy logic tipe 2 (IT2FL) untuk mengetahui dan melakukan pembuktian teori bahwa IT2FL lebih baik dari T1FL.

Tinjauan Pustaka

STATUS GIZI

Status gizi adalah ekspresi dari keadaan yang diakibatkan oleh status keseimbangan antara jumlah asupan zat gizi dan jumlah yang dibutuhkan oleh tubuh untuk berbagai fungsi biologis seperti pertumbuhan fisik, perkembangan, aktivitas, pemeliharaan kesehatan, dan lainnya. Metode antropometri adalah metode pengukuran status gizi dengan menggunakan ukuran tubuh. Pengukuran antropometri merupakan cara yang paling mudah dan tidak membutuhkan peralatan yang mahal [9].

Indeks Antropometri

Indeks antropometri adalah kombinasi antara beberapa parameter antropometri untuk menilai status gizi. Beberapa indeks antropometri yang sering digunakan yaitu berat badan menurut umur (BB/U), tinggi badan menurut umur (TB/U), berat badan menurut tinggi badan (BB/TB), dan Indeks Massa Tubuh (IMT). Indeks BB/U, TB/U, BB/TB digunakan untuk menilai status gizi anak – anak (kurang dari delapan belas tahun). Sedangkan IMT digunakan untuk menilai status gizi orang dewasa (lebih dari delapan belas tahun).

1. Berat Badan menurut Umur (BB/U)

Berat badan adalah salah satu parameter yang memberikan gambaran massa tubuh. Massa tubuh sangat sensitif terhadap perubahan – perubahan yang mendadak, misalnya karena

terserang penyakit infeksi, menurunnya nafsu makan atau menurunnya jumlah makanan yang dikonsumsi.

2. Tinggi Badan menurut Umur (TB/U)

Tinggi badan adalah salah satu ukuran pertumbuhan linier. Pada keadaan normal, tinggi badan tumbuh seiring dengan pertambahan umur. Pertumbuhan tinggi badan tidak seperti berat badan, relatif kurang sensitif terhadap masalah kekurangan gizi dalam waktu yang singkat.

3. Berat Badan menurut Tinggi Badan (BB/TB)

Berat badan memiliki hubungan yang linear dengan tinggi badan. Dalam keadaan normal, perkembangan berat badan akan searah dengan pertumbuhan tinggi badan dengan kecepatan tertentu. Indeks BB/TB tidak dipengaruhi oleh umur.

4. Indeks Massa Tubuh

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan. Rumus perhitungan IMT adalah sebagai berikut:

$$\textbf{IMT} = \textbf{Berat Badan} / (\textbf{Tinggi Badan}/100)^2.$$

Tabel 1. Kategori ambang batas IMT untuk Indonesia [9]

	Kategori**	IMT*
Kurus	Kekurangan Berat Badan Tingkat Berat (KTR)	IMT < 17
	Kekurangan Berat Badan Tingkat Ringan (KTB)	17 <= IMT <= 18.5
Normal	Normal (N)	18.5< IMT <= 25
Gemuk	Kelebihan Berat Badan Tingkat Ringan (GTR)	25 < IMT <= 27
	Kelebihan Berat Badan Tingkat Berat (GTB)	IMT > 27

sumber : *Departemen Kesehatan RI; **Supariasa, 2001

Ketentuan:
Penentuan status gizi tidak dibedakan menurut umur dan jenis kelamin, karena nilai IMT tidak tergantung pada umur dan jenis kelamin [9].

Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Orang yang belum pernah mengenal logika fuzzy pasti akan mengira bahwa logika fuzzy adalah sesuatu yang amat rumit dan tidak menyenangkan. Namun, sekali seseorang mulai mengenalnya, ia pasti akan sangat tertarik dan akan menjadi pendatang baru untuk ikut serta mempelajari logika fuzzy. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metode baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama [4].

Logika *fuzzy* adalah suatu cara pandang yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang *output*. Ada beberapa cara untuk memetakan input ke *output* diantaranya: Sistem fuzzy, Sistem linear, Sistem pakar, Jaringan syaraf, Persamaan differensial, Tabel interpolasi multi-dimensi, dll.

Meskipun ada beberapa cara, namun fuzzy akan memberikan solusi yang paling baik. Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain : Konsep logika fuzzy mudah dimengerti, Logika fuzzy sangat fleksibel, Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks, Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

A. Himpunan Crisp Dan Himpunan Fuzzy

Himpunan Crisp didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika a anggota dari A, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 1. Namun, jika a bukan anggota dari A, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. Notasi A = {x P(x)} menunjukkan bahwa A berisi item x dengan P(x) benar. Jika X_A merupakan fungsi karakteristik A dan properti P, maka dapat dikatakan bahwa P(x) benar, jika dan hanya jika $X_A(x) = 1$.

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaannnya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy :

1. Variabel Fuzzy

Merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy, contoh : umur, temperature, permintaan dan sebagainya.

2. Himpunan Fuzzy

Merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy, contoh :

- Variabel umur dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy : muda, parobaya, tua
- Variabel temperature dibagi menjadi 5 himpunan fuzzy : dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

3. Semesta Pembicaraan

Keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy, contoh : semesta pembicaraan untuk variabel temperature : [0 40]

4. Domain

Keseluruhan nilai yang diinginkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy.

5. Nilai Ambang *Alfa-Cut*

Merupakan nilai ambang batas domain yang didasarkan pada nilai keanggotaan untuk tiap-tiap domain, dimana α - *cut* memiliki 2 kondisi.

α *-cut* lemah dapat dinyatakan sebagai : $\mu(x) \geq \alpha$ ……..(2.1)

α - *cut* kuat dapat dinyatakan sebagai : $\mu(x) > \alpha$ ……....(2.2)

B. Fungsi Keanggotaan

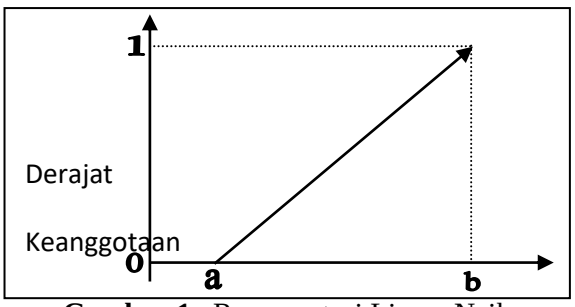
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Fungsi keanggotaan dapat dibuat kedalam beberapa bentuk kurva diantanya,

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, permukaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 kemungkinan keadaan himpunan fuzzy yang linier. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nlai dominan yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebiih tinggi seperti yang tergambar pada gambar 1.



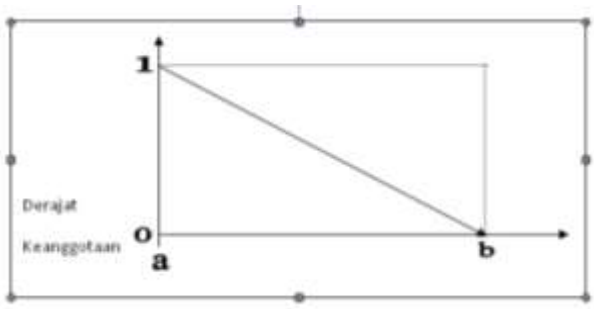
Gambar 1. Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \le a \\ (x-a)/(b-a); & a \le x \le b \\ 1; & x \ge b \end{cases}$$

…….(2.3)

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. 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 pada gambar 2.



Gambar 2. Representasi Linear Turun

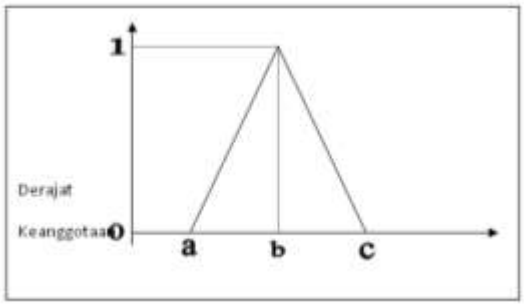
Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \le x \le b \\ 0; & x \ge b \end{cases}$$

…….(2.4)

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Segitiga

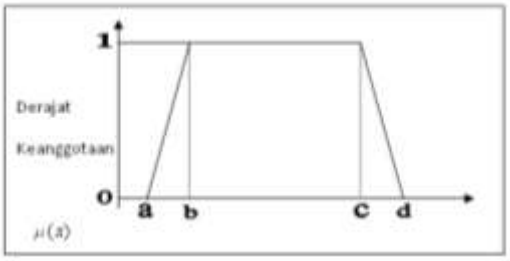
Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \le a \text{ atau } x \ge c \\ (x-a)/(b-a); & a \le x \le b \\ (b-x)/(c-b); & b \le x \le c \end{cases}$$

…….(2.5)

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapezium pada dasarnya seperti bentuk kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Trapesium

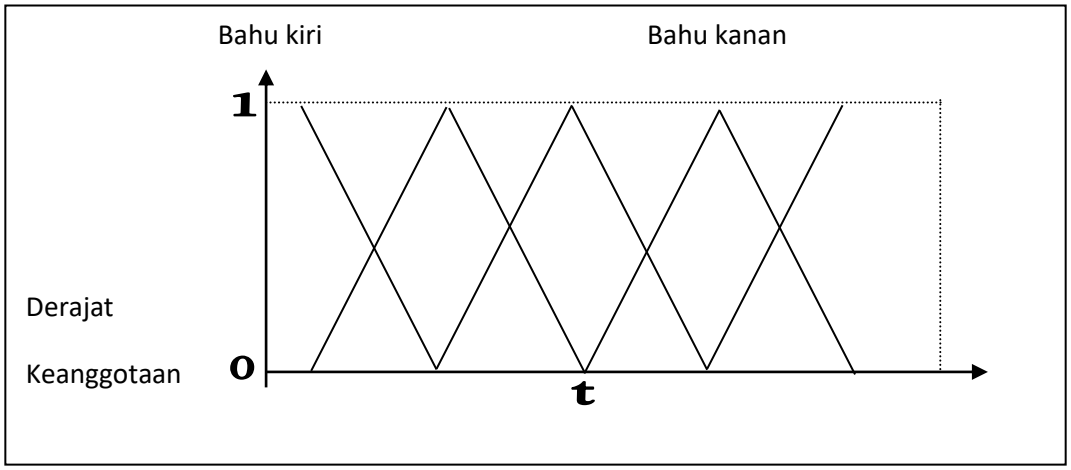
Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \le a \text{ atau } x \ge d \\ (x-a)/(b-a); & a \le x \le b \\ 1; & b \le x \le c \\ (d-x)/(d-c); & c \le x \le d \end{cases}$$

(2.6)

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan fuzzy ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar pada gambar 5.



Gambar 5. Kurva Bentuk Bahu

1. Sistem Interferensi Fuzzy

- Metode Penalaran Monoton

Metode penalaran monoton digunakan sebagai dasar untuk teknik implikasi fuzzy. Meskipun penalaran dengan menggunakan teknik ini sudah jarang sekali digunakan, namun terkadang masih digunakan untuk penskalaan fuzzy. Jika 2 daerah direlasikan dengan implikasi sederhana sebagai berikut:

IF x is A THEN y is B

Transfer fungsi:

y = f ((x , A) , B)

Maka sistem fuzzy dapat berjalan tanpa harus melalui komposisi dan dekomposisi fuzzy. Nilai output dapat diestimasi secara langsung dari derajat keanggotaan yang berhubungan dengan antesendennya.

Metodologi Desain Sistem Fuzzy

Untuk melakukan perancangan suatu sistem fuzzy perlu dilakukan beberapa tahapan berikut ini :

1. Mendefinisikan karakteristik model secara fungsional dan operasional

Pada bagian ini perlu diperhatikan karakteristik apa saja yang dimiliki oleh sistem yang ada, kemudian dirumuskan karakteristik operasi-operasi yang akan digunakan pada model fuzzy.

2. Melakukan dekomposisi variabel model menjadi himpunan fuzzy

Dari variabel-variabel yang telah dirumuskan, dibentuk himpunan-himpunan fuzzy yang berkaitan tanpa mengesampingkan domainnya.

3. Membuat aturan fuzzy

Aturan pada fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Cara penulisan aturan secara umum adalah : *If (X1 is A1)* **.** *... .* *(Xa is An) Then Y is B* dengan (**.**) adalah operator (OR atau AND), X adalah scalar dan A adalah variabel linguistik. [3]

Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat aturan adalah :

i. Kelompokkan semua aturan yang memiliki solusi pada variabel yang sama.
ii. Urutkan aturan sehingga mudah dibaca.
iii. Gunakan identitas untuk memperlihatkan struktur aturan.
iv. Gunakan penamaan yang umum untuk mengidentifikasi variabel-variabel pada kelas yang berbeda.
v. Gunakan komentar untuk mendeskripsikan tujuan dari suatu atau sekelompok aturan.
vi. Berikan spasi antar aturan.
vii. Tulis variabel dengan huruf-huruf besar-kecil, himpunan fuzzy dengan

huruf besar dan elemen-elemen bahasa lainnya dengan huruf kecil.

4. Menentukan metode defuzzy untuk tiap-tiap variabel solusi

Pada tahap *defuzzy* akan dipilih suatu nilai dari suatu variabel solusi yang merupakan konsekuen dari daerah fuzzy. Metode yang paling sering digunakan adalah metode centroid, metode ini memiliki konsistensi yang tinggi, memiliki tinggi dan lebar total daerah *fuzzy* yang sensitif.

Fuzzy Tipe 2

Pada Fuzzy logic tipe 2, $\tilde{A}$, ditandai dengan sebuah *Membership Function* (MF) tipe 2 $\mu_{\tilde{A}}(x,u)$, dimana $x \in X$ dan $u \in J_X \subseteq [0,1]$, yaitu,

$$\tilde{A} = \{((x,u), \mu_{\tilde{A}}(x,u)) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_X \subseteq [0,1]\}$$

(1)

Dimana $0 \le \mu_{\tilde{A}}(x,u) \le 1$. $\tilde{A}$ dapat juga dinyatakan sebagai:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_X} \mu_{\tilde{A}}(x,u)/(x,u), \quad J_X \subseteq [0,1]$$

(2)

dimana $\iint$ merupakan himpunan dari semua x dan u yang dapat diterima. ketika semesta pembicaraan berupa bilangan diskrit, maka $\int$ diubah menjadi $\sum$. disini J_X disebut sebagai *primary membership function* dan $\mu_{\tilde{A}}(x,u)$ adalah *secondary membership function*. Faktanya, *secondary membership functions* adalah nilai dari *membership function* untuk setiap titik dari *primary membership function* [8].

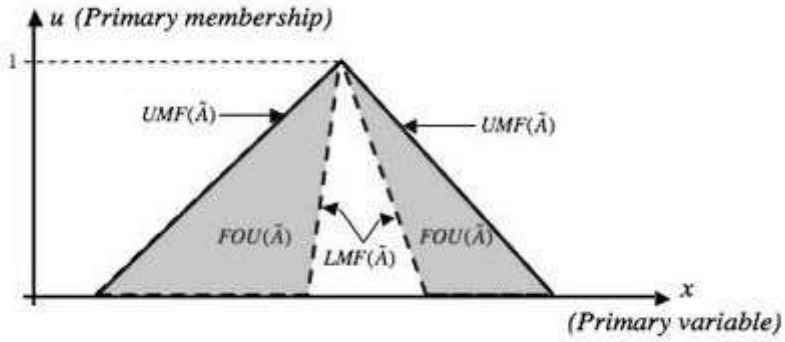
Ketika semua $\mu_{\tilde{A}}(x,u) = 1$, maka *fuzzy set* tipe 2 disebut sebagai *Interval fuzzy set* tipe 2 (*interval type-2 fuzzy set*). Pada fuzzy tipe ini, dimensi ketiga dari general T2 FS tidak lagi diperlukan selama sudah merepresentasikan informasi baru mengenai IT2 FS, tetapi IT2 FS masih tetap dapat dinyatakan sebagai kasus khusus general T2 FS dalam (2) sebagai

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_X} 1/(x,u), \quad J_X \subseteq [0,1]$$

(3)

Footprint of Uncertaintly

Uncertainty dalam *primary memberships* dari IT2 FS, $\tilde{A}$, terdiri dari region tertutup yang disebut sebagai *footprint of uncertainty* (FOU) [6].

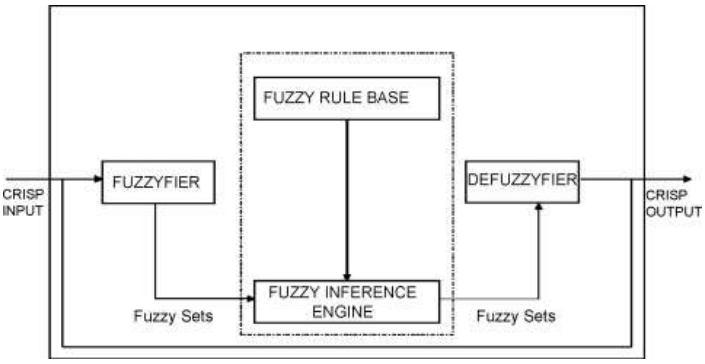


Gambar 6. *Foot Print of Uncertaintly*

Sebuah interval *fuzzy* tipe 2 dapat digambarkan oleh upper dan lower MF nya. *Upper* MF (UMF) dan *Lower* MF (LMF) adalah dua MF tipe-1 yang mengikat *footprint of uncertainty* dari interval tipe-2 MF. UMF adalah sebuah subset dengan nilai membership maksimum dari FOU dan dinotasikan

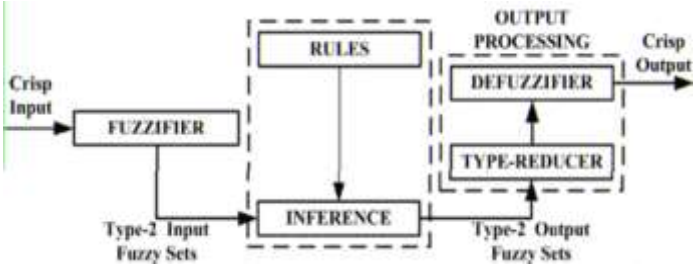
dengan $\bar{u}_{\tilde{A}}$; dan, LMF adalah sebuah subset dengan nilai minumum dari FOU dan dinotasikan dengan $\underline{u}_{\tilde{A}}$ [7].

Perbandingan struktur dari fuzzy logic tipe 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar7.



(a)

Sumber: (Castillo, Aguilar, Cázarez, & Cárdenas, 2008)



(b)

Sumber: (Mendel & Liang, Interval type-2 fuzzy logic systems: theory and design, 2000)

Gambar 7. Struktur Fuzzy Logic Tipe 1 (kiri) dan Fuzzy Logic Tipe 2 (kanan)

Metode Penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data primer dengan teknik random sampling kepada 10 Orang. Fungsi keanggotaan yang digunakan kurva segitiga dan trapesium, dengan himpunan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2 himpunan fuzzy.

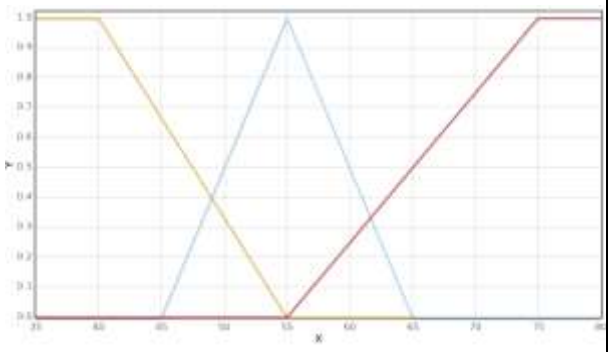
Tabel2. Himpunan Fuzzy

T1FL			IT2FL	
	Domain	Parameter		
Berat Badan				
Ringan	[35,55]	[35,35,40,55]	Upper	[35, 35, 40.5,55.5]
			Lower	[35, 35, 39.5, 54.5]
Normal	[44,66]	[45,55,65]	Upper	[44.5, 55, 65.5]
			Lower	[45.5, 55, 64.5]
Berat	[54,80]	[55,75,80,80]	Upper	[54.5, 74.5, 80, 80]
			Lower	[55.5, 75.5, 80, 80]
Tinggi Badan				
Rendah	[145,165]	[145,145,150,165]	Upper	[145, 145, 150.5, 165.5]
			Lower	[145, 145, 149.5, 164.5]
Normal	[149,176]	[150,165,175]	Upper	[149.5, 165, 175.5]
			Lower	[150.5, 165, 174.5]
Tinggi	[159, 190]	[160,175,190,190]	Upper	[159.5, 174.5, 190, 190]
			Lower	[160.5, 175.5, 190, 190]
IMT				
KTB	[10,18]	[12,12,16,17]	Upper	[10,10, 16.5, 17.5]
			Lower	[10, 10, 15.5, 16.5]
KTR	[15,19]	[16,17,17.5,18.5]	Upper	[15.5, 16.5, 17.5, 19]

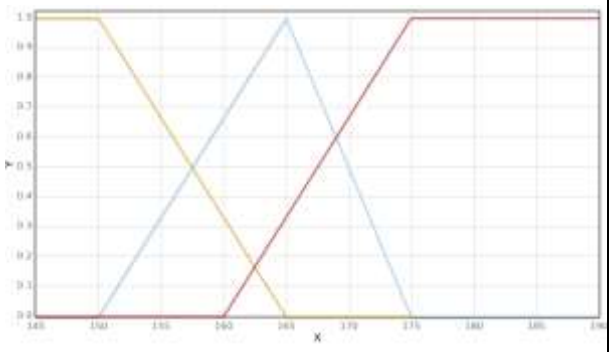
			Lower	[16.5, 17.5, 18, 18]
N	[16,25]	[17.5, 18.5,24, 25]	Upper	[16, 18, 24.5, 25.5]
			Lower	[18, 19, 23.5, 24.5]
GTR	[23,28]	[24, 25, 26,27]	Upper	[23.5, 24.5, 26.5, 27.5]
			Lower	[24.5, 25.5, 25.5, 26.5]
GTB	[25,35]	[26,27,34,34]	Upper	[25.5, 26.5, 35, 35]
			Lower	[26.5, 27.5, 35,35]
			Lower	[24.5, 25.5, 25.5, 26.5]
GTB	[25,35]	[26,27,34,34]	Upper	[25.5, 26.5, 35, 35]
			Lower	[26.5, 27.5, 35,35]

Representasi dari tabel himpunan fuzzy di atas dapat dilihat pada gambar 8 untuk Fuzzy Logic Tipe 1 dan gambar 9 untuk presentasi himpunan fuzzy logic tipe 2.

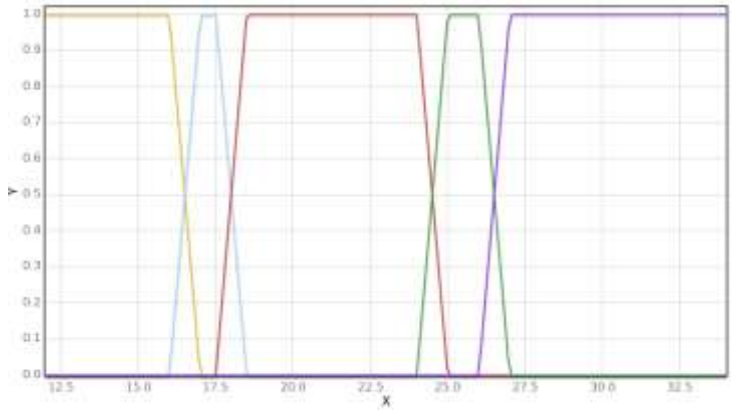
T1FL – Berat Badan



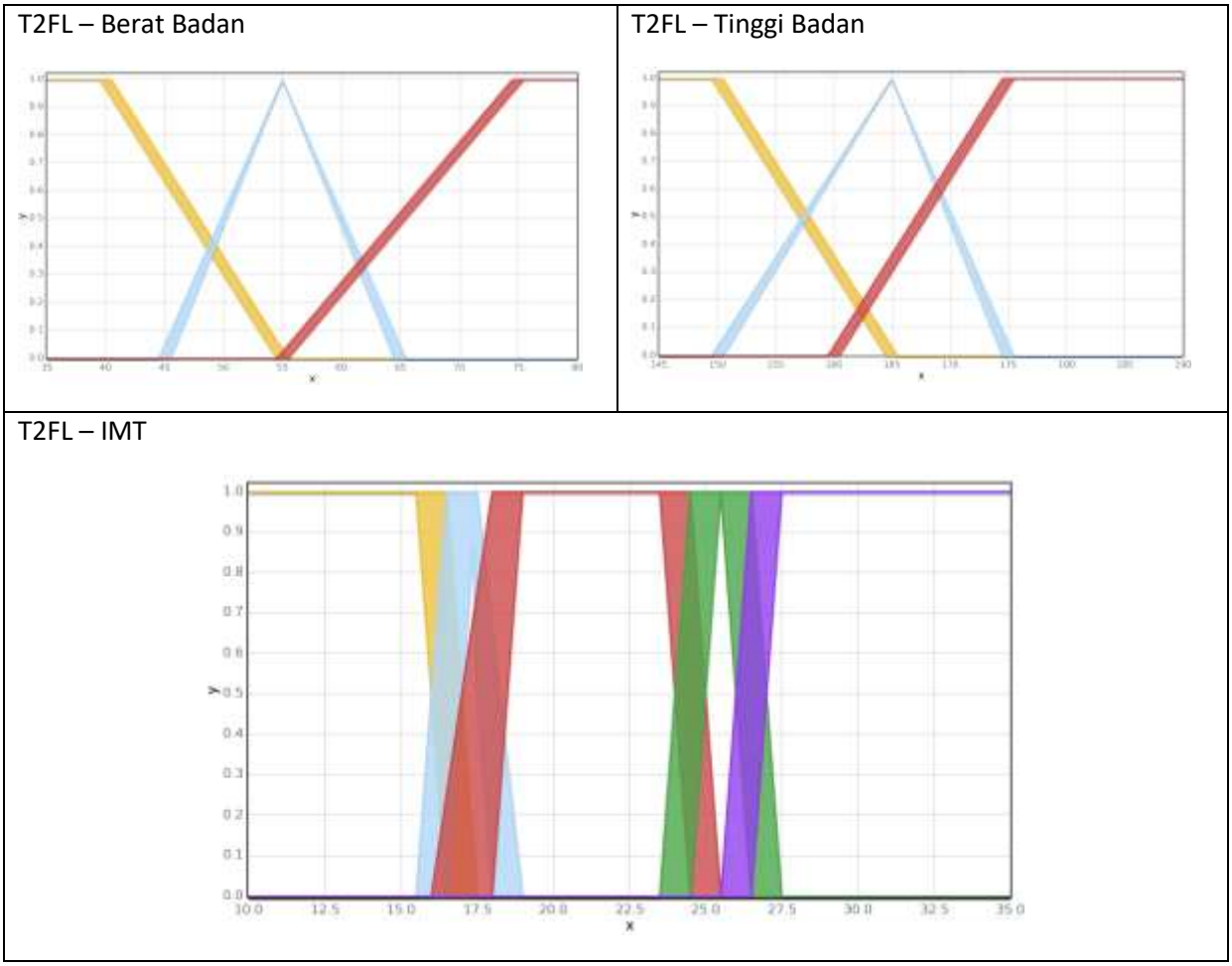
T1FL – Tinggi Badan



T1FL – IMT



Gambar 8. Reprentasi himpunan fuzzy tipe 1



Gambar 9. Reprentasi himpunan fuzzy tipe 2

Rule pembangkit yang digunakan dalam pengujian ini sama, baik untuk fuzzy logic tipe 1 dan fuzzy logic tipe 2, *rule* nya adalah:

1. **If** BeratBadan is Ringan and TinggiBadan is Rendah **then** IndexMasaTumbuh is Normal
2. **If** BeratBadan is Ringan and TinggiBadan is Normal **then** IndexMasaTumbuh is KurusTingkatRingan
3. **If** BeratBadan is Ringan and TinggiBadan is Tinggi **then** IndexMasaTumbuh is KurusTingkatBerat
4. **If** BeratBadan is Normal and TinggiBadan is Rendah **then** IndexMasaTumbuh is GemukTingkatRingan
5. **If** BeratBadan is Normal and TinggiBadan is Normal **then** IndexMasaTumbuh is Normal
6. **If** BeratBadan is Normal and TinggiBadan is Tinggi **then** IndexMasaTumbuh is KurusTingkatRingan
7. **If** BeratBadan is Berat and TinggiBadan is Rendah **then** IndexMasaTumbuh is GemukTingkatBerat
8. **If** BeratBadan is Berat and TinggiBadan is Normal **then** IndexMasaTumbuh is GemukTingkatRingan
9. **If** BeratBadan is Berat and TinggiBadan is Tinggi **then** IndexMasaTumbuh is Normal

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan data berupa hasil perhitungan IMT menggunakan Fuzzy Logic tipe 1 dan tipe 2 beserta grafik domain hasil perhitungan (tabel 3), data uji selisih nilai hitung menggunakan IMT fuzzy (tabel 4) dan hasil hitung secara manual serta data hasil pembacaan sistem menggunakan Fuzzy dan tabel IMT yang digunakan dalam penelitian ini (tabel 5).

Tabel 3. Hasil perhitungan

No	Contoh Kasus		T2FL		T1FL	
	BB	**TB**	***Centroid Type Reduction* (CT)**	***Center Of Set Type Reduction* (CTS)**	***Centroid Defuzzyfication* (CD)**	***Height Defuzzyfication* (HD)**
1	48	165	17.24235498465469	17.247132983039577	18.1524135309768	17.333333333333332
2	45	170	14.017708446237897	15.108868489530309	15.5183462532299 8	16.166666666666664
3	64	173	21.445194423513534	21.733876092229934	21.5802879291251 6	21.779411764705884
4	65	163	25.204924974587044	24.96530864258884	25.1480959097320 35	21.779411764705884
5	62	160	26.373566404990104	25.68948568356177	26.0787812952617 56	25.8051948051948
6	46	155	20.979729546585 75	20.319881854027614	21.0076041311996 24	20.448529411764703
7	50	150	22.288942682901297	23.583884707931723	22.5960689931809 1	23.8
8	50	175	14.618220536975 83	15.8134601365049	15.3626621545403 3	15.950000000000001
9	60	150	28.711313408740153	27.095331718596057	28.4583613916947 26	27.166666666666668

10	80	172	21.531817194248962	22.302528223829302	21.716494133885426	22.409090909090907

Berdasarkan hasil hitung pada tabel sebelumnya (tabel hasil perhitungan), dapat diketahui nilai selisih antara hasil perhitungan menggunakan fuzzy logic dengan hasil perhitungan manual berdasarkan rumus perhitungan IMT. Selisih terkecil hasil hitung dapat dilihat pada tabel berikut yang ditandai tebal.

Tabel 4. Selisih hasil hitung

No	Contoh Kasus		IMT	ITFL		T1FL	
	BB	TB		IMT - CT	IMT-CTS	IMT - CD	IMT - HD
1	48	165	17,6308539945	0.3884990098	0.3837210115	0.5215595365	**0.2975206612**
2	45	170	15,5709342561	1.5532258099	**0.4620657666**	0.0525880029	0.5957324106
3	64	173	21,3839419961	**0.0612524274**	0.3499340961	0.196345933	0.3954697686
4	65	163	24,4646016034	0.7403233712	**0.5007070392**	0.6834943063	2.6851898387
5	62	160	24,21875	2.154816405	**1.4707356836**	1.8600312953	1.5864448052
6	46	155	19,1467221644	1.8330073822	1.1731596896	1.8608819668	**1.3018072474**
7	50	150	22,2222222222	**0.0667204607**	1.3616624857	0.373846771	1.5777777778
8	50	175	16.3265306122	15.95	1.7083100753	**0.5130704757**	0.9638684577
9	60	150	26,6666666667	2.044646742	**0.4286650519**	1.791694725	0.5
10	80	172	27,041644132	5.5098269378	4.7391159082	5.3251499981	**4.6325532229**

Berdasarkan hasil pembacaan dari rule yang ada kita dapat membandingkan hasilnya dengan hasil IMT pada tabel berikut, dan baris yang ditandai menunjukkan bahwa pembacaan hasil dari sistem fuzzy logic, berbeda dengan pembacaaan hasil perhitungan IMT secara manual.

Tabel 5. Hasil Pembacaan hasil

No	Contoh Kasus		IT2FL			T1FL		IMT
	BB	TB	Pembacaan Rule	Centroid Type Reduction (CT)	Center Of Set Type Reduction (CTS)	Centroid Defuzzyfication (CD)	Height Defuzzyfication (HD)	
1	48	165	Ringan-Normal	KTR	KTR	KTR	KTR	KTR
2	45	170	Ringan-Tinggi	KTB	KTB	KTB	KTB	KTB

3	64	173	Berat-Tinggi	N	N	N	N	N
4	65	163	Berat-Normal	GTR	**N**	GTR	**N**	**N**
5	62	160	Berat-Normal	GTR	GTR	GTR	GTR	N
6	46	155	Ringan - rendah	N	N	N	N	N
7	50	150	Normal-rendah	N	N	N	N	N
8	50	175	Normal-Tinggi	KTB	KTB	KTB	KTB	KTR
9	60	150	Normal-rendah	GTB	GTB	GTB	GTB	GTR
10	80	172	Berat-Tinggi	N	N	N	N	GTB

Kesimpulan

Berdasarkan selisih hasil pengujian diketahui bahwa IT2FL lebih baik dalam menentukan indeks masa tubuh dimana 6 dari 10 hasil pengujian menunjukkan nilai lebih kecil dari T1FL dan untuk pembacaan hasil menunjukkan bahwa 6 dari 10 memberikan hasil pembacaan yang sama dengan hasil pembacaan menggunakan perhitungan IMT manual. Penelitian ini dapat dilanjutkan kembali untuk memperoleh hasil optimum dan akurasi sistem terutama untuk meningkatkan hasil pembacaan diantaranya dengan menggeser domain parameter dari himpunan fuzzy serta menambah jumlah sampling untuk pengujian.

Daftar Pustaka

[1] Castellano, G., Fanelli, A. M., & Mencar, C. (2003). *Design of Transparent Mamdani Fuzzy Inference Systems.* CiteseerX.

[2] Castillo, O., Aguilar, L., Cázarez, N., & Cárdenas, S. (2008). Systematic design of a stable type-2 fuzzy logic controller. *Applied Soft Computing, Volume 8, Issue 3* , 1274–1279.

[3] Hadi, H. (2005). *Beban Ganda Masalah Gizi Dan Implikasinya Terhadap Kebijakan Pembangunan Kesehatan Nasional* . Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

[4] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

[5] Mendel, J. M. (2009). Type-2 Fuzzy sets and systems:How to learn about them. *IEEE SCM eNewsletter* .

[6] Mendel, J. M., & Bob Jhon, R. I. (2002). Type-2 Fuzzy Sets Made Simple. *IEEE Transaction on Fuzzy Systems Vol.10 No.2* , 117-127.

[7] Mendel, J. M., & Liang, Q. (2000). Interval type-2 fuzzy logic systems: theory and design. *IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 8, no. 5* , 535-550.

[8] Mendel, J. M., Jhon, R. I., & Liu, F. (2006). Interval type-2 fuzzy logic systems made simple. *IEEE transactions on fuzzy systems vol.14 no.6* , 808-821.

[9] Supariasa, I. D. (2001). *Penilaian Status Gizi.* Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

[10] WULANDARI, Y. (2011). *APLIKASI METODE MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DENGAN INDEKS MASSA TUBUH (IMT) MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY* .